



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**“Elaboración de un catálogo a partir del estudio
ficoflorístico de la Cascada La Gloria, Atzalan, Cascada
Las Brisas y Cascada las Hamacas, Cuetzalan Puebla”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGO
PRESENTA
ETHIAN RIOS ROJAS
DIRECTORA DE TESIS:
BIOL. María de los Ángeles García Gómez



TLALNEPANTLA, EDO. DE MÉXICO, MAYO, 2022.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Contenido

Portada	1
Agradecimientos	4
Introducción	5
¿Qué es la ficología?	5
¿Qué son las algas?	5
¿Cuál es la importancia de las algas en su entorno?	6
Generadores de oxígeno.....	8
Usos de las algas	9
Alimenticia.....	9
Medicina.....	10
Biorremediación	10
Biocombustibles	10
Bioindicadores.....	11
Fenómenos naturales y daños ocasionados por la urbanización de las zonas	12
Componentes abióticos que alteran el ecosistema:.....	12
Urbanización de la zona	13
Justificación	13
Objetivo general.....	13
Objetivos particulares	13
Área de estudio.....	13
Materiales y método.....	16
Colecta de muestras	16
Preservación de las muestras	16
Parámetros Físicoquímicos del agua.....	17
Alcalinidad.....	17
Medios de cultivo	18
Observación de las muestras	19
Densidad.....	19
Abundancia relativa.....	19
Datos morfométricos	20
Determinación taxonómica.....	20
Captura fotográfica de microalgas.....	20

Edición de la imagen	20
Resultados.....	21
Catálogo taxonómico	21
Riqueza taxonómica, densidad y abundancia relativa por localidad	23
Parámetros fisicoquímicos	28
Cultivo de algas.....	29
Discusión	29
Conclusiones	38
Referencias	38
Anexo 1	48
Phylum Cyanobacteria.	48
Phylum Euglenozoa	56
Phylum Mizoza.....	58
Phylum Ochrophyta.....	59
Phylum Bacillariophyta	60
Phylum Chlorophyta	77

Agradecimientos

Agradezco a mi madre que siempre me ha apoyado, que me ha guiado a cada paso que cada que me iba a rendir me empujaba mentalmente para buscar soluciones a mis problemas.

Agradezco a mi hermano que siempre me dio la mano y me decía que un día yo sería un gran biólogo del cual se sentiría orgulloso al hablar.

Debo agradecer a mi padre que un día me dijo que mi carrera era de chiste y tuve que demostrar lo contrario.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme desarrollarme en el área de la biología para volverme un profesional, a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por darme los mejores profesores y el conocimiento para entender a los seres vivos y los procesos naturales, al Instituto de Biología por permitirme ocupar sus equipos y áreas para poder tomar las fotografías que se presentan en este trabajo.

Agradezco a Dios porque siempre ha puesto grandes obstáculos frente a mí, que me ha demostrado también que a veces los problemas tienen las soluciones más simples.

Agradezco a la profesora Ángeles que siempre ha creído en mis capacidades, que me enseñó que existe organismos más pequeños que hacen cosas grandes por el mundo, al profesor Francisco que ha sido un excelente guía, al profesor Osvaldo que me enseñó que hay momentos para divertirse con los amigos y hay momentos para trabajar, al Doctor José Luis que me instruyó para cuidar y cultivar microorganismos y al profesor Marco por sus consejos y atención al desarrollo de este proyecto.

Introducción

Las algas son un grupo heterogéneo de organismos que ejercen profundos efectos en el mundo actual y lo han estado haciendo durante mucho tiempo. Como resultado de las actividades fotosintéticas, las algas generan una gran fracción del oxígeno presente en la atmósfera terrestre y han transformado una enorme cantidad de carbono orgánico. El carbono orgánico que surge de las algas ha proporcionado alimento a otros organismos durante miles de millones de años (Graham *et al.* 2016).

El fitoplancton de aguas continentales está representado por 15 000 especies en el mundo. Para México en 2014 se registraron 1 025 especies, casi el 6.8% de las algas continentales a nivel mundial y el 33.8% de las algas continentales de México. Estuvo representado principalmente por las clases Bacillariophyceae, Cyanophyceae y Chlorophyceae (Oliva-Martínez, *et al.* 2014).

¿Qué es la ficología?

La ficología es una rama de la Biología que se encarga del estudio de las algas; se le considera algas a la mayor parte de los organismos autótrofos que requieren de un medio acuático para realizar actividades que les permitan vivir; no son plantas propiamente dichas; son protistas cuyos pigmentos son fotosintéticos. Por esta razón se les considera productores primarios de los ecosistemas acuáticos. Muchas especies son unicelulares y pluricelulares; algunas formando masas de algas que pueden llegar a alcanzar grandes tamaños “blooms” y una gran variedad de algas sifonales unicelulares que llegan a medir varios centímetros y a formar céspedes en su ambiente.

La ficología también incluye el estudio de organismos como cianobacterias que se encuentran en el reino Eubacteria.

¿Qué son las algas?

El grupo de las algas está conformado por una gran diversidad de organismos, desde los unicelulares hasta las algas marinas que pueden llegar a tener más 50 m de longitud. Según lo postulado por Whittaker y Margulis (1978).

Ruggiero *et al.* (2015) concluye que las algas se encuentran dentro de 4 reinos: Eubacteria, Protozoa, Plantae y Chromista; estos organismos cuentan con cualidades fotosintéticas

gracias a los cloroplastos que contienen dentro de su pared celular, también pueden presentar sustancias de reserva como azúcares y almidón y pueden presentar reproducción sexual y asexual.

Varían en tamaño, desde pequeñas células individuales hasta algunos organismos pluricelulares gigantes y que pertenecen a diversos linajes evolutivos. Como resultado, estas se definen en gran medida por sus rasgos ecológicos. Las algas son en su mayoría especies fotosintéticas que producen oxígeno y viven en hábitats acuáticos, además carecen de las características corporales y reproductivas de las plantas terrestres que representan adaptaciones a la vida terrestre. Este concepto de alga incluye tanto a los protistas fotosintéticos, que son eucariotas, como a las cianobacterias procariotas, también conocidas como algas verde-azules (Graham *et al.* 2016).

Varias características distintivas, incluido un núcleo encerrado por una envoltura con poros, caracterizan a los eucariotas, mientras que los procariotas carecen de esas características. Aunque ciertos procariotas no cianobacterianos son fotosintéticos (bacterias sulfuradas purpúreas, bacterias sulfuradas verdes y bacterias fotosintéticas anoxigénicas), esas especies no producen oxígeno, a diferencia de las cianobacterias, los protistas fotosintéticos y las plantas terrestres (Graham *et al.* 2016).

Estos organismos presentan 3 niveles de organización

- Protofitas: estas son algas unicelulares.
- Talofitas: algas pluricelulares que carecen de tejido verdadero; estas pueden ser filamentosas simples (resulta de la división sucesiva de las células en un plano de división) y ramificadas (el plano de división celular rota ligeramente formando hileras secundarias a partir de un eje principal, pero también pueden ser coloniales, cenobiales, cuerpos cenocíticos y pseudoparénquima).
- Parenquimatosas: comienzan a presentar una pared celular de dos o más células de espesor (tejidos verdaderos).

¿Cuál es la importancia de las algas en su entorno?

Para poder entender la importancia de las algas en su entorno primero debemos entender que es una cadena trófica; Gómez en 2015, menciona que los seres vivos necesitan energía no solo para mantener sus estructuras organizadas sino también para desplazarse,

relacionarse, reaccionar ante estímulos, etc. De esta manera, aparece una cuestión esencial, “conocer de dónde los seres vivos obtienen esa energía”.

En cada eslabón, se pierde un porcentaje de la energía potencial, esto es, de un 80 a un 90%, en forma de calor. Por consiguiente, el número de pasos o “eslabones” de una serie es limitado, siendo, por lo regular, de cuatro o cinco; Las cadenas no son series aisladas, sino que están conectadas entre sí. Este aspecto entrelazado se designa a menudo como el tejido de los alimentos. En las comunidades complejas naturales se dice de los organismos que obtienen su alimento de las plantas a través del mismo número de pasos que pertenecen al mismo nivel trófico (1er orden, 2do orden, 3er orden, etc.)(Odum, 1972).

La energía almacenada puede ser utilizada por los seres vivos gracias a la respiración celular, proceso que se lleva a cabo dentro de las células y que consiste en la oxidación de las moléculas orgánicas y la obtención de energía. En la naturaleza, las relaciones tróficas no existen como cadenas tróficas simples y lineales, sino que en un mismo ecosistema existen numerosas cadenas tróficas combinadas en una red trófica. Es decir, que un mismo organismo puede ser fuente de energía de más de un organismo (puede ser alimento de más de un tipo de consumidores). Normalmente, los ecosistemas presentan relaciones complejas entre los diferentes organismos que las componen y que, por tanto, el nivel de complejidad será mayor conforme aumente la biodiversidad en ese ecosistema; Una correcta construcción de cadena trófica conlleva la comprensión de la transferencia de energía y de la relación existente entre los individuos que la conforman (Gómez, 2015).

Las algas tienen una importancia fundamental en la cadena trófica ya que son considerados productores primarios; de estas se alimentan muchas especies acuáticas como el zooplancton que posteriormente es consumido por peces; esto produce una bioacumulación (cadena alimenticia) de materia generando que los otros organismos crezcan y así puedan ser aprovechables por el hombre.

Las redes tróficas o cadenas alimenticias son un mecanismo por el cual los organismos transfieren materia y energía a otros niveles más altos de la cadena alimenticia (eslabones). En este caso este proceso ocurre cuando un consumidor de primer orden se alimenta de un organismo productor como las algas; posteriormente este otro organismo será el alimento de un consumidor de segundo orden o de tercer orden; si alguno de estos

organismos llega a morir, su materia entra en un proceso de descomposición donde actuaran los organismos descomponedores; haciendo así que la materia se reintegre a la tierra o agua para que vuelva a ser aprovechada por los productores primarios. Este proceso sucede entre las distintas especies de seres vivos que componen una comunidad biológica o ecosistema (Ochoa, *com. pers.* 10 de enero de 2020).

Generadores de oxígeno

Las microalgas han despertado un enorme interés debido a que son microorganismos fotosintéticos que se caracterizan por su rápido crecimiento, las células se duplican en un periodo de uno a 10 días (Santos-Montes, *et al.* 2014). Son capaces de generar biomasa a partir de CO₂ y luz, usando al agua como dador de electrones, oxidándola a O₂ (Fernández, 2014).

Al presentar este nivel reproductivo y crecimiento originan un proceso de eutrofización del medio (ríos, lagos, lagunas etc.) lo cual genera una alta concentración de materia orgánica, y a su vez se da un aumento en la cantidad de fosfatos y nitratos presentes (iAgua y Sewervac Ibérica, 2018). Esto genera un gasto químico de oxígeno en el medio, también los niveles de oxígeno descienden ya que los organismos lo ocupan para realizar su respiración generando un gasto biológico impidiendo que otros organismos puedan tomarlo del medio para desarrollarse.

La fotosíntesis es un proceso fisicoquímico por el cual plantas, algas, bacterias fotosintéticas y algunas diatomeas utilizan la energía de la luz solar para sintetizar compuestos orgánicos. Todos los organismos con capacidad fotosintética contienen uno o más pigmentos capaces de absorber radiación visible que desencadena las reacciones fotoquímicas de la fotosíntesis. Parte de la energía luminosa absorbida por clorofilas y carotenoides se almacena al final del proceso fotosintético como energía química. La mayoría de los pigmentos actúan como una antena (en un complejo antena) captando la luz y transfiriendo la energía (proceso físico) al centro de reacción al que están asociados y donde se transfieren electrones desde la clorofila a una molécula aceptora de electrones (proceso químico, fig.1) (Pérez-Urría, 2009).

