Huaman Cruz Angie A. Y Garcia Guerrero Milagros E.

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN LAGUNAS TURÍSTICAS DE AMAZONAS...

Quick Submit

Quick Submit

Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3709562156

Fecha de entrega
12 nov 2026, 2:09 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
12 nov 2026, 2:11 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
HUAMAN_CRUZ_ANGIE_ALEXA_INFORME_FINAL_-_Alexa_Huaman_cruz.pdf

Tamaño del archivo
3.4 MB

53 páginas

7659 palabras

46.442 caracteres

7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

5% Fuentes de Internet
2% Publicaciones
5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

5% Fuentes de Internet
2% Publicaciones
5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	
www.car.gov.co		1%
2	Publicación	
Mazwane, Sixolile. "Assessing Growth Response Patterns of Microalgae to Varyin...		<1%
3	Trabajos del estudiante	
Universidad Cesar Vallejo		<1%
4	Trabajos del estudiante	
Universidad Nacional de Jaen		<1%
5	Internet	
repositorio.uts.edu.co:8080		<1%
6	Internet	
repositorio.puce.edu.ec		<1%
7	Internet	
repositorio.upec.edu.ec		<1%
8	Internet	
www.lillo.org.ar		<1%
9	Internet	
repositorio.upsc.edu.pe		<1%
10	Internet	
san-ignacio-cajamarca-peru.blogspot.com		<1%
11	Internet	
repositorio.uancv.edu.pe		<1%

12 Trabajos del estudiante
D.A. de Obstetricia y Enfermería <1%

13 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de Moquegua <1%

14 Internet
repository.ugc.edu.co <1%

15 Trabajos del estudiante
Ateneo De Davao University <1%

16 Internet
repositorio.upn.edu.pe <1%

17 Trabajos del estudiante
Universidad Estatal Amazonica- <1%

18 Trabajos del estudiante
Universidad Francisco de Vitoria <1%

19 Internet
www.scribd.com <1%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN LAGUNAS TURÍSTICAS DE AMAZONAS (LAGUNA BURLÁN) Y CAJAMARCA (LAGUNA AZUL)

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

Autor: Bach. Angie Alexa Huaman Cruz

Bach. Milagros Emerita Garcia Guerrero

Asesor: Dr. José Luis Marcelo Peña

4

Línea de investigación: LI_IFA01: Conservación, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales

JAÉN – PERÚ
2026

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 7

II. MATERIALES Y MÉTODOS 9

2.1. Materiales 9

2.2. Población, Muestra y Muestreo 9

2.2.1. Población: 9

2.2.2. Muestra: 9

2.2.3. Muestreo: 10

2.3. Área de estudio 10

2.3.1. Laguna Burlán 10

2.3.2. Laguna Azul de Huarango 11

2.4. Toma de muestras 12

2.5. Toma de muestras para análisis fisicoquímicos 15

2.6. Elaboración de herramientas ilustrativas 15

III. RESULTADOS 16

3.1. Riqueza de algas fitoplanctónicas 16

3.2. Evaluación de parámetros fisicoquímicos de las lagunas 19

3.3. Catálogo ilustrado 20

IV. DISCUSIÓN 37

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 39

5.1. Conclusiones 39

5.2. Recomendaciones 39

VI. REFERENCIAS 41

VII. ANEXOS 47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la Laguna de Burlán.....11

Figura 2. Mapa de ubicación de la Laguna Azul…….....12

Figura 3. Toma de muestras.....13

Figura 4. Muestras de agua tomadas y almacenadas.....13

Figura 5. Muestras de agua tomadas en las lagunas.....14

Figura 6. Las cinco familias de algas fitoplanctónicas con mayor abundancia registrada en las lagunas estuidadas.....18

Figura 7. Toma de datos biológicos en la Laguna Burlán.....48

Figura 8. Toma de datos biológicos en la Laguna Azul.....48

Figura 9. Registro de los puntos de muestreo en la Laguna de Burlán.....49

Figura 10. Registro de pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos disueltos.....49

Figura 11. Muestras de agua almacenadas en refrigeración en el laboratorio.....50

Figura 12. Análisis de las muestras en el laboratorio.....50

Figura 13. Identificación de algas fitoplanctónicas.....51

Figura 14. Identificación de algas fitoplanctónicas.....51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de los taxones de algas fitoplanctónicas registradas en las lagunas evaluadas.....16

Tabla 2. Valores medios de las variables físicas y químicas de los sitios de muestreo.....19

RESUMEN

Los ecosistemas acuáticos han sido objeto de estudio desde principios del siglo XIX y ha aumentado rápidamente en los últimos años debido a la alta demanda de agua y peces y a la necesidad de garantizar un suministro de agua de calidad. En este estudio evaluamos de manera ecológica-preliminar, la calidad del agua, considerando la composición y riqueza de algas fitoplanctónicas en dos lagunas del norte del Perú, Laguna Azul (Cajamarca) y laguna Burlán (Amazonas), generando una línea base para futuras investigaciones ecológicas y de monitoreo ambiental. Establecimos diez puntos de muestreo en cada laguna, donde colectamos muestras de agua a nivel superficial (10, 20 y 30 cm) utilizando frascos de polietileno. Las muestras fueron analizadas mediante microscopía óptica para la identificación taxonómica a nivel de género. Paralelamente, se evaluaron parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y demanda química de oxígeno (DQO). Se elaboró un catálogo ilustrado de los taxones identificados para facilitar la identificación de las especies registradas.

Se registró un total de 63 taxones de microalgas, con predominio de Bacillariophyceae, Zygnematophyceae y Chlorophyceae. La laguna Burlán presentó mayor riqueza específica, mientras que la Laguna Azul evidenció mayores valores de conductividad, sólidos disueltos y carga orgánica moderada. Los resultados evidencian una relación entre las condiciones fisicoquímicas y la estructura de la comunidad fitoplanctónica, indicando que la laguna Burlán presenta mejores condiciones de calidad del agua, mientras que la laguna Azul muestra indicios de mayor carga orgánica y mineralización. Este estudio resalta la importancia del fitoplancton como bioindicador y aporta información relevante para la gestión y conservación de ecosistemas acuáticos en el norte de Perú.

Palabras clave: fitoplancton, diversidad algal, calidad del agua, lagunas andinas, bioindicadores.

ABSTRACT

Aquatic ecosystems have been studied since the early nineteenth century, with research efforts increasing rapidly in recent years due to growing demand for water and fish resources and the need to ensure a reliable supply of good-quality water. In this study, we conducted a preliminary ecological assessment of water quality based on the composition and richness of phytoplanktonic algae in two lakes in northern Peru: Laguna Azul (Cajamarca) and Laguna Burlán (Amazonas). The study provides baseline information for future ecological research and environmental monitoring. Ten sampling sites were established in each lake, and surface water samples were collected at depths of 10, 20, and 30 cm using polyethylene bottles. Samples were analyzed by light microscopy to identify taxa to the genus level. Physicochemical parameters, including temperature, pH, electrical conductivity, dissolved solids, biochemical oxygen demand (BOD_5), and chemical oxygen demand (COD), were also measured. An illustrated catalog of the identified taxa was prepared to facilitate the recognition of the recorded phytoplankton.

A total of 63 microalgal taxa were recorded, with Bacillariophyceae, Zygnematophyceae, and Chlorophyceae being the predominant groups. Laguna Burlán exhibited greater taxonomic richness, whereas Laguna Azul showed higher electrical conductivity, dissolved solids, and indications of moderate organic enrichment. The results suggest an association between physicochemical conditions and phytoplankton community structure. Based on the parameters evaluated, Laguna Burlán appeared to have more favorable water-quality conditions, whereas Laguna Azul showed signs of greater organic loading and mineralization. This study highlights the potential of phytoplankton as a bioindicator group and provides baseline information to support the management and conservation of aquatic ecosystems in northern Peru.

Keywords: phytoplankton, algal diversity, water quality, Andean lagoons, bioindicators.

I. INTRODUCCIÓN

El fitoplancton, constituye organismos microscópicos que se encuentran en los cuerpos de agua, sea salada o dulce y juegan un papel fundamental en los procesos ecológicos de la vida acuática (Updhyay et al., 2025). Se caracterizan por su alta sensibilidad de sufrir pérdidas en sus poblaciones debido a disturbios y por una mala calidad general del agua (Stevenson, 1996). Estos microrganismos protistas que viven suspendidos en el agua, tienen la capacidad de realizar el proceso de fotosíntesis (Salmaso & Tolotti, 2021), por lo cual se puede percibir una mayor abundancia de sus poblaciones en las zonas superficiales de los cuerpos acuáticos.

Los microorganismos fitoplanctónicos contribuyen ampliamente en los servicios ecosistémicos y en el bienestar general del planeta (Bekessy et al., 2018). Como productores primarios, se posicionan en la base de la cadena trófica transformando la luz solar, el dióxido de carbono y la materia orgánica en nutrientes que terminan alimentando la vida acuática (Edwards et al., 2013; Naselli & Padisák, 2024). Recientemente se están explorando ciertas especies de algas fitoplanctónicas por su alta capacidad de secuestrar carbono atmosférico, mitigando los efectos negativos del calentamiento global (Zafrilla et al., 2024), mientras que otros grupos son beneficiosos en la purificación de agua, eliminando sustancias contaminantes mediante procesos de bioacumulación y biotransformación (Viswanaathan et al., 2022).

Los organismos fitoplanctónicos son utilizados como indicadores ambientales, específicamente de la calidad del agua, respondiendo a problemas ambientales como la eutrofización, la contaminación por materia orgánica y los cambios hidráulicos en los ecosistemas acuáticos naturales (Abonyi et al., 2012; Borics, 2007; Reavie et al., 2010; Xie et al., 2024). Estos problemas alteran la dinámica del fitoplancton, ocasionando cambios en la estructura y composición de sus comunidades, floración y presencia de algas nocivas, y alteraciones en las redes tróficas y en los ciclos biogeoquímicos (Acevedo-Trejos et al., 2018; Stock et al., 2020).

Muchos estudios han evaluado la calidad del agua a nivel global vinculando taxones específicos con diversos ecosistemas acuáticos, permitiendo una caracterización biológica precisa según el estado ambiental. En los ríos Levira y Caima en Portugal, se ha demostrado que la predominancia de *Nitzschia palea* y *Navicula minima* actúa como un indicador robusto de contaminación orgánica (Almeida, 2001), coexistiendo con géneros como *Oscillatoria*, *Euglena* y *Scenedesmus*, reconocidos por su alta tolerancia a

condiciones degradadas (Palmer, 1969). En el Lago Kitham en la India, se han registrado hasta 73 especies algales donde géneros como *Oscillatoria*, *Nitzschia* y *Cymbella* diagnostican estados de polución (Tiwari y Chauhan, 2006), otras algas del género *Microcystis* han sido asociadas con aguas eutrofizadas y altas cargas orgánicas, (Dakshini y Gupta, 1979; Gaur, 1997; Vijayveriya, 2008). Simultáneamente, el género *Spirulina* ha sido validado como un indicador específico de contaminación por aguas residuales domésticas (Bhosale et al., 2010; Atici y Ahiska, 2005). En lagos de Egipto se ha reportado una comunidad diversa de Bacillariophyceae y Chlorophyceae que refleja una clara tendencia eutrófica (Fathi y Flower, 2005). El fenómeno de la eutrofización severa también ha sido documentado en diversos embalses de Brasil, donde se han reportado cianobacterias tóxicas como *Planktothrix agardhii* (Chellappa et al., 2009).

En el Perú, los estudios sobre comunidades fitoplanctónicas se han centrado en lagunas altoandinas. En las lagunas de Pasco, se han reportado hasta 45 especies, algunos indicadores de buena calidad como *Encyonema* sp. y *Epithemia sorex*, asociadas a un pH neutro-alcalino y baja conductividad; en Quiulacocha y Yanamate en la misma región, se han reportado una menor riqueza (20 y 6 especies, respectivamente), con dominancia de *Nitzschia* sp. y *Navicula* sp., relacionadas con aguas ácidas y altas conductividades producto de la contaminación por relaves mineros (Baylón Coritoma et al., 2018). Asimismo, en las lagunas de Ayacucho se han registrado entre 22 y 39 géneros, donde la presencia de *Dinobryon* sp. y *Ulnaria* sp. se relacionó con condiciones oligotróficas, mientras que géneros como *Botryococcus*, *Nitzschia* y *Peridinium* indicaron procesos de eutrofización; estas comunidades estuvieron asociadas a variaciones de pH y valores de DBO_5 entre 1.21 y 4.87 mg/L (Cavero & Manrique, 2022). En la laguna Paucarani (Tacna) se han identificado 31 especies con predominio de diatomeas como *Ulnaria*, *Entomoneis* y *Amphora*, relacionadas con aguas alcalinas y alto oxígeno disuelto (Franco et al., 1996), mientras que en la laguna Yarinacocha (Ucayali) 47 especies han sido registradas, con predominancia de Euglenophyta (*Euglena*, *Phacus* y *Trachelomonas*), asociadas a aguas con alto contenido de materia orgánica y un estado de contaminación moderada (Dahua Bembino, 2024).