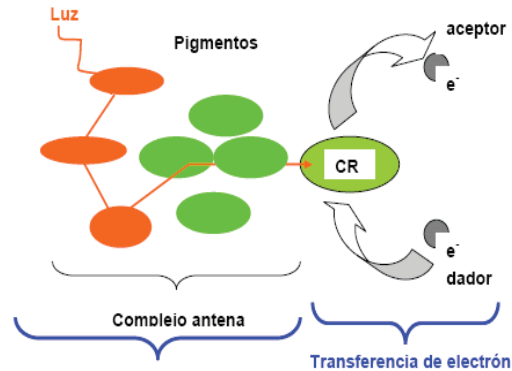


Figura 1.- Estructura y funcionamiento de los pigmentos. (Perez-Urria, 2009)

Usos de las algas

Alimenticia

Las algas se han utilizado como alimento humano desde la antigüedad, especialmente en China, la península de Corea y Japón. Al emigrar a otras regiones, los naturales de esos países han llevado este uso de las algas a sus nuevos países, por lo que pueden encontrarse productos a base de algas saladas, desecadas y frescas en casi todas las partes del mundo. Esta es la base comercial de la industria alimentaria de las algas marinas (McHugh, 2002).

Las tres algas marinas más importantes utilizadas como alimento humano son *Porphyra* (cuyo nombre vulgar en el Japón es nori), *Laminaria* (kombu) y *Undaria* (wakame). En los últimos años *Porphyra* ha figurado en las estadísticas japonesas sobre pesca como la tercera captura en orden de importancia, estas tres algas se obtenían de especies silvestres, pero en la actualidad sólo es posible cubrir la demanda utilizando métodos de cultivo a gran escala. *Porphyra* está clasificada como un alga roja, mientras que *Laminaria* y *Undaria* son algas pardas (McHugh, 2002).

Las algas, especialmente las microalgas, han sido usadas como alimentos desde tiempos antiguos y todavía en la actualidad juegan un papel prominente en las tradiciones culinarias de muchos países, especialmente de Asia (Borowitzka *et al.*, 2009). Por ejemplo, *Limnospira máxima*, conocida comúnmente como espirulina, se cultivaba desde 1960s en México. En los 70s se reactivó el cultivo de la espirulina en el sistema Caracol del Lago de Texcoco en el estado de México (Quintero *et al.*, 2016). *L. maxima* es una de las 50

especies de microalgas que actualmente se explotan en el mundo por sus propiedades nutritivas y farmacológicas que mejoran la calidad de vida humana y animal (Habib *et al.*, 2008).

Medicina

Los estudios de productos biomédicos naturales se han concentrado únicamente en las Cyanophyta (algas verde-azules) y Pyrrophyta (dinoflagelados); pero, la mayoría de los metabolitos se han aislado de cianobacterias. Las cianobacterias se han considerado como una fuente de metabolitos secundarios con aplicaciones potenciales biotecnológicas en el campo farmacológico. Últimamente, ha aumentado el interés sobre la producción de compuestos bioactivos con aplicaciones médicas. De hecho, junto con la producción de potentes toxinas, las cianobacterias producen muchas sustancias que son interesantes en términos de sus actividades antifúngicas, antibióticas y anticancerígenas (Vijayakumar & Menakha, 2015).

Un ejemplo de esto es la actividad antibacteriana sobre *Staphylococcus aureus* del extracto hexánico de *Sargassum sp.* en comparación con los extractos etanólicos de *Acanthophora sp.*, y *Caulerpa spp.* (Ríos *et al.*, 2009).

Biorremediación

Los posibles usos de las microalgas son como fuentes de energía, pero también forman parte de procesos, como la biomitigación del CO₂ y el tratamiento de aguas residuales, y su utilización en la obtención de productos de alto valor añadido con aplicaciones en la alimentación humana, animal y cosmética (Santos-Montes *et al.*, 2014).

Uno de estos métodos son los biorreactores y estanques a cielo abierto en los cuales se producen colonias de microalgas que sean efectivas en la captura de CO₂ atmosférico.

Biocombustibles

El uso extensivo de combustibles fósiles ha provocado contaminación, cambio climático global y efectos perjudiciales en muchos organismos. Una solución a este problema es explorar la utilización de cianobacterias para fabricar biocombustibles. Las cianobacterias son procariontes fotosintéticos presentes en una amplia variedad de ecosistemas. Tienen morfologías que van desde unicelulares a filamentosas, y utilizan el mismo tipo de fotosíntesis que las plantas superiores. Las cianobacterias han atraído una atención significativa por parte de los microbiólogos industriales debido a su potencial para ser

modificadas genéticamente para producir sustancias químicas de alto valor y biocombustibles de próxima generación a partir de CO₂ y energía solar.

Las microalgas oleaginosas dinofíceas y clorofíceas son consideradas como fuente de biocombustibles y contribuyen en el ambiente de manera importante para la fijación de CO₂. Pueden ser utilizadas para producir una amplia gama de combustibles como bioetanol, biodiesel y biometano, debido a que almacenan la energía química en forma de aceites como lípidos o triglicéridos; posteriormente su biomasa sería transformada en biodiesel (Medina *et al.* 2012).

Las cepas de cianobacterias utilizadas en el estudio de Tylor *et al.* (2016) tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en células especializadas denominadas heterocistos a lo largo del filamento. Por lo tanto, estas cepas tienen una ventaja en la producción de biocombustibles, ya que el suministro de nitrógeno es un costo importante en las estrategias de biocombustibles a gran escala.

Bioindicadores

Sládecek (1961) emplea el término de sistema de los saprobios, incluyendo en él tanto los factores bióticos como los abióticos. Es decir, una comunidad de organismos saprobios es en realidad el resultado de muchos y parciales efectos; por un lado, los factores biológicos y por otro los abióticos (Gracia e Igual, 1987).

Sládecek (1973) dice que para determinar que un organismo es bioindicador de su área se deben evidenciar las variables que influyen en la expresión diferencial de las asociaciones algales; se deben realizar pruebas estadísticas que permitan evaluar las variables físicas y químicas que intervienen en la expresión de la especie, o bien, las especies que sobresalen del resto por una supuesta variable conocida.

La sensibilidad de los organismos bioindicadores a los cambios ambientales hace que sean útiles y puedan ser utilizados por el humano para realizar un análisis de los ecosistemas donde se encuentran. Las especies indicadoras son aquellos organismos que ayudan a identificar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de nicho y de relaciones con otras especies (Puig, 2009).

Los elementos necesarios para un buen desarrollo de las microalgas son: agua, carbono, oxígeno, nitrógeno y fósforo, adicionalmente existe una gran cantidad de nutrientes que pueden ser necesarios dependiendo de la especie según la cantidad en la que se necesiten, se suelen clasificar como macronutrientes o micronutrientes; por ejemplo los macronutrientes como: el cloruro de sodio y magnesio, sulfatos y sales de calcio; y los micronutrientes: son elementos que actúan como cofactores de enzimas y aparecen en mínimas cantidades, a veces de microgramos por litro. Si se encuentran en exceso pueden actuar como un veneno, como es el caso del cobre, que es considerado como un alguicida (Fernández, 2014).

Fenómenos naturales y daños ocasionados por la urbanización de las zonas

Según Carrillo-Hidalgo y Guadalupe-Gómez (2001), los sismos, el vulcanismo, el deslizamiento de rocas y tierra, los hundimientos y sumideros, alud, aluviones, avenidas, erosión de riberas, desbordes e inundaciones son los principales tipos de desastres naturales que afectan el medio ambiente.

La importancia de conocer estos factores es poder identificar cuáles podrían ser los problemas a futuro para estas áreas, ya sea por la pérdida de hectáreas de bosques o de suelos, por la entrada de contaminantes (Orgánicos, plásticos, químicos, etc.).

Componentes abióticos que alteran el ecosistema:

Según Villalobos en 2006, los ecosistemas constan de diversos componentes no vivos (abióticos) de un ecosistema, estos incluyen varios factores físicos y químicos los cuales son: Luz solar., temperatura media y oscilación de la temperatura, precipitación media y su distribución a través del año, viento, latitud, altitud, naturaleza del suelo (para ecosistemas terrestres), corrientes de agua (en los sistemas acuáticos), cantidad de material sólido suspendido (para los ecosistemas acuáticos).

Los factores químicos que tienen el mayor efecto sobre los ecosistemas son: nivel de agua y aire en el suelo, nivel de nutrientes vegetales disueltos en la humedad del suelo en los ecosistemas terrestres y en el agua; En los ecosistemas acuáticos, nivel de sustancias tóxicas naturales o artificiales disueltas en la humedad del suelo en los ecosistemas acuáticos, nivel de salinidad del agua, nivel de oxígeno disuelto en los ecosistemas acuáticos (Villalobos, 2006).

Urbanización de la zona

Al volverse “Pueblos Mágicos” estas zonas atraen al turismo haciendo que se abran nuevos caminos a áreas no exploradas que son más llamativas o vistosas; esto conlleva a que estas nuevas áreas entren en procesos de erosión. Por otra parte, están los contaminantes de cuerpos de agua; estos afectan directamente a las corrientes ya que las descargas de aguas residuales conectan directamente a estos (contiene un alto contenido de fosfatos, nitratos y materia orgánica).

Justificación

Al aparecer existe poca información ficológica de las cascadas del estado de Puebla por lo que se encontró necesario realizar un proyecto en el cual se pudieran registrar los parámetros fisicoquímicos del área de estudio y realizar un catálogo ficológico con un análisis poblacional de los organismos algales presentes con fotografías que permitan a las personas interesadas en el tema identificar con facilidad a estos organismos, teniendo como herramienta taxonómica una breve descripción de estos.

Objetivo general

Elaborar un catálogo para reconocer la diversidad de especies algales a partir del estudio ficoflorístico de las cascadas La Gloria (Atzalan), Las Brisas y Las Hamacas, (Cuetzalan) Puebla.

Objetivos particulares

- Obtener datos fisicoquímicos de las áreas de estudio
- Determinar la riqueza específica de los grupos algales.
- Evaluar la abundancia relativa de cada una de las especies.
- Obtener imágenes de los organismos.
- Realizar descripción de los organismos.

Área de estudio

La cascada La Gloria se localiza en la Sierra Norte de Puebla, en la carretera Puebla-Cuetzalan, en el paraje denominado Apulco que se encuentra a diez minutos de

Zacapoaxtla. Entre los paralelos $18^{\circ} 31'$ y $18^{\circ} 34'$ de latitud norte; los meridianos $98^{\circ} 31'$ y $98^{\circ} 34'$ de longitud oeste; altitud entre 1 100 y 1 400 m. Podemos encontrar el pueblo de Atzalan Xochiapulco en el estado de Puebla con un rango de temperatura de $24 - 26^{\circ}\text{C}$; un rango de precipitación de 800 – 1 000 mm y un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (100%) (INEGI, 2009_a) (Figura 2).

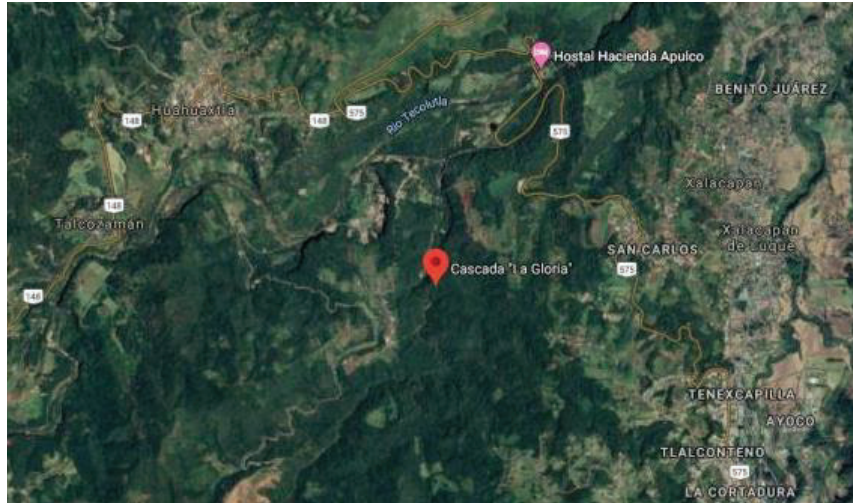


Figura 2.- Vista satelital mostrando la orografía de la zona de estudio Cascada La Gloria.

La cascada Las Brisas es un parque ecológico, esta tiene una caída de 17 metros de altura, además de un pequeño estanque natural. Las Brisas se localiza a una distancia aproximada de 3.5 kilómetros de la ciudad de Cuetzalan. Entre los paralelos $19^{\circ} 57'$ y $20^{\circ} 06'$ de latitud norte; los meridianos $97^{\circ} 23'$ y $97^{\circ} 35'$ de longitud oeste; altitud entre 180 y 1600 m. Pertenece el municipio de Cuetzalan en el estado de Puebla con un rango de temperatura de $18 - 26^{\circ}\text{C}$; un rango de precipitación de 1 900 – 4 100 mm y un clima cálido-húmedo con lluvias todo el año (99%) (INEGI, 2009_b). (Figura 3).

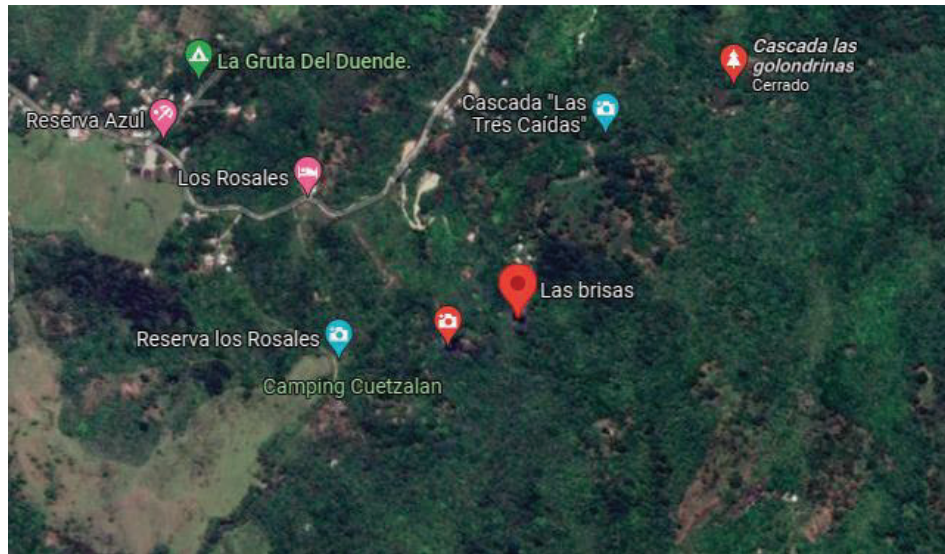


Figura 3.- Vista satelital mostrando la orografía de la zona de estudio Cascada Las Brisas.

La Cascada las Hamacas se localiza en la comunidad de Las Hamacas, Zacatipan, Cuetzalan, Puebla a 14 km del centro de Cuetzalan con un rango de temperatura de 24 – 26°C; un rango de precipitación de 800 – 1 000 mm y un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (100%) (INEGI, 2009_b) (Figura 4).



Figura 4.- Vista satelital mostrando la orografía de la zona de estudio Cascada Las Hamacas.

Materiales y método

Colecta de muestras

Las muestras fueron proporcionadas por el laboratorio de protistas y hongos de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala para su análisis; estas se colectaron por los grupos de la carrera de biología en las prácticas de campo previas (octubre de 2018) y una reciente (noviembre de 2019); también se realizó una salida a campo adicional para obtener una mayor concentración de organismos para la obtención de datos.

Para la obtención de muestras se emplearon 3 técnicas: A) tomas de muestras directas con un tamizador; para la obtención de flóculos de cianobacterias. B) Para la obtención de algas bentónicas se realizó un raspado de las rocas donde se encontraban adheridas. C) Para obtener el fitoplancton de río (potamoplancton) se filtró el agua con una red de 21 μm de abertura de malla hasta que la red se saturara de un color verde, posteriormente se depositó en frascos de plástico de cierre hermético, debidamente rotulados con nombre de colector, litros filtrados, lugar y fecha de colecta.

Preservación de las muestras

1. Se colocaron las muestras en frascos con agua de la zona de recolección, a modo que fuera suficiente para cubrir toda la muestra, y se fijaron con formol para quedar a una concentración final del 4%, de esta forma se evitó su descomposición y se preservaron las características morfológicas importantes para la identificación (Megías *et al.* 2018).
2. En algunos casos las muestras de fitoplancton se preservaron con solución Transeau la cual se elaboró de la siguiente forma: 6 partes de agua: 3 partes de alcohol al 70% y 1 parte de formol concentrado (Bicudo, 1990).
3. Para una fijación más fina se utilizó glutaraldehído al 1%. Ya que este tiene poca velocidad de permeación (penetración del fluido) esto permite que el fijador entre sin que la célula comience con la MCP (muerte celular programada) y se pudieran conservar de mejor forma sus organelos.

Parámetros Fisicoquímicos del agua

Oxígeno disuelto

Se utilizó el método de Winkler para determinar la concentración de oxígeno disuelto de las muestras tomadas en el sitio la cual se realizó de la siguiente manera: Las muestras (300,260, 125 ml) se sifonearon dentro de la botella de tapón esmerilado, dejando escurrir un volumen igual al de la botella con el fin de evitar errores en la determinación, al entrar la muestra en contacto con el aire. Se agregó un mililitro de la solución de sulfato manganoso goteando por el cuello de la botella y 1 ml de la solución de yoduro alcalino en la superficie. Se inclinó la botella, colocando el tapón cuidadosamente, evitando la inclusión de burbujas de aire y se agitó fuertemente durante 10 segundos; se dejó reposar. Cuando el precipitado se sedimentó, se agitó fuertemente hasta que el sobrenadante quedó claro. Se añadieron 2 ml de la solución H₂SO₄ concentrado, se tapó nuevamente y agitó por rotación. Normalmente el precipitado se disuelve, pero si no fue así se dejó reposar por unos minutos y volvió a agitar, se mezcló el contenido de la botella inmediatamente antes de medir.

Nota: El procedimiento completo debe hacerse evitando la luz directa del sol.

Titulación de la muestra: Se colocó una alícuota conveniente en un matraz Erlenmeyer y tituló inmediatamente con la solución de tiosulfato de sodio 0.025 N, usando como indicador la solución de almidón. El viraje fue de azul a transparente (Franco-López *et al.*, 1985).

Alcalinidad

En un matraz se colocó 100 ml de la muestra, cuidando de no agitarla. Se agregaron 4 gotas de la solución indicador de fenolftaleína y agitó suavemente para homogeneizar. Se tituló con solución de ácido sulfúrico 0.02 N hasta que el color rosa desapareció. Se agregó 3 o 4 gotas de solución indicadora de naranja de metilo; se continuó la titulación hasta que desarrolló un color ligeramente rosado (Franco-López *et al.*, 1985).

Calculo con la siguiente fórmula:

$$\text{CaCO}_3/\text{L}=10xV$$

Donde 10xV es el volumen en ml del ácido gastado.

Dureza

Se tomaron 50 ml de la muestra o una alícuota, para gastar menos de 15 ml de la solución de EDTA (0.1 M) en la titulación, y se agregó 1 ml de la solución amortiguadora. Se adicionó una o dos gotas de la solución de eriocromo negro T o una cantidad apropiada de la fórmula en polvo (0.1- 0.2 g) (Franco-López *et al.*, 1985).

Se tituló con la solución EDTA; el viraje fue de rojizo a azul.

$$\text{Dureza total mg CaCO}_3 \text{ L} = (\text{VEDTA})(\text{MEDTAVMUESTRA})(100) 091$$

La dureza del agua mide la concentración de minerales disueltos, en particular sales de calcio y de magnesio (aunque otros como el hierro, el estroncio y el manganeso también influyen en su endurecimiento, en menor medida) (iAgua, 2013).

Temperatura

La temperatura del agua se midió con termómetro de mercurio esperando aproximadamente 15 segundos hasta ver un cambio en la medición del mercurio interno. Cuando el mercurio en el interior del termómetro recibe calor, éste experimenta una dilatación que hace que recorra el tubo del termómetro en el que está contenido. Así, cuando el mercurio atraviesa la escala numérica, podemos medir la temperatura, ya sea la del organismo o de cualquier otra cosa que estemos midiendo (Reis, 2019).

pH

El pH se midió con tiras reactivas de la marca CIVEQ. La tira de papel indicadora se sumergió en la muestra de agua para su examinación. Después 10 o 15 segundos se comparó el color que obtuvo con la de la escala de colores que mide el pH (QuimiNet, 2011).

Medios de cultivo

Algunos organismos se sembraron en medio sólidos utilizando cajas Petri con agar con BG-11. Para los cultivos en líquido se utilizaron medio TAP y medio Bold y posteriormente los cultivos líquidos se colocaron en burbujeo con la ayuda de una bomba de aire, los cultivos sólidos y líquidos se colocaron en un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad, usando temporizadores.

Observación de las muestras

Para la observación en microscopio óptico a 4x, 10x, 40x y 100x se mezcló homogéneamente la muestra, realizando una agitación en zigzag con la pipeta para asegurarse que todos los organismos en la muestra tendrían la misma probabilidad de ser tomados en la alícuota a observar. Observación a campo claro: En este sistema la luz pasa a través o es reflejada por la muestra, sin ninguna alteración, más allá de la que provoca la propia muestra. (Figura 5).

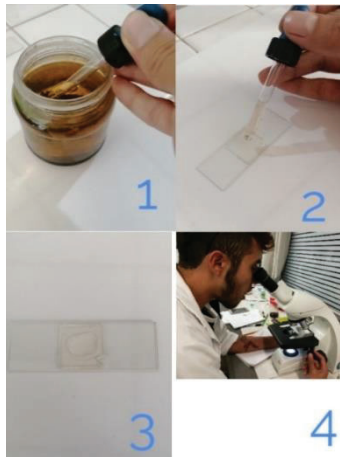


Figura 5. Proceso para la toma homogénea de una gota de muestra para su observación en microscopio óptico.

Densidad

Se realizó colocando una gota de agua en un portaobjetos y contando la cantidad de organismos presentes y esto se repitió hasta completar 1 ml de muestra (Técnica de conteo por goteo hasta el mililitro; entre 31 y 33 gotas dependiendo la calibración de la pipeta utilizada).

Abundancia relativa

Se refiere a un porcentaje de individuos de cada especie en relación al total que conforman la comunidad o subcomunidad, se midió como el número de individuos encontrados por especie.

Datos morfométricos

Para realizar la medición de los organismos se utilizó el Software Zen (Zeiss) con una cámara de 16 megapíxeles; estas a su vez estuvieron conectadas a una computadora vía USB en la cual gracias a la ayuda de los programas antes mencionado se pudo determinar con una mejor exactitud el tamaño y talla de cada organismo.