En el norte del Perú, la Laguna de Burlán, ubicada en la provincia de Bagua Grande, departamento de Amazonas, y la Laguna Azul del distrito de Huarango, en Cajamarca, representan ecosistemas lénticos de alta relevancia ecológica y creciente importancia turística en la región andino-amazónica. A pesar de su valor paisajístico y recreativo,

ambas lagunas carecen de estudios limnológicos sistemáticos que evalúen su composición fitoplanctónica, estado trófico y calidad del agua, evidenciando un vacío de información científica. El uso turístico y recreativo de estas lagunas, sumado a actividades agrícolas y asentamientos cercanos, interfieren en la carga de nutrientes y materia orgánica, generando alteraciones en la estructura de las comunidades de algas fitoplanctónicas.

Por esta razón, en este trabajo evaluamos la calidad de agua de las lagunas mencionadas anteriormente considerando a las poblaciones fitoplanctónicas como bioindicadores; nuestros objetivos específicos fueron: (i) Determinar la riqueza de algas fitoplanctónicas presentes en las lagunas de estudio; (ii) Caracterizar las lagunas mediante parámetros fisicoquímicos y (iii) Proponer un catálogo ilustrado del fitoplancton presente en los cuerpos de agua estudiados. Este estudio permitirá establecer una línea base ecológica indispensable para detectar posibles procesos de deterioro ambiental y contribuir al diseño de estrategias de monitoreo y gestión sostenible que aseguren la conservación de estos importantes ecosistemas acuáticos del norte peruano.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Frascos estériles polietileno 250ml; agua destilada (1L); caja contenedora térmica (Cooler); placas Petri (vidrio); microscopio; cuaderno de apuntes; guardapolvo drill; mascarillas desechables; GPS, pipetas; guantes desechables y cámara de 20 MP adaptada a microscopio Euromex.

2.2. Población, Muestra y Muestreo

2.2.1. Población:

La población de estudio estuvo conformada por la comunidad fitoplanctónicas presente en la columna de agua superficial y litoral de la Laguna de Burlán (Amazonas) y la Laguna Azul de Huarango (Cajamarca), incluyó todos los organismos pertenecientes a los principales grupos (Cyanobacteria, Chlorophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, entre otros) que habitan estos ecosistemas lénticos.

2.2.2. Muestra:

La muestra estuvo constituida por las unidades de agua recolectadas en cada laguna para el análisis cualitativo y cuantitativo del fitoplancton. Se establecieron 10 puntos de muestreo por laguna, ubicados a una distancia

máxima de 5 metros del borde u orilla, considerando la accesibilidad y representatividad de la zona litoral, totalizando 60 muestras independientes en todo el estudio. En cada punto se tomó agua hasta una profundidad aproximada de 30 cm, correspondiente a la capa superficial iluminada, donde se registra mayor actividad fotosintética y concentración de fitoplancton.

2.2.3. Muestreo:

El muestreo fue de tipo no probabilístico intencional, ya que los puntos fueron seleccionados bajo criterios ecológicos y prácticos, priorizando la zona litoral por su mayor interacción con actividades turísticas y posibles fuentes de aporte de nutrientes. En total se obtuvieron 30 unidades muestrales por laguna, por lo que los resultados son representativos de los puntos evaluados. La colecta se realizó mediante frascos estériles directamente en la superficie, asegurando la homogeneidad de cada muestra antes de su preservación.

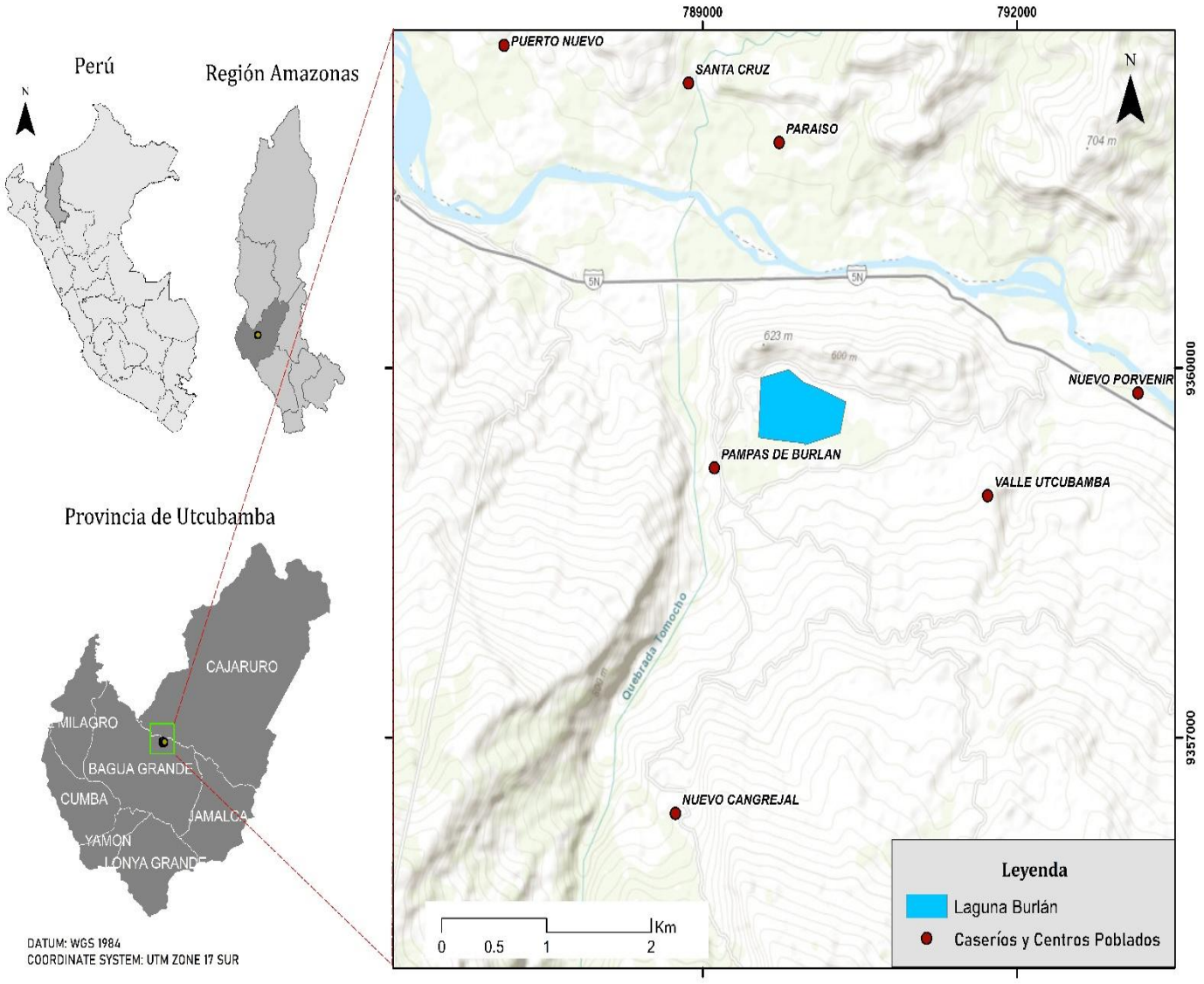
2.3. Área de estudio

2.3.1. Laguna Burlán

La Laguna de Burlán se ubica en el centro poblado Miraflores, en el distrito y provincia de Utcubamba, región Amazonas, a una altitud aproximada de 776 m s. n. m (Fig. 1) entre las coordenadas -5.78729°; 78.38268°. Este cuerpo de agua abarca una superficie de aproximadamente 0.5 km² (46 ha) y se formó por la acumulación de aguas procedentes de los terrenos agrícolas circundantes, especialmente arrozales que caracterizan la cuenca local (Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo de Amazonas – DIRCETUR, 2013). La laguna constituye un importante espacio recreativo y ecológico en la región norte del país, aunque registros limnológicos formales sobre su composición biológica y calidad del agua son limitados.

Figura 1.

Mapa de ubicación de la Laguna de Burlán



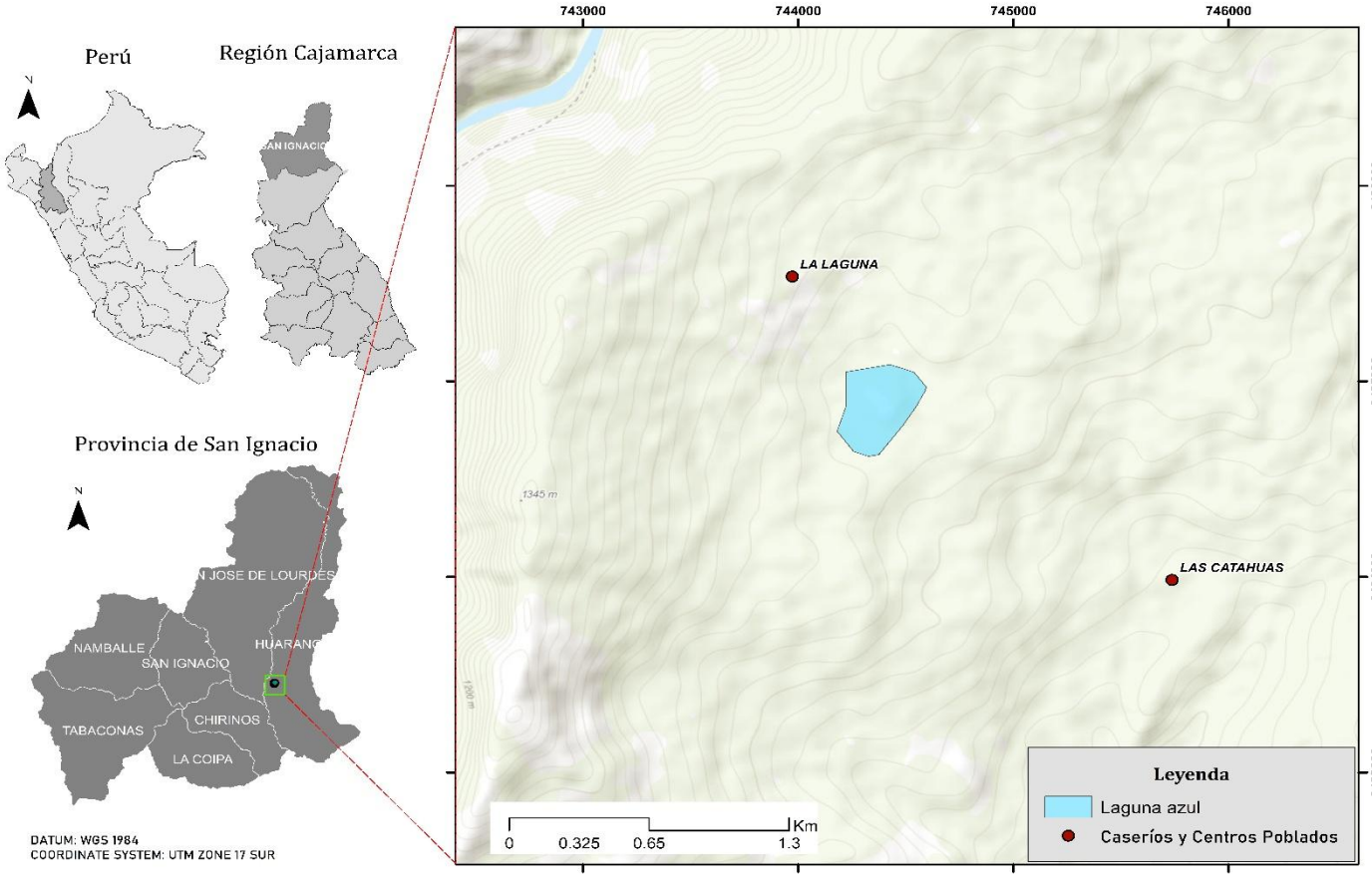
10

2.3.2. Laguna Azul de Huarango

La Laguna Azul está ubicada en las inmediaciones del caserío La Laguna, en el distrito de Huarango, provincia de San Ignacio, región Cajamarca, y se encuentra a una altitud aproximada de 1057 m s. n. m (Fig. 2) entre las coordenadas 05º12'01.4" 78º47'55.3". Este espejo de agua dulce se extiende cerca de 1 km de largo por 600 m de ancho, con una superficie estimada en alrededor de 30 hectáreas y profundidades que alcanzan hasta 25 m en la parte céntrica (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2013).

Figura 2.

Mapa de ubicación de la Laguna Azul



2.4. Toma de muestras

En cada laguna se establecieron diez puntos de muestreo, denominados P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 y P10, siguiendo la metodología de Vélez Azañero et al. (2016), con algunas adaptaciones. El muestreo se realizó mediante recorridos en lancha, recolectando muestras de agua a tres profundidades superficiales: 10, 20 y 30 cm (Figura 3). La selección de estos niveles permitió obtener muestras de la zona superficial de la columna de agua, donde la disponibilidad de luz favorece el desarrollo de los organismos fotosintéticos.

En cada punto de muestreo, las muestras se recolectaron utilizando frascos de polietileno, con un volumen de 250 ml por muestra. Se tomó una muestra en cada profundidad, para un total de 30 muestras por laguna. Posteriormente, las muestras fueron rotuladas con el código del punto de muestreo y la profundidad correspondiente, y transportadas al laboratorio en cajas térmicas para su análisis

mediante microscopía óptica.