Determinación taxonómica

La determinación se realizó con las siguientes claves generales y especializadas para cada grupo de organismos: Prescott (1982); Tiffany y Britton (1952); John *et al.*, (2002); Wehr y Sheath (2015); Dillard (2000) y Ojeda (2011); La nomenclatura se actualizó con las bases de datos globales en línea ITIS y Algaebase (Guiry y Guiry, 2021); y para determinar el índice de saprobiedad de los organismos se utilizó la obra de Sládeček (1981).

Captura fotográfica de microalgas

Se utilizó una cámara de celular con 16 megapíxeles para obtener una mejor calidad de imagen; esto se hizo colocando el celular en un soporte especial que permitió fijarlo a un ocular del microscopio y poder tomar la fotografía.

Algunas de las imágenes presentadas en este catálogo son bocetos realizados en el momento de las observaciones de los organismos originales y se tomó la decisión incluirlos en el catálogo ya que las fotografías no tenían la suficiente definición para mostrar lo que se observaba en el microscopio.

Edición de la imagen

Se utilizó el programa Adobe Photoshop® para eliminar basura, sombras y fondo de la imagen para resaltar al organismo en la fotografía sin modificar la apariencia del alga.

Resultados

Catálogo taxonómico

La riqueza taxonómica y la frecuencia de aparición de las 3 cascadas se presentan en el cuadro 1. Se encontraron 52 especies distribuidas en las cascadas de las cuales 8 pertenecen a Cyanobacteria, 2 a Euglenozoa, 1 a Miozoa y Ochrophyta, 17 a Bacillariophyta, 9 a Chlorophyta y 14 a Charophyta; siendo Bacillariophyta el phylum más abundante dentro de este estudio.

El catálogo presentado en el anexo de este documento integra el Phylum, especie, autoría, sinonimia, descripción del organismo, imágenes del organismo, bibliografía utilizada para la identificación (marcada con un asterisco) y la diagnosis. Se incluyeron otros autores con claves de identificación.

Cuadro 1.- Frecuencia y riqueza taxonómica encontrada en las 3 cascadas muestreadas.

Phylum	Orden	Especie	La Gloria	Las Brisas	Las Hamacas	
Cyanobacteria	Nostocales	<i>Nostoc commune</i>		X	X	
		<i>Raphidiopsis curvata</i>	X			
	Oscillatoriales	<i>Lyngbya martensiana</i>		X	X	
		<i>Oscillatoria sancta</i>		X		
		<i>Tenebriella curviceps</i>	X		X	
	Stigonematales	<i>Scytonema tolypothrichoides</i>		X		
	Synechococcales	<i>Merismopedia convoluta</i>	X			
		<i>Merismopedia glauca</i>	X			
Euglenozoa	Euglenida	<i>Euglena gracilis</i>	X			
		<i>Trachelomonas hispida</i>	X	X		
Miozoa	Thoracosphaerales	<i>Peridinium lomnickii</i>		X	X	
Ochrophyta	Synurales	<i>Synura uvella</i>		X		
Bacillariophyta	Aulacoseirales	<i>Aulacoseira granulata</i>			X	
	Cymbellales	<i>Cymbella affinis</i>		X		
		<i>Cymbella mexicana</i>	X	X	X	
		<i>Cymbella tumida</i>	X	X		
			<i>Gomphonema acuminatum</i>	X		
			<i>Gomphonema pumilum</i>	X		
	Fragilariales	<i>Fragilaria capucina</i>			X	
		<i>Ulnaria ulna</i>			X	X
		Melosirales	<i>Melosira varians</i>	X	X	X
	Naviculales	<i>Frustulia rhomboides</i>			X	X
		<i>Navicula sp.</i>				X
		<i>Pinnularia socialis</i>	X			

	Rhopalodiales	<u>Rhopalodia gibba</u>	x		
	Surirellales	<u>Campylodiscus noricus</u>	x		
		<u>Iconella hibernica</u>			x
		<u>Surirella sp.</u>	x	x	
	Tabellariales	<u>Meridion circulare</u>		x	
Chlorophyta	Chlorellales	<u>Chlorella vulgaris</u>			x
	Coleochaetales	<u>Rhizoclonium hieroglyphicum</u>			x
	Sphaeropleales	<u>Ankistrodesmus falcatus</u>	x		
		<u>Characium strictum</u>	x		
		<u>Desmodesmus communis</u>	x		x
		<u>Golenkinia paucispina</u>			x
		<u>Hydrodictyon reticulatum</u>	x		
		<u>Pediastrum duplex</u>	x	x	
		<u>Pseudopediastrum boryanum</u>	x	x	
Charophyta	Desmidiales	<u>Closterium incurvum</u>	x	x	
		<u>Closterium kuetzingii</u>	x		
		<u>Closterium moniliferum</u>	x	x	
		<u>Closterium turgidum</u>	x		
		<u>Cosmarium fontigenum</u>		x	
		<u>Cosmarium subprotumidum</u>	x		x
		<u>Desmidium swartzii</u>	x		
		<u>Euastrum spinulosum</u>	x		
	Zygnematales	<u>Mougeotia quadrangulata</u>	x	x	
		<u>Mougeotia viridis</u>	x		
		<u>Netrium digitus</u>	x	x	
		<u>Pleurotaenium trabecula</u>	x		
		<u>Spirogyra sp.</u>	x	x	
		<u>Zygnema sp.</u>	x		

La cascada La Gloria presentó la mayor riqueza taxonómica con 34 especies, le sigue la cascada Las Brisas con un total de 24 especies y al final la cascada Las Hamacas que presento 16 especies (Cuadro 1)

Riqueza taxonómica, densidad y abundancia relativa por localidad

La riqueza taxonómica de la Cascada la Brisas se presenta en el Cuadro 2. En la muestra analizada se pudieron encontrar un total de 4 phyla, 5 clases, 8 órdenes, 8 familias y 11 géneros (Cuadro 2). El taxa dominante fueron las Bacillariophyta con 6 géneros mientras que la de menor riqueza fue Ochrophyta con solo 1 género.

Cuadro 2.- Riqueza específica encontrada en la Cascada las Brisas.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i>
				<i>Lyngbya</i>
Charophyta	Zygnematophyceae	Zygnematales	Mesotaeniaceae	<i>Netrium</i>
		Desmidiales	Closteriaceae	<i>Closterium</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>
				<i>Meridion</i>
				<i>Synedra</i>
	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>	
	Coccosinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>
Ochrophyta	Synurophyceae	Synurales	Synuraceae	<i>Synura</i>

La abundancia de organismos de la Cascada la Brisas se presenta en el Cuadro 3. Se encontró que el organismo con mayor número de individuos fue *Meridion circulare* mientras que el alga con menor número de individuos fue *Closterium moniliferum*.

Cuadro 3.- Abundancia de organismos algales, de mayor a menor, en Cascada las Brisas.

Especie	Núm. Células / 1ml
<i>Meridion circulare</i>	125
<i>Melosira varians</i>	50
<i>Surirella didyma</i>	27
<i>Cymbella affinis</i>	25
<i>Fragilaria capucina</i>	23
<i>Synedra ulna</i>	20
<i>Netrium digitus</i>	11
<i>Lyngbya martesiana</i>	10
<i>Synura uvella</i>	10
<i>Phormidium sp.</i>	9
<i>Closterium moniliferus</i>	7

Para la Cascada las Brisas la abundancia relativa se presenta en la Figura 6. Podemos observar, que, el organismo con mayor abundancia relativa fue *M. circulare* con un total

de 39% de la población; la siguiente más abundante fue *M. varians* con un total de 16% (figura 6).

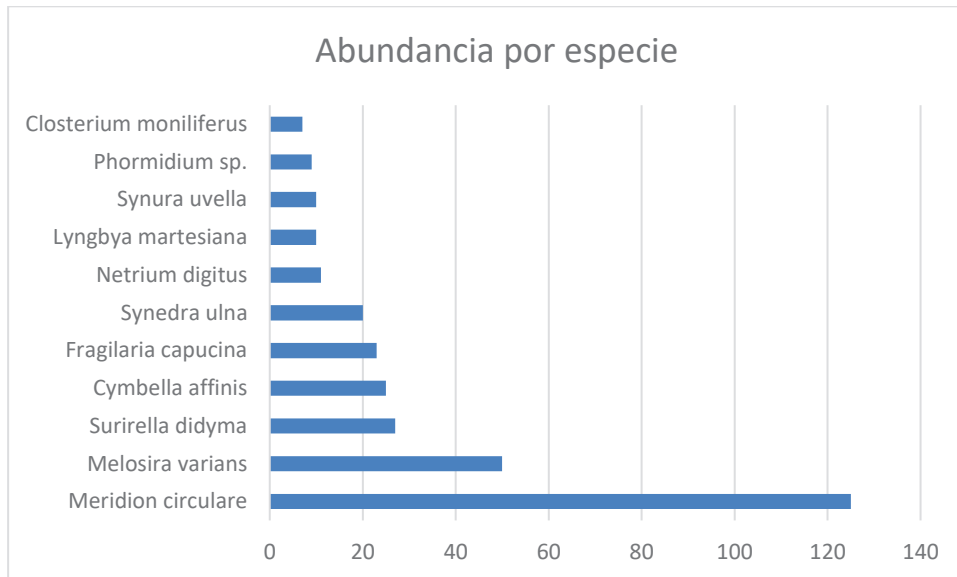


Figura 6.- Abundancia de organismos presentes en Cascada las Brisas.

La riqueza específica de la Cascada la Gloria se presenta en el Cuadro 4. En la muestra analizada, se pudo obtener un total de 6 phyla 7 clases, 13 órdenes, 18 familias y 20 géneros (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Riqueza específica de organismos encontrados para la Cascada La Gloria.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>
				<i>Phormidium</i>
		Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	<i>Pediastrum</i>
			Scenedesmaceae	<i>Desmodesmus</i>
			Selenastraceae	<i>Ankistrodesmus</i>
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	<i>Closterium</i>
			Desmidiaceae	<i>Pleurotaenium</i>
				<i>Desmidium</i>
		Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i>
			Mesotaeniaceae	<i>Netrium</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>
			Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>
		Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>
		Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>
		Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>
	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i>
Rhodophyta	Stylonematophyceae	Stylonematales	Stylonemataceae	<i>Scytonema</i>

La Abundancia de organismos para la Cascada La Gloria se presenta en el Cuadro 5. En esta muestra pudimos encontrar que los organismos con mayor abundancia fueron *M. viridis* y *E. gracilis*; de igual forma los organismos con menor cantidad de estos fueron *P. duplex*, *A. falcatus*, *M. convoluta* y *C. ornatum* (1 organismo/ml).

Cuadro 5.- Abundancia de organismos, de mayor a menor, en Cascada La Gloria

Especie	Núm. Células / 1 ml
<i>Mougeotia viridis</i>	259
<i>Euglena gracilis</i>	214
<i>Desmodesmus communis</i>	72
<i>Netrium digitus</i>	50
<i>Pleurotaenium trabecula</i>	46
<i>Closterium moniliferus</i>	42
<i>Closterium kuetzingii</i>	23
<i>Oscillatoria sancta</i>	22
<i>Pinnularia socialis</i>	18
<i>Desmidium scwartzii</i>	14
<i>Lyngbya martensiana</i>	12
<i>Cymbella tumida</i>	12
<i>Gomphonema truncatum</i>	10
<i>Melosira variasn</i>	8
<i>Surirella dydima</i>	5
<i>Fragilaria capucina</i>	5
<i>Closterium turgidus</i>	5
<i>Surirella robusta</i>	4
<i>Rhopalodia gibba</i>	2
<i>Pediastrum duplex</i>	1
<i>Scytonema tolypothrichoides</i>	1
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	1
<i>Merismopedia convoluta</i>	1

La abundancia relativa para la Cascada La Gloria se presenta en la Figura 7. Para esta muestra los organismos con mayor abundancia relativa de individuos fueron *Mougeotia viridis* con (31.32%) y *Euglena gracilis* con (25.88%); y los organismos con menor porcentaje fueron *P. duplex*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Merismopedia convoluta* y *Chroodactylon ornatum* con un 0.12 %.