Figura 3. Toma de muestras para el análisis de riqueza de algas fitoplanctónicas en las lagunas de Burlán y Laguna Azul. **(A)** Toma de muestras a nivel superficial (10 cm) y **(B)** toma de muestras a 30 cm de profundidad.

Todas las muestras fueron etiquetadas con papel resistentes al agua con los siguientes datos o código de: procedencia, colector, fecha y hora de colecta, tipo de muestra, y profundidad. Luego los frascos fueron almacenados en cajas térmicas de forma vertical para evitar derrames o exposición a la luz solar, conservando así la temperatura de cada muestra (Environmental Protection Agency, 2015). Posteriormente fueron trasladadas vía terrestre hacia el Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario Isidoro Sánchez Vega de la Universidad Nacional de Jaén, donde se conservaron en una refrigeradora a una temperatura de 5 ± 3 °C para su posterior análisis e identificación. Las muestras no fueron sometidas a fijación química con Lugol, formalina u otro agente conservante, por lo que correspondieron a muestras frescas no fijadas, mantenidas bajo refrigeración temporal hasta 48 horas antes de su análisis.

Figura 4.

Muestras de agua tomadas y almacenadas en cajas térmicas para su preservación.



Figura 5.

Muestras de agua tomadas en las lagunas estudiadas.



Las muestras de agua fueron examinadas mediante microscopía óptica en el Laboratorio de Biotecnología, Genética y Biología Molecular de la Universidad Nacional de Jaén. Para la identificar de los taxones de microalgas presentes se tomaron varias alícuotas de cada muestra con una pipeta Pasteur, utilizando aproximadamente 1 mL por alícuota, las cuales se colocaron individualmente en placas Petri para su observación microscópica e identificación con objetivos de 20X, 40X y 100X. Se registraron los taxones reconocidos en cada muestra, con la finalidad de caracterizar la composición taxonómica del fitoplancton. El procedimiento se orientó principalmente al reconocimiento de los taxones presentes y no contempló un protocolo estandarizado de cuantificación celular por unidad de volumen.

En la identificación de los géneros y familias se empleó el trabajo de Prescott (1954), el catálogo ilustrado de Mercado-Reyes y Álvaro Montero (2022) y páginas como algaebase.com y (LUMCON's Phytoplankton Guide) https://phytoplanktonguide.lumcon.edu/browse/ (Bibliography) https://www.fluidimaging.com/resources/bibliography.

La presencia de las algas se determinó mediante el conteo directo de los individuos observados en cada muestra bajo el microscopio óptico. Los

organismos fueron registrados por taxones y posteriormente agrupados por clase taxonómica para obtener el registro total de presencia y ausencia por punto. Los conteos se realizaron con las observaciones directas en el portaobjeto en el microscopio, registrando el número de individuos de cada taxón presente en cada punto de muestreo.

2.5. Toma de muestras para análisis fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos que fueron evaluados incluyen el pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5). El pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos disueltos se midió in situ en cada uno de los diez puntos donde se colectó las muestras para análisis de diversidad de algas, se usó un multiparamétrico Multi 3630 IDS para medir esas variables. Para evaluar la DQO y DBO_5 las muestras fueron enviadas al Laboratorio Regional del Agua del Gobiernos Regional de Cajamarca para sus análisis conforme a los métodos establecidos en *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA & WEF, 2023).

2.6. Elaboración de herramientas ilustrativas

Para el catálogo ilustrado, se tomó fotografías usando una cámara adaptada al microscopio a través de un adaptador trinocular (C-mount), equipada con sensor CMOS y resolución de 10 MP. Para la selección de las fotografías, se tomó previamente una sesión de fotografías de al menos 4 fotografías para elegir la mejor por especie que fue considerada dentro del catálogo. Las fotografías seleccionadas fueron editadas previamente para resaltar la imagen de los especímenes. Se utilizó el programa Photoshop versión 2023 para editar las fotografías dándoles contraste e iluminación. El mismo programa se utilizó para crear el catálogo. Cada imagen ilustrada está acompañada de su nombre científico y su familia taxonómica.

En cada página se consideró cuatro fotografías, dos en vertical y dos en horizontal, se utilizó un mismo color de fondo para todas las fotografías, se seleccionó un color pastel porque permite destacar la morfología de los especímenes. Cada página está encabezada con el nombre del título del trabajo

el nombre de los autores, nombre de los responsables de las fotografías y sus respectivos correos institucionales, así como el logo de la Universidad Nacional de Jaén en el lado superior izquierdo y del Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV en la parte superior derecha.

III. RESULTADOS

3.1. Riqueza de algas fitoplanctónicas

Se registró un total de 63 taxones de algas fitoplanctónicas presentes en las dos lagunas evaluadas. La Laguna de Burlán registró la mayor riqueza con 44 taxones registrados, mientras que en Laguna Azul solo se registró 32 taxones (Tabla 1). Se registró un total de seis clases y 26 géneros, la mayor riqueza correspondió a la clase Bacillariophyceae, con 26 taxones, seguida de Zygnematophyceae con 14 taxones y Chlorophyceae con 13 taxones. Las clases Euglenophyceae y Ulvophyceae registraron la menor riqueza de taxones, ambos con 2 taxones registrados (Tabla 1).

Tabla 1.

Lista de los taxones de algas fitoplanctónicas registradas en las lagunas evaluadas. Los (x) representa la presencia del taxón en las lagunas y profundidades registrada.

Clase		Laguna Burlán			Laguna Azul		
Clase	**Taxones**	**10 cm**	**20 cm**	**30 cm**	**10 cm**	**20 cm**	**30 cm**
Bacillariophyceae	Amphipleura sp.			X			
	Amphipleura sp.1			X			
	Cocconeis sp.	X	X				
	Cymbella sp.				X		
	Detonula sp.	X					
	Diatoma sp.					X	
	Diatoma sp.1	X	X				
	Epithemia sp.						X
	Epithemia sp.1						X
	Gomphonema sp.			X			X
	Gomphonema sp.1	X					X
	Gomphonema sp.2	X					
	Gomphonema sp.3			X			
	Gomphonema sp.4		X				
	Navicula sp.				X	X	X
	Navicula sp.1	X		X			
	Pinnularia sp.					X	X
	Pinnularia sp.2	X					
	Pinnularia sp.3			X			
	Pinnularia sp.4		X				

	Pinnularia sp.5		X				
	Rhopalodia sp.	X		X			
	Rhopalodia sp.1	X					
	Surirella sp.	X		X			
	Synedra sp.1				X		
Chlorophyceae	Ankistrodesmus sp.						X
	Ankistrodesmus sp.1						X
	Coelastrum sp.	X					
	Monactinus sp.	X	X				
	Monactinus sp.1	X		X			
	Monactinus sp.2	X	X				
	Pediastrum sp.	X					
	Scenedesmus sp.				X	X	X
	Sphaerocystis sp.	X				X	X
	Sphaerocystis sp.1	X	X				
	Tetradesmus sp.				X		X
	Tetradesmus sp.1				X		
	Tetraedron sp.			X			X
Zygnematophyceae	Closterium sp.				X		
	Cosmarium sp.		X		X	X	
	Cosmarium sp.1	X				X	
	Cosmarium sp.2				X	X	
	Cosmarium sp.3	X	X			X	X
	Cosmarium sp.4	X					
	Gonatozygon sp.			X			
	Haplotaenium sp.			X			X
	Haplotaenium sp.1		X				
	Hyalotheca sp.	X	X				
	Mougeotia sp.			X			
	Spirotaenia sp.	X			X	X	
	Spirotaenia sp.1	X	X				
	Staurastrum sp.				X		
Cyanophyceae	Anabaena sp.	X	X				
	Anabaena sp.1	X					
	Gloeothece sp.	X	X				
	Microcystis sp.					X	
	Oscillatoria sp.	X				X	
	Oscillatoria sp.1		X	X	X	X	
Euglenophyceae	Lepocinclis sp.		X		X		X
	Peranema sp.					X	
Ulvophyceae	Chaetomorpha sp.				X		
	Chaetomorpha sp.1	X			X	X	
Total riqueza		**27**	**18**	**14**	**14**	**14**	**12**

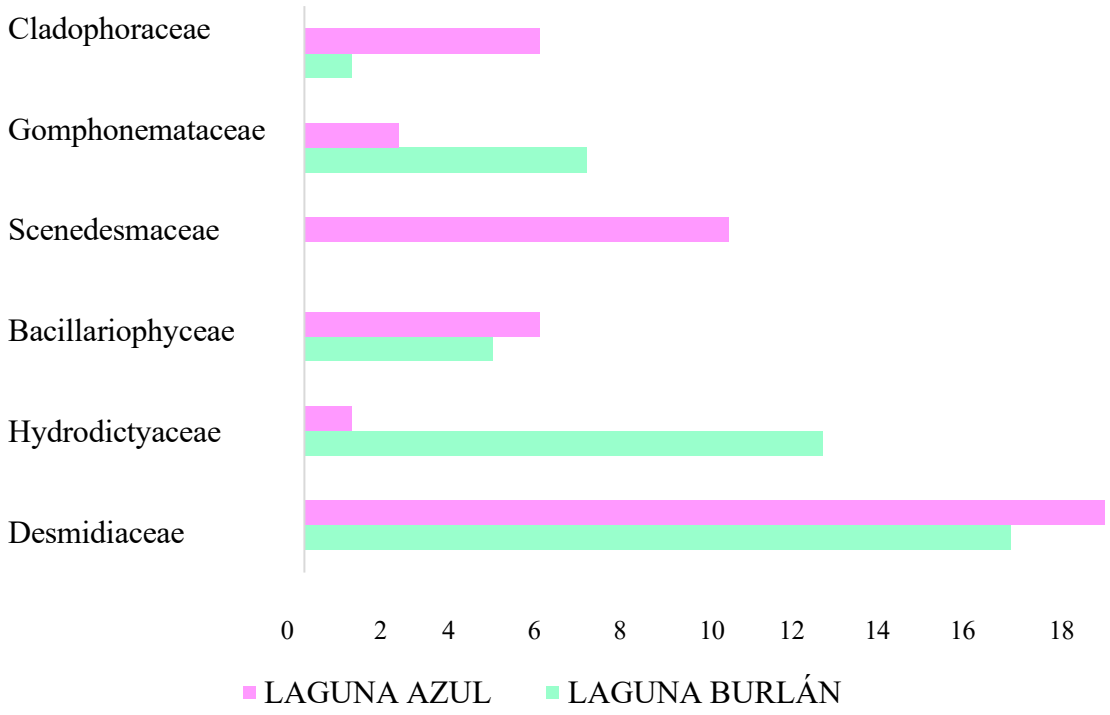
En términos de presencia, se observaron 136 registros, distribuidos entre la laguna Burlán (74) y Laguna Azul (62), evidenciando una ligera mayor presencia en la primera laguna. Las familias con mayor presencia fueron Desmidiaceae e Hydrodictyaceae, con 32 y 12 registros respectivamente.

Scenedesmaceae fue la tercera familia con mayor presencia con nueve registros reportados únicamente en Laguna Azul.

Los géneros *Gomphonema*, *Pinnularia* y *Cosmarium* aportaron el mayor número de riqueza, todos con cinco taxones registrados; *Gomphonema* sp., *Gomphonema* sp.1, *Sphaerocystis* sp., *Tetraedron* sp., *Oscillatoria* sp., *Oscillatoria* sp.1, *Lepocinclis* sp., *Chaetomorpha* sp.1, *Cosmarium* sp., *Cosmarium* sp.1, *Cosmarium* sp.3, *Haplotaenium* sp. y *Spirotaenia* sp. fueron los taxones registrados en ambas lagunas (Tabla 1).

Figura 6.

Las cinco familias de algas fitoplanctónicas con mayor presencia registrada en las lagunas estudiadas.



3.2. Evaluación de parámetros fisicoquímicos de las lagunas

Los valores medios de las variables físicas y químicas de los sitios de muestreo se encuentran en la Tabla 2.

La temperatura del agua en la Laguna Azul presentó valores que oscilaron entre 26.7 °C y 28.8 °C, con un valor medio de 27.0 °C. La temperatura en la Laguna Burlán osciló entre 28.2 °C y 30.5 °C, con una temperatura media de 29.6 °C, sugiriendo una mayor temperatura que la que se registró en Laguna Azul.

Las lagunas estudiadas se caracterizaron por presentar aguas ligeramente alcalinas con valores medios de pH de 8.12 y 7.99 en Laguna Azul y Burlán respectivamente.

La conductividad presentó valores medios entre 909.9 y 1094 µS cm^{-1}. Los registros mayores corresponden a la Laguna Azul. Los valores medios de sólidos disueltos (SD) fueron de 547 ppm en Laguna Azul y 454.7 en Laguna Burlán.