Figura 7.-Abundancia relativa de organismos presentes en Cascada La Gloria.

La riqueza específica para la Cascada la Hamacas se presenta en el Cuadro 6. En la muestra analizada se pudieron encontrar un total de 3 phyla, 6 clases, 10 órdenes, 11 familias y 13 géneros, obteniendo que la división dominante fue la de Bacillariophyta con 5 géneros (Cuadro 6).

Cuadro 6.- Riqueza específica de organismos encontrados para la Cascada las Hamacas.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>
	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i>
		Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Desmodesmus</i>
			Neochloridaceae	<i>Golenkinia</i>
	Ulvophyceae	Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Rhizoclonium</i>
	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Chlorella</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>
				<i>Lyngbya</i>
				<i>Phormidium</i>
			Nostocales	Nostocaceae

La abundancia de organismos para la Cascada la Hamacas se presenta en el Cuadro 7. En la muestra pudimos hallar que los organismos con mayor abundancia fueron *Nostoc commune*, *Chlorella vulgaris* y *Rhizoclonium sp*; de igual forma los organismos con menor cantidad fueron *Melosira varians*, *Lyngbya martensiana*; aunque estos forman colonias, no

presentan un mucílago que los mantiene unidos para formar grandes masas. Por último, encontramos a *Golenkinia paucispina* de los cuales solo se encontró un organismo por ml de muestra (Cuadro 7).

Cuadro 7.- Abundancia de organismos, de mayor a menor, en Cascada Las Hamacas

Especie	Núm. células/ ml
<i>Nostoc commune</i>	300
<i>Chlorella vulgaris</i>	227
<i>Rhizoclonium sp.</i>	150
<i>Fragilaria crotonensis</i>	60
<i>Navicula sp.</i>	35
<i>Oscillatoria sp.</i>	25
<i>Synedra ulna</i>	23
<i>Cymbella mexicana</i>	20
<i>Aulacoseira granulata</i>	15
<i>Desmodesmus communis</i>	15
<i>Melosira variasn</i>	10
<i>Phormidium sp.</i>	10
<i>Lyngbya martesiana</i>	7
<i>Golenkinia paucispina</i>	1

La abundancia relativa de Cascada las Hamacas se presenta en la Figura 8. Podemos observar que el organismo con mayor abundancia relativa fue *N. commune* con 33% de la población; la siguiente más abundante fue *C. vulgaris* con un total de 25%, esto se debe a que al ser colonias generan mucho mucílago que las mantiene unidas por lo que al hacer la toma de la muestra se pudo haber extraído una parte considerable de la colonia, en cambio el organismo con menor abundancia fue *G. paucispina* esto se debe a que no genera grandes cantidades de mucílago que lo mantienen unido a una colonia; en cambio presenta unas proyecciones a manera de espinas con las que puede anclarse (Figura 8).



Figura 8.- Abundancia relativa de organismos presentes en Cascada Las Hamacas.

Parámetros fisicoquímicos

Para el análisis de oxígeno disuelto la cascada Las Brisas (12.91 mg/L) presentó el valor más bajo de OD en comparación con La Gloria (15.24 mg/L) y las Hamacas (16.26 mg/L).

En nuestro análisis podemos observar la alcalinidad que presentan las 3 áreas analizadas y podemos señalar que tienen una alcalinidad alta ya que estas sobrepasan los 0.175 ml/L (cuadro 8).

Cuadro 8.- Datos físico-químicos obtenidos para las 3 áreas de estudio (oxígeno disuelto, alcalinidad y dureza)

Cascadas	Oxígeno disuelto	Alcalinidad	Dureza
La Gloria	15.24 mg/L	36.6 ml/L	768 mgCaCO ₃ /L
Las Brisas	12.91 mg/L	9 ml/L	432 mgCaCO ₃ /L
Las Hamacas	16.26 mg/L	50 ml/L	320 mgCaCO ₃ /L

Para la dureza del agua encontramos que la cascada las Hamacas tiene una concentración de 320 mgCaCO₃/L lo que la vuelve la cascada con aguas menos duras en comparación con en la cascada las Brisas donde tenemos una concentración de 432 mgCaCO₃/L y la Gloria que tiene una concentración de 768 mgCaCO₃/L (Cuadro 8).

Se encontró que las cascadas la Gloria y las Brisas presentaron temperatura de 16°C, 3 grados menos en comparación con la cascada las Hamacas donde la temperatura fue de 19°C (Cuadro 9).

Cuadro 9.- Datos fisicoquímicos obtenidos para las 3 áreas de estudio encontrando una acidez baja y temperatura de aguas frías (Temperatura y pH).

Cascadas	Temperatura	pH
La Gloria	16 °C	5.5
Las Brisas	16 °C	5.5
Las Hamacas	19 °C	5.5

Los análisis de pH para las 3 cascadas mostraron resultados similares (5.5) tendiendo a la acidez.

Cultivo de algas

Los cultivos se realizaron con la finalidad de separar y confirmar especies. Al realizar los medios de cultivo para algas encontramos que el medio TAP y medio Bold son eficientes para una propagación con mayor velocidad de las colonias ya que estos son colocados en burbujeo y esto permite que el agua este en movimiento constante favoreciendo la absorción de nutrientes.

En el caso del medio BG-11 pudimos observar que la propagación fue lenta, ya que este el medio sólido se mezcla con agar, pero favorece el cultivo unialgal.

Discusión

La zona de estudio representa el 10 % de especies (52 spp.) del total registradas por Novelo y Tavera para Puebla (495 spp.) (Cuadro 1). Destacan por su riqueza taxonómica las Bacillariophyta (259 spp.), las Cyanobacteria (144 spp.) y las Chlorophyta (72 spp.). Al comparar nuestros resultados con los de Novelo y Tavera (2011) éstos concuerdan que generalmente el phylum más abundante fueron las Bacillariophyta con un total de 17 especies.

En los ambientes continentales mexicanos se han registrado 3,256 *taxa*, en 203 publicaciones dentro del periodo 1847-2011 (Novelo y Tavera, 2011). Muchos de los registros previos a 1974 fueron incorporados por Ortega en su Catálogo de Algas Continentales Recientes (1984).

Al realizar este trabajo nos encontramos con que existe documentación metodológica o descriptiva de índole ficoflorística; sin embargo tienden a ser las mismas áreas de estudio; ya sea al norte o centro del país (Novelo y Tavera, 2011); pero con este estudio hemos podido contribuir a aumentar la información de la ficoflora de aguas corrientes, particularmente de cascadas, tan poco estudiadas en México.

La mayoría de estas especies revisadas se pueden encontrar en diversas áreas del mundo, ya sea desde las islas británicas hasta el sureste o noreste de los Estados Unidos concordando con lo dicho por González (2018) quien consideraba que de las 122,000 especies de algas que se conocen en el mundo, México registra 1,600 marinas y 1,102 dulceacuícolas, además de 2,530 que se clasifican como cianobacterias, pero también contamos con especies endémicas por ejemplo *Cymbella mexicana* la cual es un organismo encontrado en este estudio.

De esta tesis podemos destacar a las diatomeas y las algas pardo-doradas, estas son indicadoras de cuerpos de agua prístinos o de buena calidad del agua, al encontrarlas en las cascadas estudiadas con base en el índice de saprobiedad de Sládecek, se confirma el estado prístino de tus cuerpos de agua estudiados, ya que son organismos que pueden reducir drásticamente su población al haber algún cambio físico o químico en su entorno, algunos ejemplos de esto son *C. mexicana* y *S. uvella* que son utilizadas como bioindicadores de la calidad del agua ya que cuando se encuentran en el medio acuático se puede determinar que son cuerpos prístinos aunque al estar ausentes en un periodo de tiempo se puede considerar que ocurrió un cambio ambiental; Se sabe que las comunidades fitoplanctónicas son muy sensibles a los cambios fisicoquímicos de su ambiente, por lo que muchas especies son utilizadas como indicadoras de la calidad del agua (Reynolds, 1997; Reynolds *et al.*, 2002).

Las diatomeas son las microalgas más numerosas del fitobentos y fitoplancton; ya que, debido a sus características biológicas, reflejan el estado ecológico de las aguas frente a los impactos antrópicos (Cox, 1991). Concordando con lo dicho por Cox pudimos encontrar que el 32% de los organismos presentes pertenecen al grupo de las diatomeas, con poblaciones abundantes y variadas.

Al encontrar una gran variedad de especies de diatomeas podemos afirmar que el agua de esta zona tiene buenos parámetros ambientales para mantener saludables las poblaciones algales, ya que no se encuentra contaminada por residuos antrópicos que le pueden causar daños al ambiente. Baylón *et al.* (2018), menciona que una de las aplicaciones más comunes de la flora diatomológica dulceacuícola en el mundo es su uso como indicadores biológicos de la productividad, eutrofización, acidificación del medio y contaminación por metales pesados.

Un adecuado nivel de oxígeno disuelto es necesario para una buena calidad del agua. Cuando el oxígeno disuelto está en su máxima concentración, o solubilidad, a una temperatura determinada, el agua está saturada de oxígeno. La mayoría de las aguas prístinas y sin contaminar, como las aguas de alta montaña, ríos y arroyos; están entre el 95 y el 100% (14 y 15 mg/L) de saturación de oxígeno disuelto (Kenneth, 2003). En el presente estudio, los resultados mostraron que el nivel de oxígeno disuelto es alto (entre 12 y 16 mg/L), demostrando que el agua se encuentra rica en oxígeno, siendo óptima para el desarrollo de la vida acuática. El oxígeno es un elemento necesario para todas las formas de vida. Los torrentes naturales para los procesos de purificación requieren niveles adecuados de oxígeno para proveer a las formas de vida aeróbicas. Cuando los niveles de oxígeno disuelto bajan a 5.0 mg/l, la vida acuática es puesta bajo presión (Kenneth, 2003).

Niveles de oxígeno debajo de 1-2 mg/l por unas pocas horas pueden provocar grandes cantidades de peces muertos (Lenntech, 2020). Los niveles altos de oxígeno disuelto encontrados en este estudio pueden deberse a la influencia de las corrientes que son suficientemente rápidas y esto aunado a la topología del área permite la mezcla atmosférica provocando burbujas y con ello mayor disolución de OD.

Debe aclararse que por sí mismo el OD no es un factor primordial para las algas, ya que ellas lo producen, pero si es importante la concentración de oxígeno disuelto (OD) en un ambiente acuático como un indicador importante de la calidad del agua ambiental ya que puede modificar el balance de otros factores ambientales. Por ejemplo, baja concentración de OD o anoxia y alto pH propicia eutrofización, proliferación y descomposición de la materia orgánica provocando florecimientos (blooms) de algas verdes filamentosas. Bajo OD se asocia a la mortalidad de peces (Wehr *et al.*, 2015).