La laguna Azul presentó valores de DBO_5 entre 4.20 y 8.91 mg O_2/L (promedio: 6.56 mg O_2/L) y DQO entre 9.12 y 20.53 mg O_2/L (promedio: 14.83 mg O_2/L), reflejando una carga orgánica moderada. Al comparar estos resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos mediante el D. S. N.° 004-2017-MINAM, el promedio de DBO_5 supera el valor de 5 mg/L establecido para la categoría 4, subcategoría E1, correspondiente a lagos y lagunas. En la laguna Burlán ambos parámetros se encontraron por debajo del límite de cuantificación (<LCM), lo que evidencia una baja concentración de materia orgánica y mejores condiciones de calidad del agua.

Tabla 2.

Valores medios de las variables físicas y químicas de los sitios de muestreo. SD: sólidos disueltos; DQO: Demanda Química de Oxígeno; DBO_5: Demanda Bioquímica de Oxígeno

Lagunas	Parámetros					
	Temp. °C	pH	Conductividad (µS/cm^{-1})	SD (ppm)	DQO (O_2/L)	DBO_5 (O_2/L)
Laguna Azul	27.0 ± 0.08	8.12 ± 0.10	1094 ± 1.30	547 ± 0.80	14.83 mg O_2/L.	6.56 mg O_2/L.
Laguna Burlán	29.6 °C ± 0.20	7.99 ± 0.03	909.9 ± 2.30	454.7 ± 1.00	<LCM*	<LCM*

16 *LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor < LCM significa que la concentración del analito es mínima

3.3. Catálogo ilustrado

El catálogo ilustrado presentado a continuación constituye una línea base para futuros estudios taxonómicos y ecológicos en las lagunas de Cajamarca y Amazonas, en el norte del Perú. En este se incluyen 64 fotografías correspondientes a 63 taxones de fitoplancton registrados en la Laguna Azul y la laguna Burlán, obtenidas a partir de las muestras analizadas durante el presente estudio.

Las imágenes permiten documentar las principales características morfológicas de los organismos identificados, facilitando su reconocimiento y comparación en estudios posteriores. Asimismo, este catálogo representa una herramienta de referencia para la identificación taxonómica en ecosistemas lénticos de la región, contribuyendo al conocimiento de la diversidad algal y su potencial uso como bioindicadores de la calidad del agua.

turnitin Página 1 de 27 - Entrega de integridad Identificador de la entrega trn:oid:::1:3709562156

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie AlexaHuaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



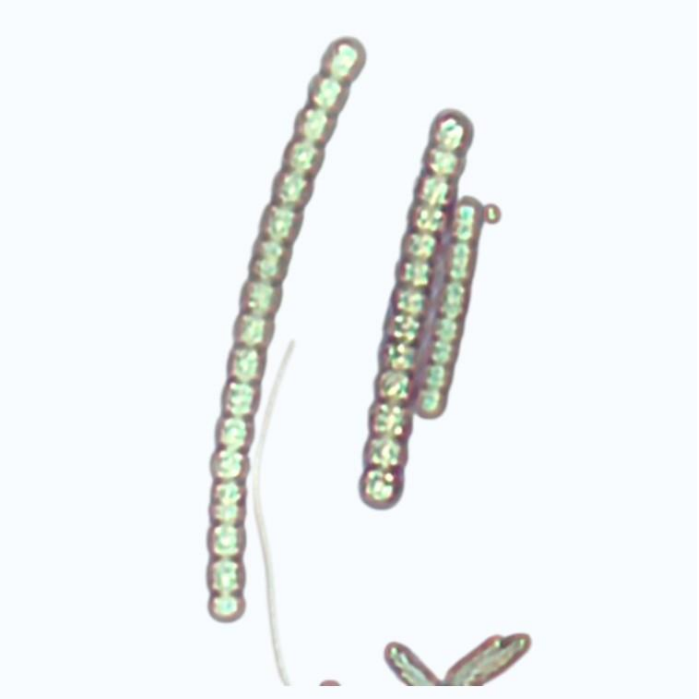
***Amphipleura* sp.**

AMPHIPLEURACEAE



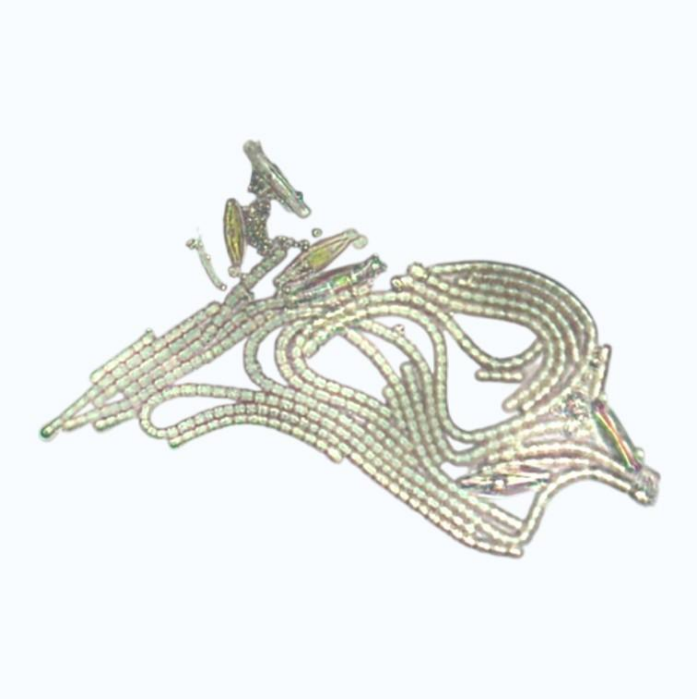
***Amphipleura* sp.1**

AMPHIPLEURACEAE



***Anabaena* sp.**

NOSTOCACEAE



***Anabaena* sp.1**

NOSTOCACEAE

turnitin Página 2 de 27 - Entrega de integridad Identificador de la entrega trn:oid:::1:3709562156

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie AlexaHuaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



***Ankistrodesmus* sp.**

SELENASTRACEAE



***Ankistrodesmus* sp.1**

SELENASTRACEAE



***Chaetomorpha* sp.**

CLADOPHORACEAE



***Chaetomorpha* sp.1**

CLADOPHORACEAE

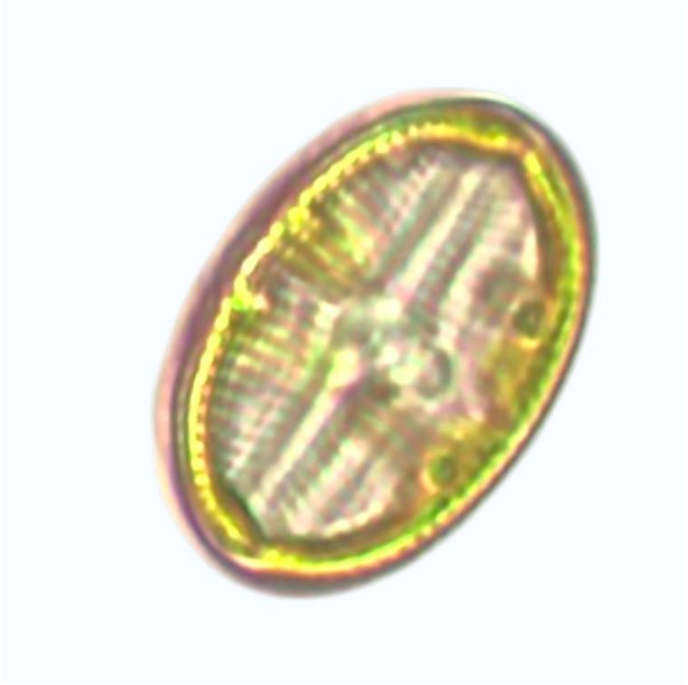
ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



***Closterium* sp.**

CLOSTERIACEAE



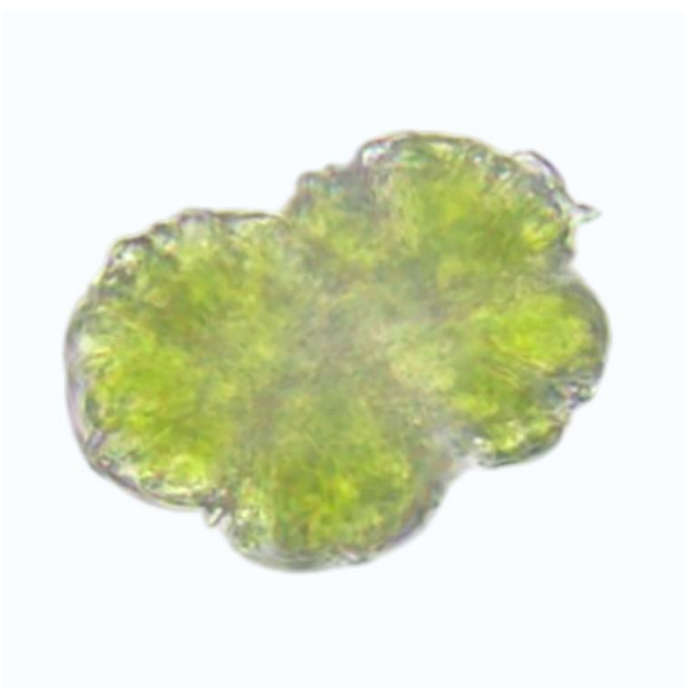
***Cocconeis* sp.**

COCCONEIDACEAE



***Coelastrum* sp.**

SCENEDESMACEAE



***Cosmarium* sp.**

DESMIDIACEAE

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie AlexaHuaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



***Cosmarium* sp.1**

DESMIDIACEAE



***Cosmarium* sp.2**

DESMIDIACEAE



***Cosmarium* sp.3**

DESMIDIACEAE



***Cosmarium* sp.4**

DESMIDIACEAE

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



***Cymbella* sp.**

CYMBELLACEAE



***Detonula* sp.**

THALASSIOSIRACEAE



***Diatoma* sp.**

DIATOMACEAE



***Diatoma* sp.1**

DIATOMACEAE

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie AlexaHuaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



***Epithemia* sp.**

EPITHEMIACEAE



***Epithemia* sp.1**

EPITHEMIACEAE



***Gloeothece* sp.**

CHROOCOCCACEAE

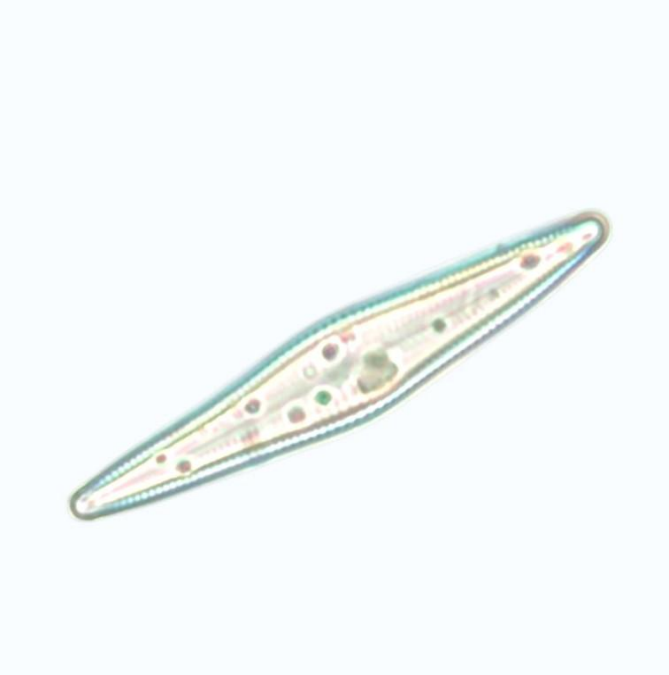


***Gomphonema* sp.**

GOMPHONEMATACEAE

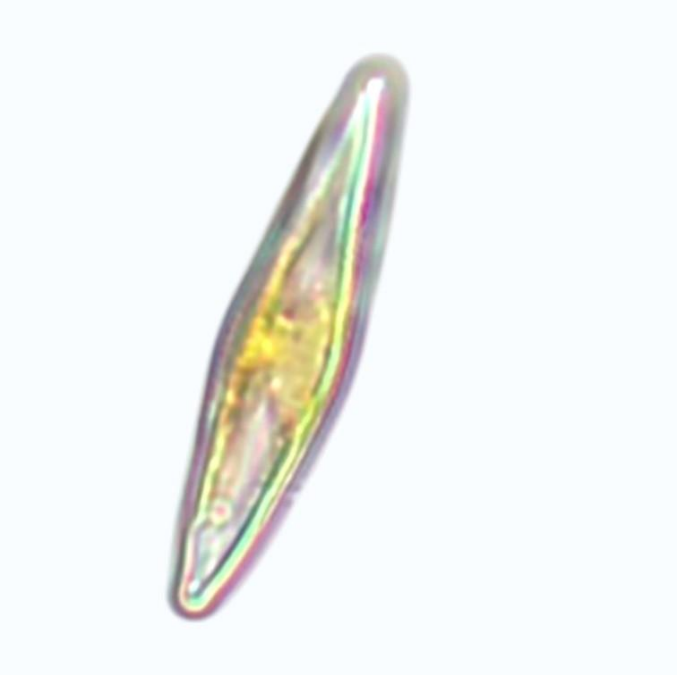
ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



***Gomphonema* sp.1**

GOMPHONEMATACEAE



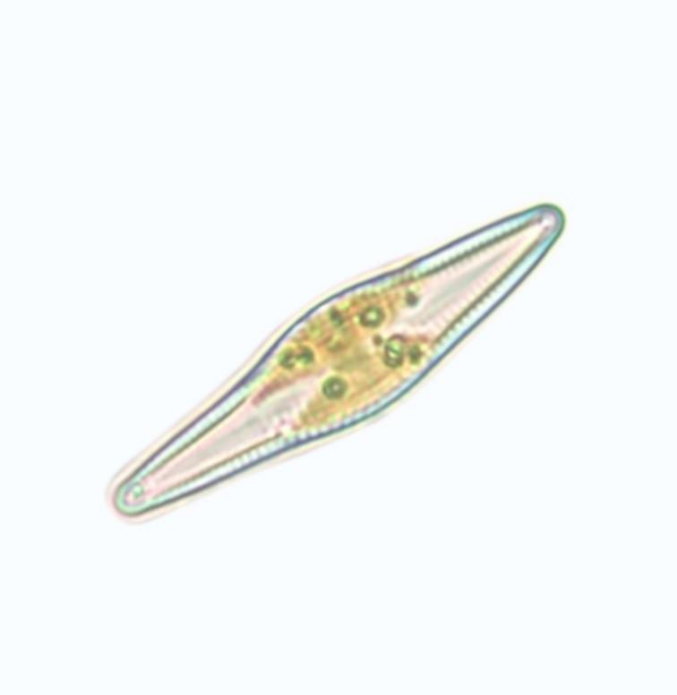
***Gomphonema* sp.2**

GOMPHONEMATACEAE



***Gomphonema* sp.3**

GOMPHONEMATACEAE

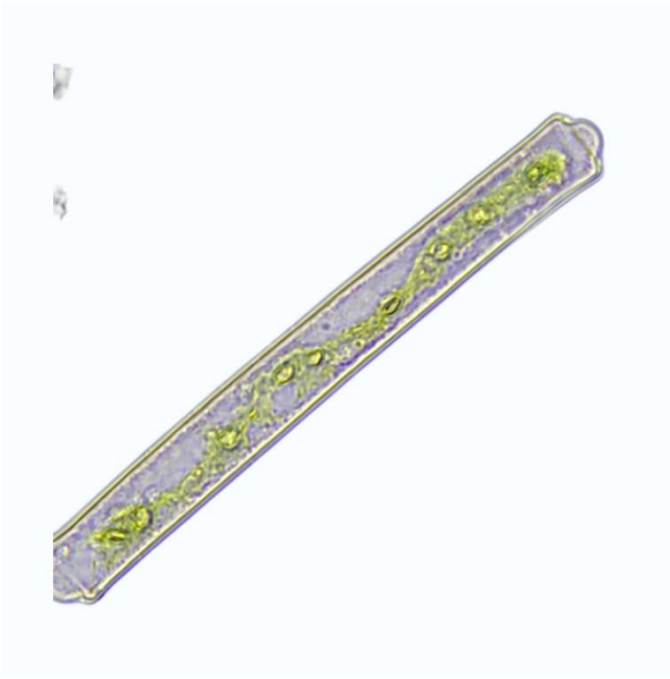


***Gomphonema* sp.4**

GOMPHONEMATACEAE

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



***Gonatozygon* sp.**

DESMIDIACEAE



***Gyrosigma* sp.**

GYROSIGMACEAE



***Haplotaenium* sp.**

DESMIDIACEAE



***Haplotaenium* sp.1**

DESMIDIACEAE

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



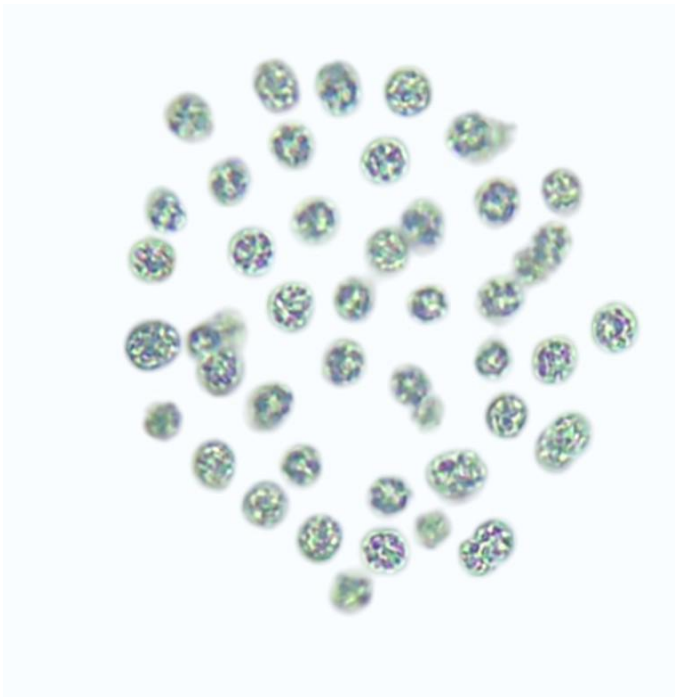
***Hyalotheca* sp.**

DESMIDIACEAE



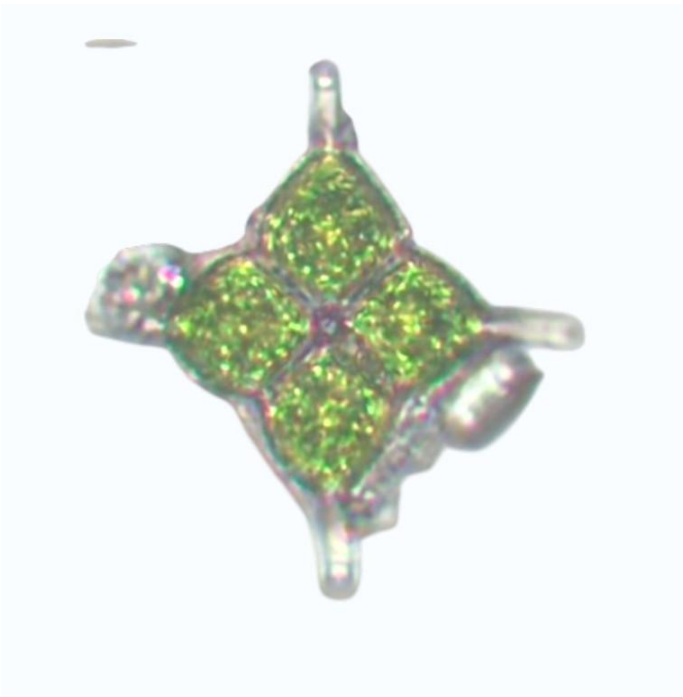
***Lepocinclis* sp.**

EUGLENACEAE



***Microcystis* sp.**

MICROCYSTACEAE

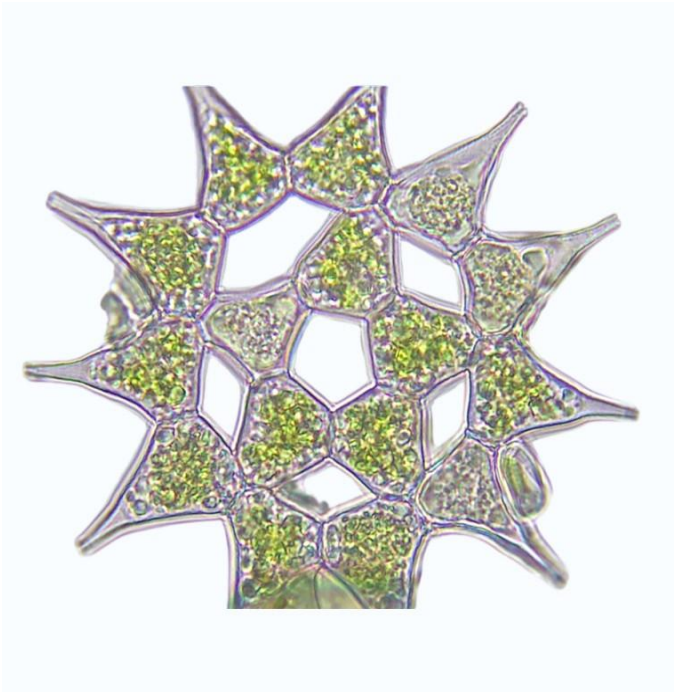


***Monactinus* sp.**

HYDRODICTYACEAE

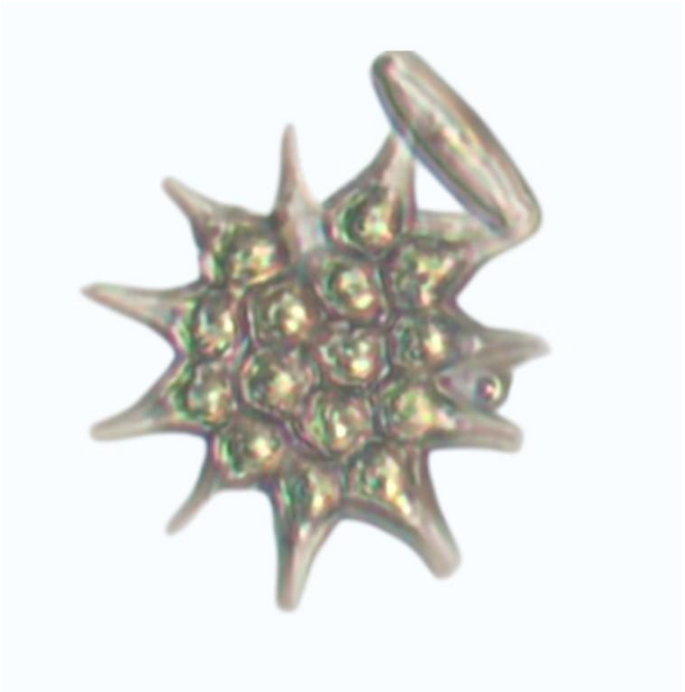
ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