La importancia de la temperatura y el oxígeno disuelto radica en que son factores que influyen en la mayoría de los procesos vitales de todo ser vivo, además facilitan las condiciones óptimas que necesitan los microorganismos para descomponer la materia orgánica y así liberar los nutrientes que permitan a las algas obtener elementos inorgánicos (fósforo, nitrógeno y potasio) para su desarrollo entre otros factores abióticos presentes en el ecosistema (Beltrán-Álvarez, 2012).

Las temperaturas registradas en los cuerpos de agua en el presente estudio oscilaron en el rango de 16 a 19°C. (Cuadro 9). Así que la zona estudiada se caracteriza por presentar una alta concentración de OD, con una temperatura de 10°C y la solubilidad de oxígeno disuelto es de 11,3 mg/L; Si la temperatura del cuerpo de agua se incrementa a 15°C, la solubilidad se reduce levemente a 10,1 mg/L. Esta temperatura generalmente proporciona una concentración suficiente de oxígeno disuelto para los procesos vitales de los organismos acuáticos (Kenneth, 2003).

Al aumentar la temperatura, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, pero cuando el agua se encuentra 100% saturada de oxígeno o sobresaturada de oxígeno bajo ciertas condiciones por ejemplo rápidos de agua blanca, o cuando las algas crecen y producen oxígeno más rápidamente del que puede ser usado o liberado a la atmósfera, esto podría ser perjudicial para la vida acuática en general ya que estudios revelan que el oxígeno en altas dosis se vuelve venenoso ya que genera una desnitrificación de los alvéolos, que puede originar colapsos en los mismos por disminución de volumen (Bugarín y Martínez, 2000).

Cuando las aguas se contaminan, particularmente con compuestos de carbono y nitrógeno, pierden oxígeno disuelto. Además de afectar la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura del agua también influye en la cantidad de sustancias químicas y reacciones biológicas, que generalmente aumentan al incrementarse la temperatura. Por ejemplo, las bacterias y las algas crecen más rápidamente en agua tibia que en agua fría (Kenneth, 2003). Las algas, al ser organismos acuáticos, requieren temperaturas óptimas para sus procesos vitales como la reproducción y otros procesos autótrofos; aguas muy frías impiden un rápido desarrollo de la colonia algales mientras que aguas muy cálidas generan un aumento desproporcionado de los biofilms dañando el ecosistema. Los rangos de temperatura óptimos que permitan entradas y salidas de materia dentro de la cadena trófica son entre 10 y 21°C, rango dentro del cual se encuentran las temperaturas registradas.

Algunos autores consideran que los niveles adecuados de alcalinidad son entre 80 y 120 ppm; por otra parte, hay quienes aseguran que los niveles se encuentran entre las 120 y 150 ppm. Sin embargo, recientemente hay quienes aseguran que las concentraciones correctas se encuentran entre las 125 (0.125 ml/L) y 150 ppm (0.15 ml/L). Niveles por debajo de 100 ppm se consideran una alcalinidad baja y, a su vez, niveles por encima de 175 ppm se catalogan una alcalinidad alta (Outlet piscinas, 2019).

Los resultados obtenidos de la alcalinidad para las 3 cascadas estudiadas sobrepasaron las 175 ppm (0.175 ml/L) (Cuadro 8), concentración considerada como de alta alcalinidad. Estos valores se pueden deber al tipo de suelo de la zona que puede ayudar a que el agua tenga una buena capacidad de amortiguamiento que ayuda a mejorar el sistema; Lo cual concuerda con lo reportado por Outlet piscinas (2019), ya que las aguas naturales mantienen su alcalinidad gracias al dióxido de carbono atmosférico y a la disolución de rocas y pequeños escombros que se encuentren en el cuerpo de agua. El constante golpeo entre el agua con las rocas y escombros naturales disuelve pequeñas cantidades de minerales básicos que influyen en su alcalinidad.

Rodríguez en 2009, menciona que la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), define como agua blanda a aquella que presenta concentraciones inferiores a 60 mg/L de carbonato de calcio (CaCO_3), medianamente dura entre 61 y 120 mg/L, dura entre 121 y 180 mg/L y muy dura aquella con valores por arriba de 180 mg/L. El calcio se disuelve prácticamente de todas las rocas y, por lo tanto, se detecta en todas las aguas.

Lavoie y De la Noüe, (1985). Mencionan que el agua dura tiene altas concentraciones de iones Ca^{2+} y Mg^{2+} . La dureza se informa en términos de carbonato de calcio y en unidades de miligramos por litro (mg/L). Por lo general, el agua dura no es dañina para la salud, pero puede plantear problemas graves en entornos industriales, donde se controla la dureza del agua para evitar averías costosas en calderas, torres de enfriamiento y otros equipos que manejan agua.

Cuadro 10.- Clasificación de la Dureza por CaCO_3 en el Agua, Según OMS.

Concentración de CaCO_3 /mg/L	Tipo
0 – 60	Blanda
61 – 120	Moderadamente dura

121 – 180	Dura
>180	Muy Dura

Al observar los datos obtenidos en campo para la dureza del agua (Cuadro 8), encontramos que la cascada la Gloria tiene una concentración de 768 mg/L, por lo que aparentemente se considerarían aguas extremadamente duras, en la cascada las Brisas tenemos una concentración de 432 mg/L de CaCO_3 , lo que nos indicaría que se presenta aguas muy duras. Para el caso de la cascada las Hamacas encontramos una concentración de 320 mg/L, lo que nos señala que sería agua dura. Pero estos resultados de dureza en los tres cuerpos de agua no coincidirían con lo que nos indican los resultados de pH y alcalinidad.

Ospina-Zúñiga, *et al.* (2014) Recaban información en Colombia del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), sobre la química de la lluvia ácida, y menciona que es característico que el pH del agua lluvia sea bajo, pues esta acidez natural se genera cuando los óxidos de azufre y nitrógeno intervienen en la química de la atmosfera y en su equilibrio, causando una disminución por debajo de 5,6 unidades, mientras que la conductividad aumenta por la presencia de iones.

Cuadro 11.- Clasificación del agua lluvia de acuerdo con el pH

pH	Clasificación de la lluvia
pH > 5,6	Lluvia no ácida
4,7 < pH < 5,6	Lluvia ligeramente ácida
4,3 < pH ≤ 4,7	Lluvia medianamente ácida
pH ≤ 4,3	Lluvia fuertemente ácida

Podríamos creer que la dureza del agua se pueda deber a que estas cascadas son alimentadas por agua de lluvia que se condensa en la parte alta de la sierra pero al ser agua de evaporación que es transportada por el viento desde el mar hasta la cúspide esto se vuelve poco factible ya que esta agua presentaría un valor de pH casi neutro que no sería suficiente como para disolver las rocas a su paso además de esto, el recorrido del afluente no es lo suficientemente largo como para tomar tantos minerales del suelo circundante.

CONAGUA y SEMARNAT (2014), dentro del documento Estadísticas del agua en México, establece a la zona próxima a Cuetzalan y el estado de Puebla como perteneciente al área denominada Golfo Centro, ésta presenta aguas de excelente calidad; con esto se refieren

a que el agua no está contaminada y que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST), están por debajo de los niveles de contaminación, inclusive llegando a ser aguas prístinas.

Aunque en este proyecto no se realizó el análisis de estos parámetros se consideró pertinente mencionar el dato, ya que esto es un buen indicador de que estas aguas pueden soportar una diversidad como la que se observó.

Según el Anuario estadístico y geográfico de Puebla (INEGI, 2017) en su mapa #12 nos muestra los tipos de suelos predominantes para cada área del estado; podemos observar que el suelo dominante para la zonas analizadas es de tipo leptosol, estos son suelos que se encuentran sobre un lecho de roca, pueden ir desde los 10 cm hasta los 2 metros de profundidad y la capa de tierra es generada por la materia orgánica de la vegetación arbórea circundante por lo que son predominantes los bosques de coníferas para estas áreas. Estos suelos tienden a ser ligeramente ácidos por los procesos de descomposición que ocurren en ellos.

Al presentar suelos ligeramente ácidos entendemos pues que de igual forma no es lo suficientemente ácido como para llegar a disolver rocas que pudieran llegar a liberar CaCO_3 que fueran lixiviados al afluente.

Por lo que podríamos considerar dos variables; podría ser porque los reactivos utilizados ya no estuvieran en las condiciones óptimas para realizar pruebas químicas ya sea por que estuvieran viejos o bien contaminados o a un error humano al momento de colectar el agua usada para determinar los parámetros fisicoquímicos tomando sedimento del fondo lo cual alteraría los datos finales. Con esto en cuenta se podría considerar la realización de nuevos muestreos en diferentes meses para determinar cuáles son los niveles óptimos de estos parámetros y sus cambios a lo largo del año.

Los análisis de pH para las tres cascadas mostraron resultados similares arrojando una acidez en el agua de 5.5 (Cuadro 9). Que el agua de las diferentes cascadas sea ligeramente ácida se puede deber a la liberación de iones H^+ , causada por la erosión de rocas que contienen minerales lo cual concuerda con lo dicho por Kenneth (2003), quien menciona que la mayoría de los ríos, lagos y otros cuerpos de agua naturales tienen un pH

que oscilan de 6.0 a 8.5 ya que el tipo y la cantidad de minerales disueltos, gases y organismos acuáticos en el agua contribuyen a establecer el pH del agua en la naturaleza. La mayoría de los organismos acuáticos no pueden vivir si el pH del agua dista mucho de este rango natural.

Otra de las actividades realizadas dentro de este trabajo fueron los cultivos de organismos para esto se tomaron en cuenta los elementos que estos ocupan para su desarrollo (C, N, P, macronutrientes y micronutrientes) y los factores ambientales como luz, oxígeno, movimiento del agua por los que los medios utilizados fueron TAP (Tris-Acetato-Fosfato), Bold y BG-11 ya que estos en su formulación llevan los elementos en las proporciones adecuadas para que no haya un exceso o falta de alguno de estos. Concordando con Ruiz (2011), quien menciona que el desarrollo de microalgas es autótrofo, donde las algas obtienen la energía del sol y el carbono de compuestos inorgánicos. Algunas son capaces de crecer bajo procesos tanto autótrofos como heterótrofos de manera que la fuente de energía es tanto la luz como la materia orgánica, el carbono lo obtienen por tanto de compuestos orgánicos y de CO₂.

También se coincide con lo dicho por Sánchez (2021), ya que ella ocupa como medios de cultivo el TAP y Bold para aumentar la biomasa de sus organismos y menciona que el carbono constituye el 50% de la biomasa microalgal, y estas pueden emplear como fuente de carbono el CO₂ presente en la atmósfera. También el nitrógeno es uno de los nutrientes más importantes y que en general, las microalgas pueden tomar nitrógeno del medio en forma de urea, amonio, nitrato, nitrito, nitrógeno molecular y óxidos de nitrógeno (NO_x); además de estos; el fósforo es un macronutriente fundamental en la formación de ácidos nucleicos y transferencia de energía. El P tiene un papel fundamental en la biosíntesis de las membranas celulares constituidas por fosfolípidos, por lo que su presencia es necesaria en la división celular.

Los cultivos realizados en este proyecto se colocaron dentro de matraces que tenían tubos que mantenían en movimiento el líquido gracias a la ayuda de una bomba de burbujas lo cual nos hace considerar que la idea de Santos-Montes *et al.*, en 2014, de realizar biorreactores o estanques a cielo abierto que capten el CO₂ atmosférico para aumentar la producción de las colonias microalgales para el posible uso en la biomitigación del dióxido

de carbono, el tratamiento de aguas residuales, y su utilización en la obtención de productos alimenticios y cosméticos; es acertada.

Al observar la gran proliferación de los organismos en nuestros medios de cultivo tomando la idea de los biorreactores; podemos coincidir con Tylor *et al.*, 2016, quien menciona que las algas que tienen una mayor capacidad para fijar nitrógeno atmosférico y pueden ser utilizadas con mayor eficiencia para la producción de biocombustibles; ya que al encontrarse en ambientes óptimos las microalgas comienzan a reproducirse rápidamente lo que nos da como resultado una gran cantidad de materia que puede ser ocupada en la industria energética.

La importancia de conocer los compuestos esenciales para el desarrollo de organismos es que con ello podemos buscar o desarrollar mejores formas de cultivarlos ya sea para la alimentación humana, para tecnología médica, biocombustibles o mitigadores de contaminantes en cuerpos de agua; En el caso de este proyecto se consideró que el Medio TAP, Medio BG-11 y Medio Bold son efectivos para el cultivo ya que son fáciles de preparar y dosificar además de que se pueden mezclar con el medio líquido o en placa de agar y estos contienen tanto macronutrientes como micronutrientes y elementos traza. Lo cual menciona Cota en 2019 al considerar que además del C, N y P, otros elementos son necesarios para el cultivo de microalgas que incluyen tanto macronutrientes (S, K, Na, Fe, Mg, Ca) como micronutrientes o elementos traza (B, Cu, Mn, Mo, Zn, V y Se).

Los organismos encontrados fueron clasificados y fijados, anotando en una hoja su información respectiva ya fuera nombre del área estudiada, coordenadas geográficas, nombre del colector, nombre del organismo, fijador utilizado y fecha para tener el registro de los mismos y poder ayudar a fortalecer la información de la biodiversidad de las áreas estudiadas quedando almacenados en los laboratorios en los que se llevó a cabo el proyecto esto con el fin de que sirvan a algún interesado en el tema, concordando con lo mencionado por Aranda en 2014, quien estipula que las colecciones biológicas son un conjunto de organismos o partes de éstos, preservados siguiendo estándares de curaduría que permiten la identificación taxonómica de los ejemplares biológicos. Sus componentes son preparados y organizados de un modo que informen la procedencia e identificación taxonómica de cada uno de los especímenes, lo que le confiere estatus científico.

Según la OTCA en 2020 los objetivos de una colección biológica son resumir, organizar, calificar y diseminar la información taxonómica y biogeográfica, además de promover la

conservación ex situ de ejemplares de la biodiversidad y apoyar las medidas de manejo de las especies.

Conclusiones

Los cuerpos de agua estudiados presentan valores altos de oxígeno disuelto, sin llegar a la sobresaturación, favoreciendo el funcionamiento de comunidades algales.

Se requeriría realizar los análisis de dureza nuevamente para descartar la posible contaminación de los reactivos utilizados para obtener la dureza real de las tres cascadas.

La alcalinidad fue alta y el agua de las localidades fue ligeramente ácida debido a los valores de pH obtenidos

Las áreas de estudio todavía no se encuentran excesivamente perturbadas por actividades antropogénicas.

Con base en los análisis fisicoquímicos del agua las poblaciones ficológicas encontradas son sanas y estables, generando un reciclaje óptimo de nutrientes con el medio.

Se encontraron 52 especies creciendo en las tres cascadas: 8 Cyanobacteria, 2 Euglenozoa, 1 Miozoa, 1 Ochrophyta, 17 Bacillariophyta, 9 Chlorophyta y 14 Charophyta. Los grupos mayoritarios fueron las Bacillariophyta, Chlorophyta y Charophyta.

La realización de un catálogo ilustrado facilitará el estudio de este grupo de algas en ambientes poco estudiados en México.

Referencias

Almeida, S. F. P. (2001). Use of diatoms for freshwater quality evaluation in Portugal. *Limnetica*, 20(2): pgs. 205–213.

Anton A. (1981). Water quality assessments of the Langat River, Selangor, using natural algal periphyton communities and laboratory bioassays of two *Chlorella* species. *Proceedings of the Symposium on the Culture and Use of Algae*. Phillippines: Iloílo, pp. 1-4.

Aranda, A.T. (2014). Coleções Biológicas: Conceitos básicos, curadoria e gestão, interface com a biodiversidade e saúde pública In: III Simpósio sobre a Biodiversidade da Mata Atlântica. OCTA, Brasília-DF, Brasil. pgs. 45-56.

Baylón Coritoma, M., Roa Castro, K., Libio Sánchez, T., Tapia Ugaz, L., Jara Pena, E., Macedo Prada, D., Salvatierra Sevillano, A., & Dextre Rubina, A. (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), pp. 119. <https://doi.org/10.21704/rea.v17i1.1180>

Beltrán-Álvarez, R. Ramírez-Lozano J. P. y Sánchez-Palacios J. (2012). Comportamiento de la temperatura y el oxígeno disuelto en la presa Picachos, Sinaloa, México. *Hidrobiológica* 22(1), pgs. 94-97. Recuperado en 27 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972012000100012&lng=es&tlng=es

Bicudo, C.E.M. (1990). Metodologia para o estudo qualitativo das algas do perifiton. *Acta Limnologica Brasiliense* v. 3, pgs. 477-491.

Borowitzka, M.A. Gershwin, M. E. Belay, A. (Eds). (2009). Spirulina in human nutrition and health. *J. Appl. Phycol.* 21, pp. 747. <https://doi.org/10.1007/s10811-009-9467-0>

Bugarín R., Martínez J. B. (2000) La oxigenoterapia en situaciones graves, Servicio de Urgencias. Hospital Clínico Universitario de Santiago. Santiago de Compostela. Elsevier, *Medicina aplicada*, Vol. 36. Núm. 5, pgs. 159-165.

Carrillo Hidalgo, N., & Guadalupe Gómez, E. (2001). Desastres naturales y su influencia en el medio ambiente. *Revista del Instituto de investigación de La Facultad De Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 4(7). pp.16.

Castro de Zaldumbide, M. (1993). Relaciones entre diversas comunidades de protozoos ciliados y la caracterización biológica del agua, Universidad complutense de Madrid, Facultad de ciencias biológicas, pp. 363.

Cirés, S. y Quesada, A. (2011). Catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de las aguas continentales españolas, Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Rural y Agua del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, España, pp. 86.

CONAGUA, SEMARNAT. (2014). Estadísticas del agua en México. Ediciones 2004, 2007, 2008, 2010, 2011 y 2013. México 2004, 2007, 2008, 2010, 2011 y 2014. Subdirección General Técnica, CONAGUA, SEMARNAT. México 2012, pgs. 50-53.

Cota, K. M. (2019). Efecto de la limitación de nutrientes en la composición bioquímica de *Ettlia oleabundans* y su potencial en la producción de compuestos de alto valor agregado. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. pgs. 6-10.

Cox, E. J. (1991). What is the basis for using diatoms as monitors of river quality? In: Whitton B. A., Rott, F. G. (eds). Use of Algae for Monitoring Rivers. Institut für Botanik, Innsbruck, Austria: pgs. 33–40.

Dillard, G.E. (2000). Freshwater algae of the Southeastern United States. Part 7: Pigmented Euglenophyceae. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. Bibliotheca Phycologica, Band pp. 106.

Fernández, J. M. (2014). Ingeniería de procesos basados en microalgas. Microalgal Biotechnology, Universidad de Almería, Tema 1. Recuperado el 15 de Octubre 2018. <https://w3.ual.es/%7Ejfernand/ProcMicro70801207/tema-1---generalidades/1-0-ingenieria-de-procesos.html>

Figueroa-Torres, M. G., Arana-Magallón, F., Almanza-Encarnación, S., Ramos-Espinosa, M. G., Ferrara-Guerrero, M. J. (2015). Microalgas del Área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, México, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, ÁREA II.BIOLOGÍA Y QUÍMICA, pp. 15.

Franco-López, J., De la Cruz-Agüero, G., Cruz-Gómez, A., Rocha-Ramírez, A., Navarrete-Salgado, N., Flores-Martínez, G., Kato-Miranda, E., Sánchez-Colón, S., Abarca-Arenas, L. G., Bedia-Sánchez, C. M., Winfred-Aguilar, I. (1985). Manual de ecología, Trillas, México, pp. 266.

Gracia, M. P., Igual, J., (1987). Los ciliados como organismos saprobios de las aguas. *Miscellanea Zoologica*, 11, pgs. 1-11.

Graham, L. E., Graham, J. M., Cook, M. E., & Wilcox, L. W. (2016). *Algae*. (3th Edition), Benjamin-Cummings Pub Co, pp. 616.

Gómez, I. (2015). *Cadenas y redes tróficas en primaria*, Universidad de Granada, España, pgs. 7-11.

González G., J., (2018). Algas de México, fundamentales para el planeta, la industria, la medicina y la alimentación, *Revista Ciencias*, Núm. 10. Facultad de Ciencias, UNAM; Recuperado el 8 de octubre de 2020, de: <https://www.revistacienciasunam.com/es/153-revistas/revista-ciencias-10/1307-las-algas-de-m%C3%A9xico.html>

Guiry, M. D., Guiry, G. M. (2021). *AlgaeBase*. Publicación electrónica. National University of Ireland, Galway; Recuperado el 15 de Octubre 2018. <https://www.algaebase.org>

Habib, M., Parvin, M., Huntington, T., Hasan, M. (2008). A review on culture, production and use of *Spirulina* as food for humans and feeds for domestic animals ad fish. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, Rome, No.103, pp 1-22.

Hernández, S. E. (2016). Diatomeas como indicadores de calidad de agua en la Laguna Acahualinca (Managua, Nicaragua). *Revista Agua y Conocimiento*, Vol.2, No.1. pgs, 10-18.

Hernández, S. E., Guerrero M. (1999). Diatomeas como indicadores biológicos de la calidad del agua en el lago Cocibolca, Repositorio Institucional UNAN, Managua, Nicaragua, pp. 8.

iAgua. (2013). Agua dura: ¿qué es y cómo me afecta? Recuperado el 8 de octubre de 2020, de: [https://www.iagua.es/blogs/tecdepur/agua-dura-%C2%BFque-es-y-como-me-afecta#:~:text=Aguas%20semi%20blandas%20%2D%20Concentraci%C3%B3n%20de,%2C%20\(40%20%2D%2055%20BAF\)](https://www.iagua.es/blogs/tecdepur/agua-dura-%C2%BFque-es-y-como-me-afecta#:~:text=Aguas%20semi%20blandas%20%2D%20Concentraci%C3%B3n%20de,%2C%20(40%20%2D%2055%20BAF)).

iAgua, Sewervac Ibérica. (2018). Eutrofización: Causas, consecuencias y soluciones. Recuperado el 8 de octubre de 2020, de: <https://www.iagua.es/noticias/sewervac-iberica/eutrofizacion-causas-consecuencias-y-soluciones>

INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Puebla 2017, GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA, México, pp. 943.

INEGI. (2009_a). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Atzalan, Puebla Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21021.pdf

INEGI. (2009_b). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Cuetzalan del Progreso, Puebla Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21043.pdf

ITIS (2021). Integrated Taxonomic Information System, Recuperado el 15 de octubre 2020, de: <https://doi.org/10.5066/F7KH0KBK>

John, D. M., Whitton, B. A., Brook, A. J. (2002). The Freshwater Algal Flora of the British Isles. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 896.

Kenneth M. V. (2003) Clean Water, an introduction to water quality and water pollution control 2nd edition. Oregon State University Press, Oregon. pp. 192.

Lavoie, A., De la Noüe, J. (1985). Hyperconcentrated cultures of *Scenedesmus obliquus*: A new approach of wastewater biological tertiary treatment? *Water Research* 19(11). pgs. 1437-1442.