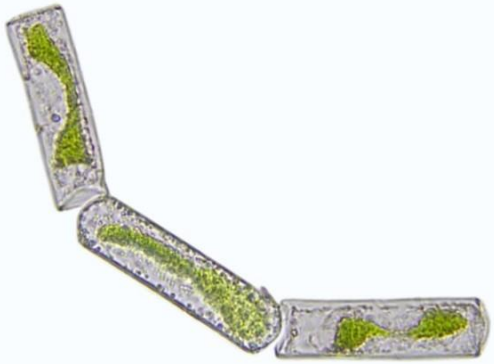
***Monactinus* sp.1**

HYDRODICTYACEAE



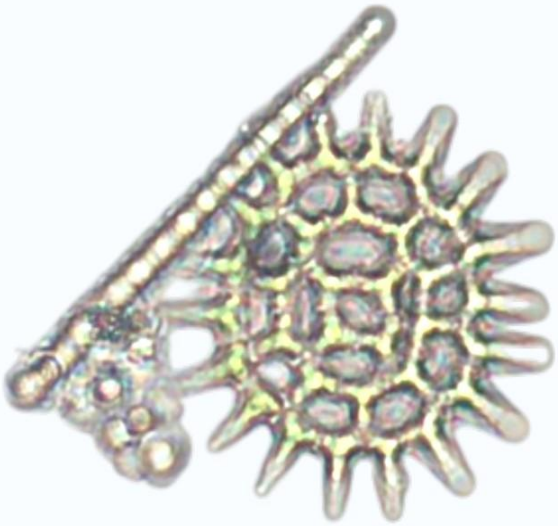
***Monactinus* sp.2**

HYDRODICTYACEAE



***Mougeotia* sp.**

ZYGNEMATACEAE



***Pediastrum* sp.**

HYDRODICTYACEAE

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



***Navicula* sp.**

NAVICULACEAE



***Navicula* sp.1**

NAVICULACEAE



***Oscillatoria* sp.**

BACILLAIOPHYCEAE



***Oscillatoria* sp.1**

BACILLAIOPHYCEAE

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



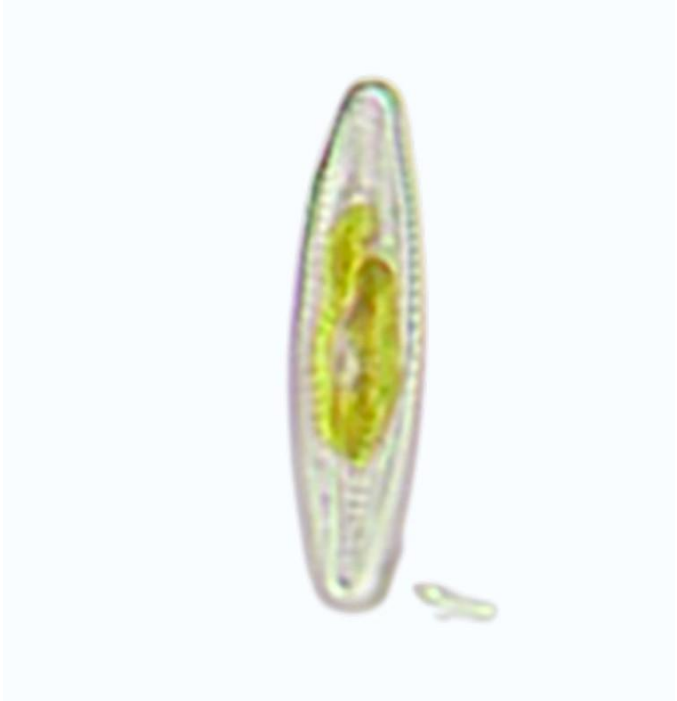
***Peranema* sp.**

PERANEMATACEAE



***Pinnularia* sp.**

PINNULARIACEAE



***Pinnularia* sp.1**

PINNULARIACEAE



***Pinnularia* sp.2**

PINNULARIACEAE

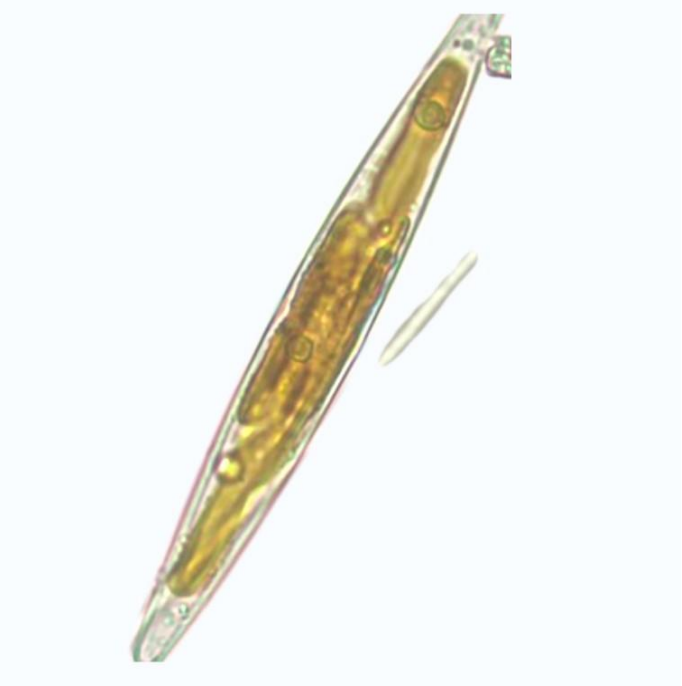
ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagrosgarcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



***Pinnularia* sp.3**

PINNULARIACEAE



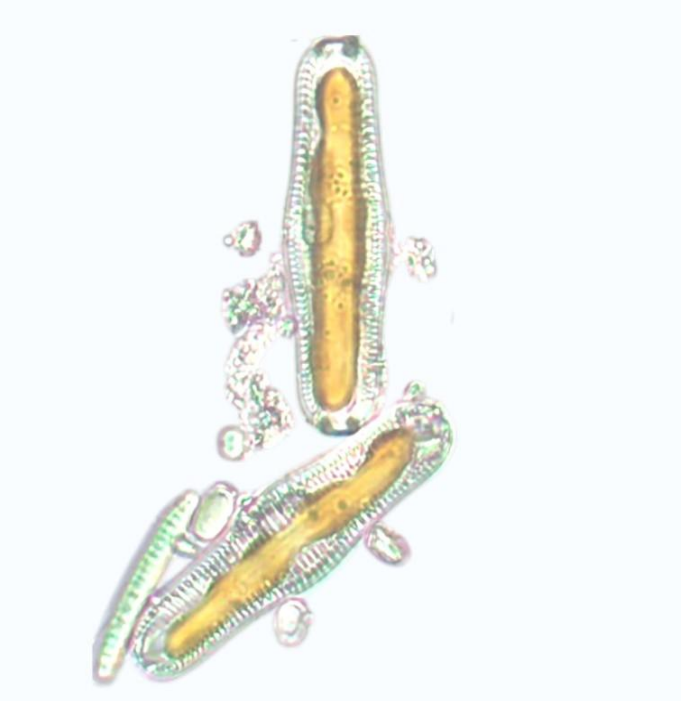
***Pinnularia* sp.4**

PINNULARIACEAE



***Rhopalodia* sp.**

RHOPALODIACEAE

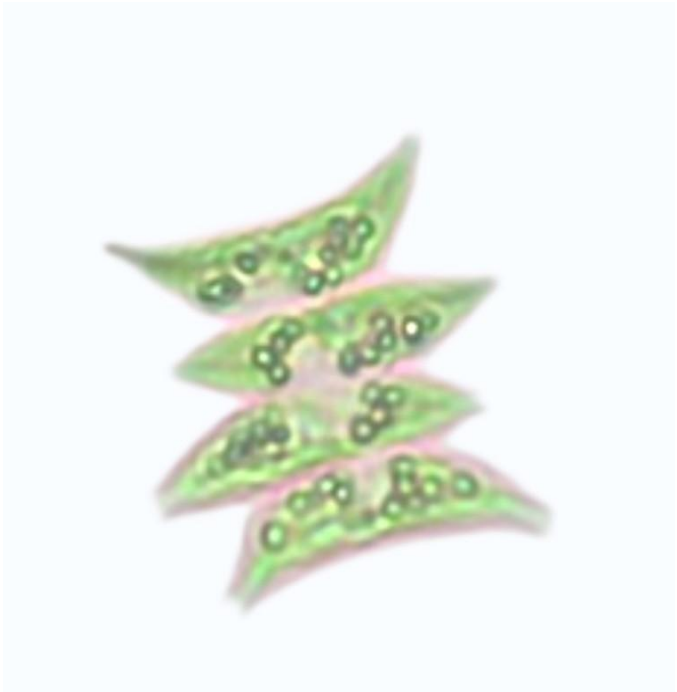


***Rhopalodia* sp.1**

RHOPALODIACEAE

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



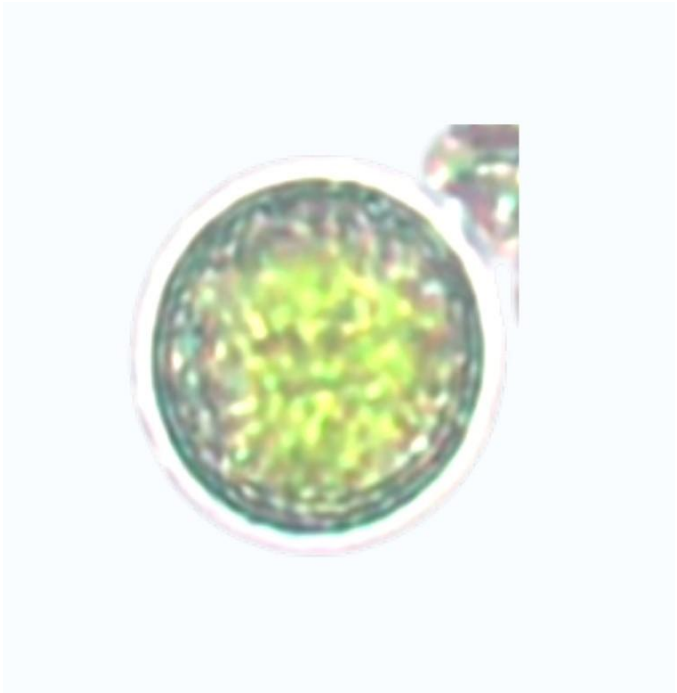
***Scenedesmus* sp.**

SCENEDESMACEAE



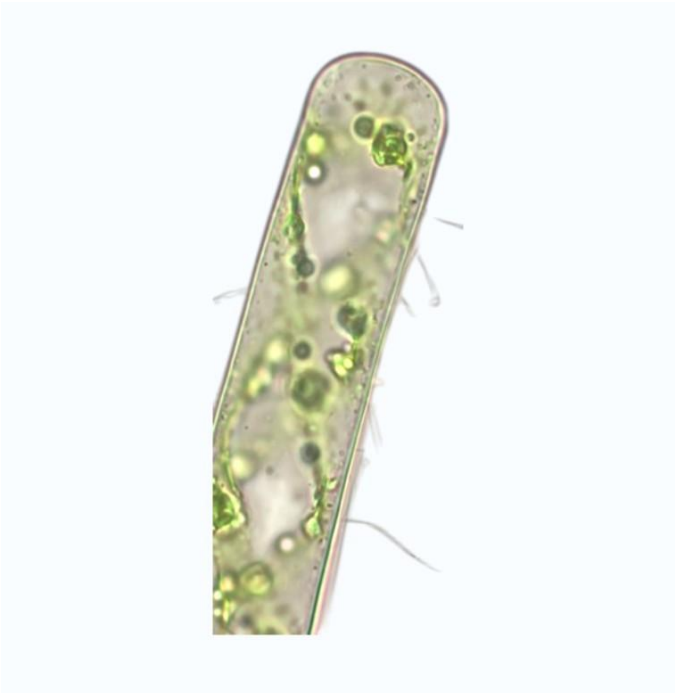
***Sphaerocystis* sp.**

RADIOCOCCACEAE



***Sphaerocystis* sp.1**

RADIOCOCCACEAE



***Spirotaenia* sp.**

DESMIDIACEAE

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



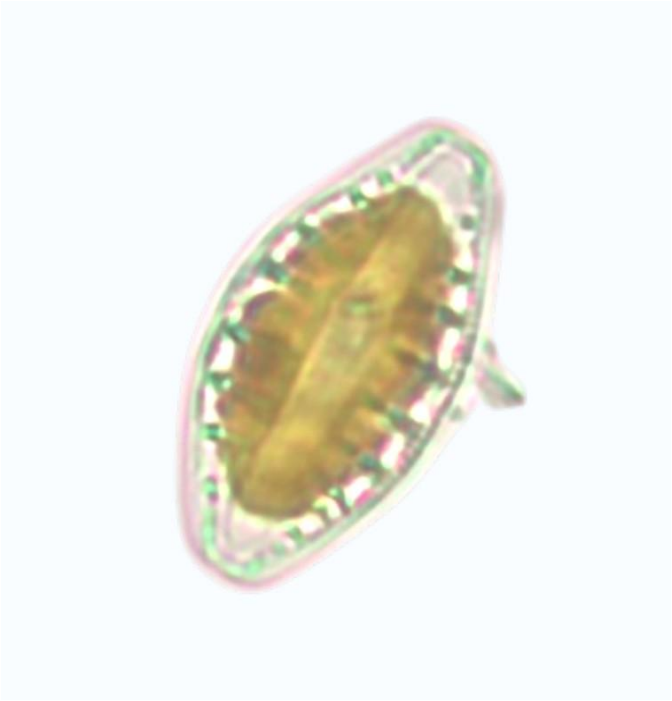
***Spirotaenia* sp.1**

DESMIDIACEAE



***Staurastrum* sp.**

DESMIDIACEAE



***Surirella* sp.**

SURIRELLACEAE

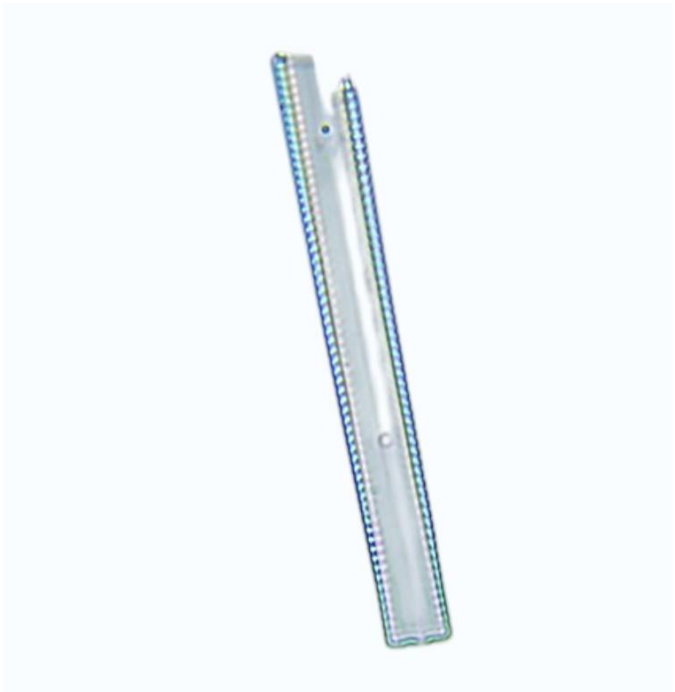


***Surirella* sp.**

SURIRELLACEAE

ALGAS FITOPLANCTÓNICAS DE LA LAGUNA AZUL Y BURLÁN , NORTE DE PERÚ

Angie AlexaHuaman Cruz & Milagros Emerita Garcia Guerrero & José Luis Marcelo Peña
FOTOGRAFÍAS: Angie Alexa Huaman Cruz& Milagros Emerita Garcia Guerrero
angie.huaman@est.unj.edu.pe- milagros.garcia@est.unj.edu.pe
Universidad Nacional de Jaén – Laboratorio de Plantas Vasculares y Herbario ISV



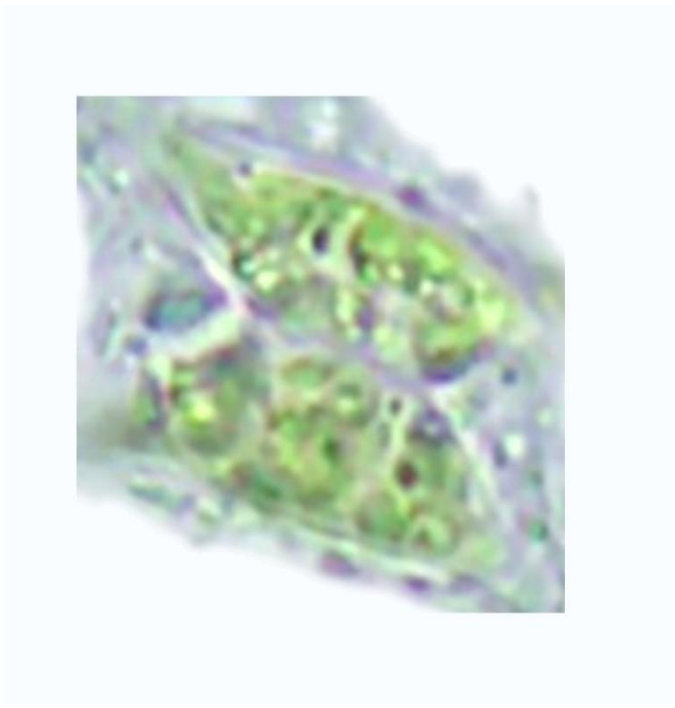
***Synedra* sp.1**

FRAGILARIACEAE



***Tetradesmus* sp.**

SCENEDESMACEAE



***Tetradesmus* sp.1**

SCENEDESMACEAE



***Tetraedron* sp.**

HYDRODICTYACEAE

IV. DISCUSIÓN

La riqueza y composición de las comunidades fitoplanctónicas registradas en las lagunas Burlán y Azul reflejan respuestas diferenciadas frente a las condiciones fisicoquímicas locales y la presión antrópica. El registro de 63 taxones, con predominio de Bacillariophyceae, Zygnematophyceae y Chlorophyceae, se alinea con lo reportado en lagunas altoandinas del Perú, donde las diatomeas suelen dominar en ambientes con buena disponibilidad de oxígeno y baja carga orgánica (Baylón Coritoma et al., 2018; Cavero & Manrique, 2022). Esta diversidad confirma que el fitoplancton constituye un bioindicador robusto, capaz de reflejar variaciones ambientales incluso en sistemas de pequeña escala.

La Laguna Burlán, con mayor riqueza específica (44 especies), evidencia condiciones más favorables para la diversidad algal. La presencia de géneros como *Cosmarium* y *Gomphonema*, asociados a aguas de buena calidad, coincide con lo observado en lagunas de Pasco y Ayacucho, donde estos taxones se vinculan a ambientes neutro-alcalinos y baja conductividad (Baylón Coritoma et al., 2018; Cavero & Manrique, 2022). En contraste, la Laguna Azul mostró menor riqueza (32 especies) y parámetros fisicoquímicos que sugieren un estado de enriquecimiento trófico moderado: conductividad elevada (1094 µS/cm), sólidos disueltos superiores (547 ppm) y una DBO_5 promedio de 6.56 mg O_2/L. Estos valores son comparables a los registrados en sistemas eutrofizados de Egipto y Brasil, donde se documentaron comunidades dominadas por cianobacterias tolerantes como *Oscillatoria* y *Planktothrix agardhii* (Fathi & Flower, 2005; Chellappa et al., 2009). La detección de *Microcystis* en Azul es particularmente relevante, pues constituye un signo de alerta de eutrofización, similar a lo descrito en lagos de India (Tiwari & Chauhan, 2006).

Estos hallazgos refuerzan el papel del fitoplancton como sistema de alerta temprana frente al deterioro ambiental. La coexistencia de géneros sensibles y tolerantes permite establecer indicadores específicos para el monitoreo continuo. En Burlán, la diversidad algal sugiere un sistema resiliente, mientras que en Azul la presencia de taxones oportunistas refleja una transición hacia condiciones menos favorables, probablemente influenciada por actividades agrícolas y turísticas en su entorno inmediato. La literatura confirma que géneros como *Oscillatoria*, *Euglena* y *Microcystis* son indicadores confiables de contaminación orgánica y procesos de eutrofización (Palmer, 1969; Almeida, 2001), lo que otorga mayor peso a las observaciones realizadas en este estudio.

La elaboración del catálogo ilustrado de especies constituye además una herramienta estratégica para la gestión sostenible de lagunas turísticas. Experiencias similares en Ayacucho y Ucayali han demostrado que la identificación visual de taxones facilita la capacitación de comunidades locales y estudiantes en la detección de cambios ambientales (Cavero & Manrique, 2022; Dahua Bembino, 2024). De este modo, el catálogo no solo aporta valor científico, sino que también fortalece la gobernanza ambiental al permitir que actores sociales reconozcan señales tempranas de deterioro y participen en la conservación de los servicios ecosistémicos.

Si bien este estudio aporta una línea base valiosa sobre la composición fitoplanctónica y la calidad del agua en las lagunas Burlán y Azul, presenta ciertas limitaciones metodológicas que deben ser reconocidas: el muestreo se restringió a la capa superficial (hasta los 30 cm de profundidad), sin considerar la estratificación vertical que puede modificar la distribución de las comunidades algales (Reynolds, 2006; Wetzel, 2001); la identificación taxonómica se realizó a nivel de género, lo que impide detectar especies específicas con potencial tóxico; y los análisis fisicoquímicos se efectuaron en un único periodo, sin evaluar variaciones estacionales que influyen en la dinámica del fitoplancton (Franco et al., 1996). Estas limitaciones abren nuevas líneas de investigación que resultan fundamentales: ampliar el monitoreo a lo largo del año para capturar la variabilidad temporal; incorporar muestreos en profundidad para analizar la influencia de la estratificación térmica y química; evaluar la presencia de cianotoxinas asociadas a géneros como *Microcystis* y *Anabaena*; y finalmente, integrar enfoques socioecológicos que permitan comprender cómo las actividades agrícolas y turísticas afectan la calidad del agua y cómo las comunidades locales pueden participar en programas de monitoreo participativo.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El presente estudio constituye un aporte relevante al conocimiento de la biodiversidad de algas fitoplanctónicas en ecosistemas lénticos del norte del Perú, al establecer una línea base sobre la composición y estructura de las comunidades fitoplanctónicas en dos lagunas poco estudiadas. La integración de la información taxonómica y fisicoquímica permitió evidenciar una diferenciación entre las condiciones ambientales y la estructura de las comunidades algales, demostrando la utilidad del fitoplancton como bioindicador sensible del estado ecológico de los sistemas acuáticos. En este sentido, la laguna Burlán presentó las mejores condiciones ambientales y un menor grado de perturbación, al registrar una mayor riqueza fitoplanctónica, menores niveles de mineralización y carga orgánica, así como una composición taxonómica asociada a condiciones de mejor calidad del agua. Por el contrario, la Laguna Azul evidenció indicadores de presión ambiental relativamente mayor a lo observado en la laguna de Burlán, caracterizado por una menor riqueza fitoplanctónica, mayores valores de conductividad, sólidos disueltos y carga orgánica, además de la presencia de cianobacterias asociadas a condiciones de enriquecimiento nutricional y eutrofización.

5.2. Recomendaciones

- Implementar monitoreos temporales (estacionales y multianuales) que permitan evaluar la variación en la composición y diversidad fitoplanctónica, así como su relación con cambios en los parámetros fisicoquímicos y climáticos.
- Incorporar análisis de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y pigmentos fotosintéticos (clorofila) para mejorar la interpretación del estado trófico de las lagunas y su relación con la estructura del fitoplancton.
- Ampliar los estudios a otros cuerpos de agua de la región e integrar herramientas moleculares y análisis funcionales, con el fin de profundizar en la diversidad algal y fortalecer su uso como bioindicadores en programas de gestión y conservación.
- Se recomienda que futuras investigaciones incorporen la determinación de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, así como la concentración de clorofila *a*, con la finalidad de complementar la evaluación de la calidad

del agua y obtener una caracterización más precisa del estado trófico de la laguna Azul.

- Se recomienda implementar medidas de control de vertimientos y disposición de residuos sólidos en el entorno de las lagunas, a fin de prevenir el deterioro de la calidad del agua asociado a las actividades turísticas.

VI. REFERENCIAS

Abonyi, A., Leitao, M., Lançon, A. M., & Padisák, J. (2012). Phytoplankton functional groups as indicators of human impacts along the River Loire (France). In *Phytoplankton responses to human impacts at different scales* (pp. 233-249). Dordrecht: Springer Netherlands.

Acevedo-Trejos E, Marañón E, Merico A (2018) Diversidad de tamaño del fitoplancton y relaciones con la función ecosistémica en regiones oceánicas. Proc R Soc B: Bioll Sci 285(1879):20180621

Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). Stream ecology: Structure and function of running waters (2nd ed.). Springer.

Almeida, S. F. P. (2001). Use of diatoms for freshwater quality evaluation in Portugal. Limnetica, 20(2), 205–213. https://doi.org/10.23818/limn.20.20

Alviz-Soncco, W., & Yanque-Yucra, P. (2024). *Estado ecológico de la laguna de Angasq'ocha del Santuario Nacional de Ampay, Abancay – Apurímac.* Cantua Revista Científica, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

APHA, AWWA, & WEF. (2023). Standard methods for the examination of water and wastewater (24th ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation.

Atici, T., & Ahiska, S. (2005). Contaminación y algas del arroyo de Ankara. Revista de Ciencias de la Universidad de Gazi, 18, 51–59.

Baylón, M., Roa, K., Sánchez, T. L., Tapia, L., Jara, E., Macedo, D., et al. (2018). Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco (Perú). Ecología Aplicada, 17(1), 119–132.

Bekessy SA, Runge MC, Kusmanoff AM, Keith DA, Wintle BA. (2018) No preguntes qué puede hacer la naturaleza por ti: una crítica a los servicios ecosistémicos como estrategia de comunicación. Biol Cons 224:71–74. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.05.017

Bellinger, E. G., & Sigee, D. C. (2010). Freshwater algae: Identification and use as bioindicators. Wiley-Blackwell.

Bhosale, L. J., Patil, S. M., Dhumal, S. N., & Sathe, S. S. (2010). Presencia de fitoplancton en los cuerpos de agua de Miraj Tahasil de Maharashtra. The Ecoscan, 4, 73–76.

Borics, G. G. (2007). Kiss A new evaluation technique of potamo–plankton for the assessment of the ecological status of riversArch. für Hidrobiologie Large Rivers, 17.

Cavero-Arana, J. G., & Manrique Carhuas, M. F. (2022). Lagunas altoandinas de Ayacucho evaluadas para el desarrollo de acuicultura, 2017. Informe IMARPE, 49(4), 587–615. Instituto del Mar del Perú.

Chellappa, N. T., Câmara, F. R. A., & Rocha, O. (2009). Phytoplankton community: Indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grande do Norte, Brazil. Brazilian Journal of Biology, 69(2), 241–251. https://doi.org/10.1590/S1519-69842009000200003

Coesel, P. F. M., & Meesters, K. J. (2007). Desmids of the Lowlands: Mesotaeniaceae and Desmidiaceae of the European Lowlands. KNNV Publishing.

Dahua Bembino, A. P. (2024). Composición cualitativa y cuantitativa de fitoplancton de la Laguna de Yarinacocha-Ucayali-Perú-2021 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía]. Repositorio Institucional UNIA.

Dakshini, K. M. M., & Gupta, S. K. (1979). Preliminary observations of limnological study of three freshwater lakes around Delhi State, India. Proceedings of the Indian National Science Academy, 45, 564–570.

Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo de Amazonas (DIRCETUR Amazonas). (s.f.). Laguna de Burlán. Gobierno Regional de Amazonas. Recuperado de https://dirceturamazonas.com

Edwards, KF; Litchman, E.; Klausmeier, CA. (2013). Los rasgos funcionales explican las respuestas del fitoplancton a los gradientes ambientales en lagos de Estados Unidos. *Ecology. 94* , 1626–1635.

Environmental Protection Agency. (2015). National Coastal Condition Assessment 2015: Field Operations Manual (EPA-841-R-14-007).

Fathi, A. A., & Flower, R. J. (2005). Water quality and phytoplankton communities in Lake Qarun (Egypt). Aquatic Sciences, 67(3), 350–362. https://doi.org/10.1007/s00027-005-0777-2

Fluid Imaging Technologies. (s. f.). *Phytoplankton identification image & taxa guide*. https://www.fluidimaging.com/plankton-identification-taxa-guide Recuperado el 30 de mayo de 2026, de https://www.fluidimaging.com/plankton-identification-taxa-guide

Franco León, J., Delgado, V., & Sulca, L. (1997). Estudio cualitativo del fitoplancton de la laguna altoandina Paucarani-Tacna. Ciencia & Desarrollo, (5), 106–112. https://doi.org/10.33326/26176033.1997.5.101

Gaur RK (1997) Efectos de la floración de Microcystis aeruginosa en la densidad y diversidad de la población de cianofíceas en un estanque tropical. Actas del 84º Congreso Científico Indio, Parte III, Universidad de Delhi, Nueva Delhi.

Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (Eds.). (2026). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. AlgaeBase

Guo, S., He, F., Tang, T., Tan, L., & Cai, Q. (2020). Intra-annual fluctuations dominating temporal dynamics of benthic diatom assemblages in a Chinese mountainous river. Annales de Limnologie - International Journal of Limnology, 56, 22. https://doi.org/10.1051/limn/2020020

Huszar, Vera. (1998). The relationship between phytoplankton composition and physical-chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological-functional descriptors in six temperate lakes. Freshwater Biology - FRESHWATER BIOL. 40. 679-696. 10.1046/j.1365-2427.1998.00369.x.

Kahlert, M., Kupilas, B., McKie, B. G., Friberg, N., & Burdon, F. J. (2020). Benthic diatom communities in urban streams and the role of riparian buffers. Water, 12(10), 2799. https://doi.org/10.3390/w12102799

Louisiana Universities Marine Consortium. (2026). Phytoplankton Guide. LUMCON's Phytoplankton Guide

LUMCON. (2026). Guide to phytoplankton (including harmful algae). Consultado el 18 de mayo de 2026 de: https://phytoplanktonguide.lumcon.edu/browse/

Magurran, A. E. (2004). Measuring biological diversity. Blackwell Publishing.

Margalef, R. (1995). Los organismos indicadores en la Limnología. Biología de las aguas continentales. 12, 300 S (En: Schwoerbel, 1975, pag 43).

Mercado-Reyes, I., ÁlvarezMontero, X. (2022). Catálogo de Microalgas y Cianobacterias de las Reservas Buenaventura y Jorupe, Jocotoco, Ecuador.

Metcalf & Eddy, Inc. (2014). Wastewater engineering: Treatment and resource recovery (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Naselli-Flores, L., y Padisák, J. (2024). Análisis de rasgos morfológicos como herramienta para identificar el nicho desarrollado de las poblaciones de fitoplancton: ¿Qué tienen en común la forma de las microalgas planctónicas, Anna Karenina y Vincent van Gogh?. *Hydrobiologia* , *851* (4), 733-749.

Odun, E. (1972). Ecología 3ª. Ed. Edit. Interamericana 439 pp.

Paerl, H. W., & Otten, T. G. (2013). Harmful cyanobacterial blooms: Causes, consequences, and controls. *Microbial Ecology*, 65, 995–1010. https://doi.org/10.1007/s00248-012-0159-y

Palmer, CM (1969), UNA CALIFICACIÓN COMPUESTA DE ALGAS QUE TOLERAN LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA 2. Journal of Phycology, 5: 78-82. https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1969.tb02581.x

Prescott, G. W. (1954). How to know the fresh-water algae: An illustrated key for the identifying the more common fresh-water algae to genus, with hundreds of species named and pictured and with numerous notes on their ecology. Wm. C. Brown Company Publishers.

Reavie, E. D., Jicha, T. M., Angradi, T. R., Bolgrien, D. W., & Hill, B. H. (2010). Algal assemblages for large river monitoring: comparison among biovolume, absolute and relative abundance metrics. *Ecological Indicators*, *10*(2), 167-177.

Reynolds, C. S. (2006). *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press.

Rivera-Rondón, C. A., & Catalan, J. (2020). Diatoms as indicators of the multivariate environment of mountain lakes. Science of the Total Environment, 703, 135517. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135517

Rodríguez Vásquez, F. M. A. (2023). *El fitoplancton y zooplancton como bioindicadores de calidad del agua en la laguna de Yarinacocha, Ucayali (2015–2020)* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Ucayali.

Round, F. E., Crawford, R. M., & Mann, D. G. (1990). The diatoms: Biology and morphology of the genera. Cambridge University Press.

Rousso, B. Z., Bertone, E., Stewart, R., & Hamilton, D. P. (2020). A systematic literature review of forecasting and predictive models for cyanobacteria blooms in freshwater lakes. Water Research, 182, 115959. https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115959

Salmaso, N., y Tolotti, M. (2021). Fitoplancton y cambios antropogénicos en ambientes pelágicos. *Hydrobiologia* , *848* (1), 251-284.

Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. Environmental Pollution, 100(1–3), 179–196. https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00091-3

Song, Y., Li, R., Song, W., Tang, Y., Sun, S., & Mao, G. (2023). Microcystis spp. and phosphorus in aquatic environments: A comprehensive review on their physiological and ecological interactions. Science of the Total Environment, 878, 163136. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163136

Stevenson, R. J. (1996). An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats. En R. J. Stevenson, M. L. Bothwell, & R. L. Lowe (Eds.), Algal ecology: Freshwater benthic ecosystems (pp. 3–30). Academic Press.

Stock CA, Dunne JP, John JG (2020) Flujos de carbono y energía a escala global a través de la red trófica planctónica marina: un análisis con un modelo físico-biológico acoplado. Prog Oceanogr 120:1–28. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2013.07.001

Tiwari, A., & Chauhan, S. V. S. (2006). Seasonal phytoplanktonic diversity of Kitham Lake, Agra. Journal of Environmental Biology, 27(1), 35–38.

Updhyay, D., Shukla, K., Mishra, A., Shukla, S. (2025). Freshwater Phytoplankton: The Significant Ecosystems Services Provider in Aquatic Environment. In: Gupta, J., Verma, A. (eds) Green Equilibrium. Green Energy and Technology. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-3993-9_9

Vardaka, E., & Kormas, K. A. (2020). Advancing knowledge on cyanobacterial blooms in freshwaters. Water, 12(9), 2583. https://doi.org/10.3390/w12092583

VijayvergiaRP (2008) Un estudio de caso del lago Udaisagar altamente eutrofizado, Udaipur, Rajasthan. Actas de Taal, 12: 1557-1560.

Viswanaathan, S., Perumal, P. K., & Sundaram, S. (2022). *Integrated approach for carbon sequestration and wastewater treatment using algal–bacterial consortia: Opportunities and challenges*. *Sustainability*, 14(3), 1075. **https://doi.org/10.3390/su14031075**

Wehr, J. D., & Sheath, R. G. (2003). Freshwater algae of North America: Ecology and classification. Academic Press.

Wetzel, R. G. (2001). Limnology: Lake and river ecosystems (3rd ed.). Academic Press.

Wilhelm, S. W., Bullerjahn, G. S., & McKay, R. M. L. (2020). The complicated and confusing ecology of Microcystis blooms. mBio, 11(3), e00529-20. https://doi.org/10.1128/mBio.00529-20

Xie, C., Hu, C., Yang, W., Wu, N., Liu, Q., Wei, J., & Wang, C. (2024). Phytoplankton species composition as bioindicator in the largest fragmented channel of the Pearl River, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, *196*(4), 389.

Yang, J., Ji, Y., Yan, R., Liu, X., Zhang, J., Wu, N., & Wang, K. (2020). Applicability of benthic diatom indices combined with water quality valuation for Dish Lake from Nanjishan Nature Reserve, Lake Poyang. Water, 12(10), 2732. https://doi.org/10.3390/w12102732

Zafrilla, B., Matarredona, L., Bonete, M.-J., Zafrilla, G., & Esclapez, J. (2024). *Phytoplankton as CO_2 sinks: Redirecting the carbon cycle*. *Applied Sciences*, 14(19), 8657. **https://doi.org/10.3390/app14198657**

VII. ANEXOS

Figura 7.

Toma de datos biológicos en la Laguna de Burlán



Figura 8.

Toma de datos biológicos en la Laguna Azul



Figura 9.

Registro de los puntos de muestreo en la Laguna de Burlán



Figura 10.

Registro de pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos disueltos



Figura 11.

Muestras de agua almacenadas en refrigeración en el laboratorio



Figura 12.

Análisis de las muestras en el laboratorio



Figura 13.

Identificación de algas fitoplanctónicas

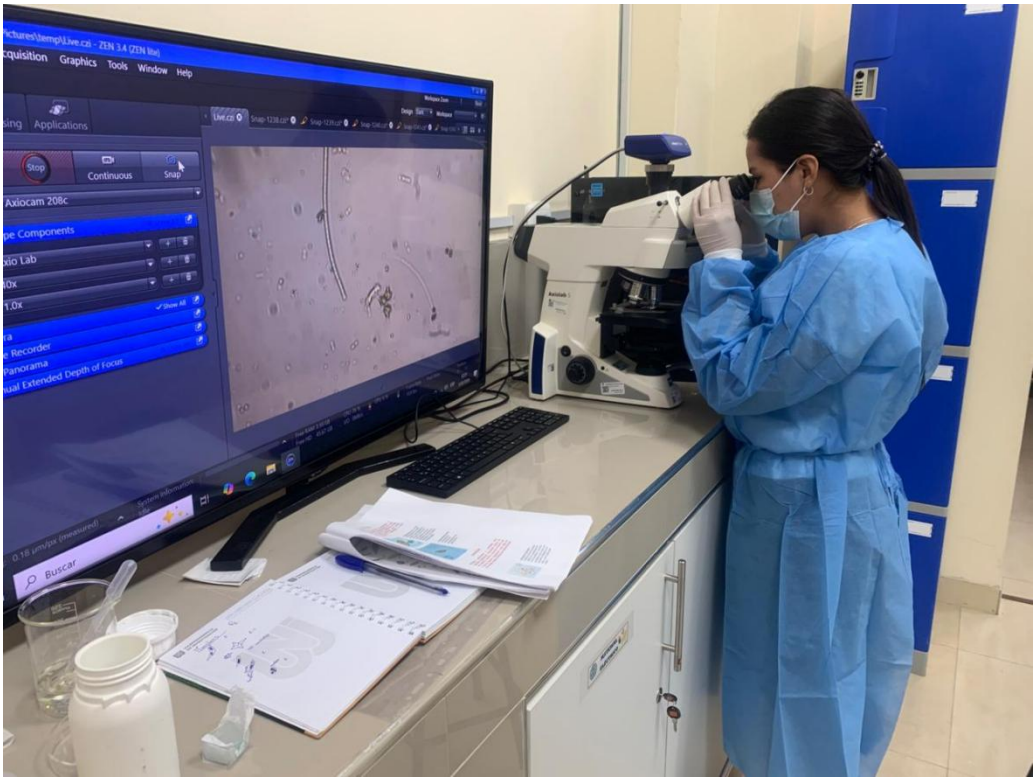


Figura 14.

Identificación de algas fitoplanctónicas



DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y fortaleza a lo largo de este camino, por brindarme sabiduría, paciencia y perseverancia para superar cada dificultad y permitirme alcanzar esta meta tan anhelada. Gracias por darme la fuerza necesaria para continuar en los momentos difíciles y por iluminar cada paso de mi vida.

A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios y sus enseñanzas, que han sido fundamentales para mi formación personal y profesional. Gracias por creer en mí, por impulsarme a seguir adelante y por enseñarme, con su ejemplo, el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la humildad.

A mi familia, por su cariño, apoyo y confianza, por acompañarme en cada etapa de este camino y compartir conmigo la alegría de alcanzar este logro.

Con todo mi amor y gratitud, les dedico este logro, que también es fruto de su apoyo y de la confianza que siempre depositaron en mí.

Angie Alexa Huaman Cruz

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, iluminar mi camino y brindarme la fortaleza necesaria para superar cada dificultad. Gracias por acompañarme en los momentos de incertidumbre, renovar mis esperanzas y permitirme culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios y sus enseñanzas, que han sido pilares fundamentales en mi formación. Gracias por creer en mí, por alentarme a perseguir mis sueños y por demostrarme, con su ejemplo, que la perseverancia y la humildad son esenciales para alcanzar nuestras metas. Este logro también les pertenece.

A mi familia, por su cariño, comprensión y apoyo constante, por estar presente en los momentos difíciles y compartir conmigo cada alegría a lo largo de este camino. Sus palabras de aliento y muestras de afecto fueron una motivación para seguir adelante.

Finalmente, me dedico este logro a mí misma, por la valentía de iniciar este camino, la constancia para continuar y la determinación para llegar hasta el final. Por cada obstáculo superado, por las lecciones aprendidas y por no renunciar a mis sueños. Esta tesis representa no solo la culminación de una etapa académica, sino también el reflejo de mi esfuerzo, crecimiento y compromiso con las metas que deseo alcanzar.

Milagros Emerita Garcia Guerrero

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Dios, por concedernos la fortaleza, sabiduría y perseverancia necesarias para culminar satisfactoriamente esta etapa de nuestra formación profesional.

A nuestro asesor, el Dr. José Luis Marcelo Peña, por su orientación, dedicación y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación. Agradecemos sus observaciones, recomendaciones y disposición para guiarnos en cada etapa del trabajo, contribuyendo significativamente a nuestra formación académica y a la mejora de la presente tesis.

A nuestras familias, por su amor, apoyo incondicional y confianza a lo largo de este proceso. Su comprensión y palabras de aliento fueron fundamentales para mantener la motivación y superar las dificultades hasta alcanzar esta meta.

Finalmente, expresamos nuestra gratitud a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo de esta investigación y a la culminación de esta importante etapa de nuestras vidas.

Angie Alexa Huaman Cruz y Milagros Emerita Garcia Guerrero