Lenntech B.V. (2020). Porque es importante el oxígeno disuelto en el agua. Recuperado el 8 de octubre de 2020, de: <https://www.lenntech.es/por-que-es-importante-el-oxigeno-disuelto-en-el-agua#:~:text=El%20total%20de%20los%20gases, peligrosas%20para%20la%20vida%20acu%C3%A1tica.&text=Como%20los%20niveles%20de%20ox%C3%ADgeno, menor%20concentraci%C3%B3n%20la%20mayor%20presi%C3%B3n.>

McHugh, D. J. (2002). Perspectivas para la producción de algas marinas en los países en desarrollo. FAO. Capítulo 4 Recuperado el 8 de octubre de 2020, de <https://www.fao.org/3/y3550s/Y3550S05.htm>

Meave, M. E., Castillo, J. Á., Zamudio, M. E., Hernández, A., Pinzón, E. (2014). Libro de resúmenes, X Congreso de Ficología de Latinoamérica y El Caribe. VIII Reunión Iberoamericana de Ficología, Metepec, México, pp. 397.

Medina Jasso, A., Valdez, P. P., y Soto, M. N. (2012). La importancia de las Microalgas. CONABIO, *Biodiversitas* 103, pp. 1–5.

Megías, M., Molist, P., Pombal, M. A. (2018). Capítulo 2. Técnicas histológicas, Fijadores. Este documento es una edición en pdf del sitio <https://mmegias.webs.uvigo.es/6-tecnicas/2-fijadores-a.php>

Novelo, E. y Tavera, R. (2011). Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológica*, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa México, 21 (3): pgs. 333-341.

Ochoa, F. J. comunicación personal, Viernes 10 de Enero de 2020.

Odum, E. P. (1972). Fundamentos de Ecología. Tercera edición México: Nueva Editorial Interamericana, pp. 639.

Ojeda, A. (2011). Diatomeas de las aguas costeras de las Islas Canarias. Instituto Canario de Ciencias Marinas, pgs. 192.

Oliva-Martínez, M. G., Godínez-Ortega, J. L., & Zuñiga-Ramos, C. A. (2014). Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85, pgs. 54–61. <https://doi.org/10.7550/rmb.32706>

Ortega, M. (1984). Catálogo de algas continentales recientes de México. Universidad Nacional Autónoma de México, México, pp. 566.

OTCA (2020). La importancia de las colecciones biológicas para la conservación de la biodiversidad. Recuperado 25 de enero de 2022, de : <http://otca.org/la-importancia-de-las-colecciones-biologicas-para-la-conservacion-de-la-biodiversidad-2/#:~:text=La%20importancia%20de%20las%20colecciones%20biol%C3%B3gicas%20para%20la%20conservaci%C3%B3n%20de%20la%20biodiversidad,-Feb%2018%2C%202020&text=Tales%20acervos%2C%20adem%C3%A1s%20de%20servir,ense%C3%B1anza%20y%20transferencia%20de%20conocimiento>.

Ospina-Zúñiga, O. E., Ramírez-Arcila, H. (2014) Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué, Tolima, Colombia, *Ingeniería Solidaria*, vol. 10, n.º 17, pgs. 125-138, Recuperado el 8 de Octubre 2020 de: doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.812>

Outlet piscinas (2019). Alcalinidad en agua de piscina. El blog de outlet piscinas. Recuperado el 8 de Octubre 2020 de: <https://www.outlet-piscinas.com/blog/alcalinidad-agua-piscina/>

Pérez-Urria, C. E. (2009). Fotosíntesis: Aspectos Básicos. Facultad de Ciencias Biológicas, Serie Fisiología Vegetal. 2 (3), pp. 1-47.

Puig, A. (2009). Bioindicadores (indicadores biológicos). Recuperado 7 de octubre de 2018, de: <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Bioindic.htm>

Prescott, G. W. (1982). *Algae of the Western Great Lakes Area*. Macmillan Publishers, Dubuque, Iowa, W. C. Brown Co. pp. 1-977.

QuimiNet (2011). Funciones de las tiras de papel de pH en un laboratorio Recuperado 8 de octubre de 2020, de: <https://www.quiminet.com/articulos/funciones-de-las-tiras-de-papel-de-ph-en-un-laboratorio-2562852.htm#:~:text=La%20tira%20de%20papel%20indicadora,o%20alcalinidad%20de%20una%20soluci%C3%B3n>

Quintero, E., Arredondo, B.O., Flores, E., Virgen, M., Barrera, E., Carballo, M. G. & Maldonado, A. A. (2016). Selección de un medio de cultivo a nivel laboratorio para el cultivo

de la cianobacterias Spirulina (*Arthrospira maxima*) y cuantificación de los nutraceuticos. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ingeniería y Tecnología. Departamento de Ingeniería Ambiental. Vol. 1, No.1, pgs. 532-537.

Reis, F. D. (2019). Cómo usar el termómetro correctamente. Recuperado el 12 de septiembre de 2020, de: <https://primicia.com.ve/mas/servicios/como-usar-el-termometro-correctamente/#:%7E:text=Cuando%20el%20mercurio%20en%20el,otra%20cosa%20que%20estemos%20midiendo>.

Reynolds, C. S. (1997). Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. Ecology Institute, Oldendorf, pp. 371.

Reynolds, C., Huszar, V., Kruk, C., Flores, N.L., Mel, S. (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24(5), pgs. 417-428.

Ríos, N., Medina, G., Jiménez, J., Yáñez, C., García, M, Y., Di Bernardo, M. L., & Gualtieri, M. (2009). Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de algas marinas venezolanas. *Revista Peruana de Biología*, 16(1), pgs. 97-100.

Rodríguez, J. (2009) Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008, *Revista Pensamiento Actual*, Universidad de Costa Rica, pgs. 125-134.

Ruggiero M. A., Gordon D. P., Orrell T. M., Bailly N., Bourgoïn T., Brusca R. C., Cavalier-Smith T., Guiry M. D., Kirk P. M. (2015). Correction: A Higher Level Classification of All Living Organisms. *PLoS ONE* 10(6) pp. 54, e0130114. Recuperado el 8 de octubre de 2020 de: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130114>

Ruiz, A. (2011). Puesta en marcha de un cultivo de microalgas para la eliminación de nutrientes de un agua residual urbana previamente tratada anaeróticamente. Universidad politécnica de Valencia, España, pp. 102.

Santos-Montes, A. Arechavala, Y., Martín-Sastre, C. (2014). Uso y aplicaciones potenciales de las microalgas. *Anales de mecánica y electricidad*. 91, pgs. 20-28.

Sánchez, D. (2021). "Influencia de la deficiencia de nutrientes (C, N, P) en la remoción de diclofenaco por las microalgas *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis oculata*, *Scenedesmus acutus*, *Scenedesmus obliquus*, *Chlamydomonas reinhardtii* CC137 y CC1731. Tesis de doctorado en Ciencias Químicas, Universidad de San Luis Potosí, pp. 73.

Sládeček, V. (1961). Biologické toxizitatste des Wassers für Bewassemnszwecke nach der Keiming. *Vodni hospodürstvi*, 11, pgs. 415-417.

Sládeček, V. (1973). System of water quality from the biological point of view. *Advances in Limnology* 7, pp. 1-218.

Sladecek, V., Zelinka, M., Rothschein, J., Moravcová, V. (1981). BIOLOGICKÝ ROZBOR POVRCHOVÉ VODY, Komentárk CSN 83 0532 ásti 6: Stanovení saprobního indexu, Vydavatelství, pp. 185.

Tiffany, L. H.; Britton, M. E. (1952). *The algae of Illinois*. Chicago: University of Chicago Press. pp. 1-407.

Tylor, J., Halfmann, C., Zahler, J. D., Zhou, R., Gibbons, W. R. (2016). Increasing the tolerance of filamentous cyanobacteria to next-generation biofuels via directed evolution. *Algal Research* 18, pgs. 250–256.

Villalobos, L. (2006) *Ecología y medio ambiente*, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, pgs. 17-19.

Vijayakumar S, Menakha M., (2015). Pharmaceutical applications of cyanobacteria. A review, PG and Research Department of Botany and Microbiology, A.V.V.M. Sri Pushpam College (Autonomous), Poondi, Thanjavur District, Tamil Nadu, India, *Journal of Acute Medicine*, 5(1), pp. 15-23.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jacme.2015.02.004>

Wan. M., Wan, O. (2010). Perspectives on the Use of Algae as Biological Indicators for Monitoring and Protecting Aquatic Environments, with Special Reference to Malaysian Freshwater Ecosystems, *Tropical Life Sciences Research*, 21(2), pgs. 51–67. [synedra](#)

Wehr, J. D., Sheath, R. G., Kociolek, J.P. (2015). *Freshwater Algae of North America* (2nd Edition). Academic Press, Arkon, Ohio, pp. 918.

Whittaker, R., Margulis, L. (1978). Protist classification and the kingdoms of organisms. *Biosystems, Ecology and Systematics*, Cornell University, Ithaca, N.Y., Department of Botany, Boston University, Mass.10(1–2), pgs. 3–18. [https://doi.org/10.1016/0303-2647\(78\)90023-0](https://doi.org/10.1016/0303-2647(78)90023-0)

Anexo 1
Catálogo Taxonómico

Phylum Cyanobacteria.

Orden Nostocales

Nostoc commune (Vaucher 1803) Bornet et Flahault 1886.

Sinonimia heterotípica: *Nostocella communis* Gaillon, *Tremella nostoc* Linnaeus 1753, *Ulva pruniformis* Linnaeus 1753, *Nostoc kurzianum* Zeller 1873.

Diagnosis: Colonia inicialmente esférica, posteriormente aplanada y propagable, membranosa y coriácea, a veces forma irregular, la colonia puede crecer muchos centímetros en condiciones favorables, de color verde oliva a marrón-verde o amarillento a color marrón amarillento, con capa exterior firme. Envoltura individual de los tricomas en su mayoría distintos sólo en la periferia de la colonia, gruesa, a menudo lamelada; tricomas a menudo se estrechan en las paredes transversales.

Células en forma de barril o casi esféricas, en su mayoría más cortas o ligeramente más largas que ancha, heterocitos casi esféricos.

Tamaño célula = 6 - 10 µm.

Localidad: Cascada las Brisas y Cascada las Hamacas.

Hábitat: formando tapetes en el suelo o flotando en el agua.

Algunas especies del género reportadas para aguas contaminadas con toxinas (Cirés *et al.* 2011).



Imagen 1.- *Nostoc commune*. Se pueden apreciar los heterocitos de estos organismos.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), pp. 27, 30, 105, 107,108; Prescott (1982), pp. 523, 521, lám.119, fig. 13; Tiffany y Britton (1952), p. 364; Wehr *et al.*, (2015). pp. 179-180, fig. 34 A.

Raphidiopsis curvata F.E. Fritsch & M.F. Rich 1930.

Sin sinonimia aparente.

Diagnosis: Talo filamentosos, tricomas solitarios, sin envoltura, ligeramente curvado hacia las puntas, células usualmente cilíndricas a lo largo del filamento y las de los extremos ligeramente aciculares.

Largo = 4 μm . Ancho = 0.2 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada para aguas contaminadas con Anatoxinas, cilindrospermopsinas y saxitoxinas. (Cirés *et al.* 2011).



Imagen 2.- *Raphidiopsis curvata*.

Bibliografía: *Wehr *et al.* (2015), pp. 175, 180, fig. 31 A; Prescott (1982), pp. 173, 180; Tiffany y Britton (1952), pp. 378, 373, figs. 1166-70; John *et al.* (2002), p. 94.

Orden Oscillatoriales

Lyngbya martensiana Meneghini ex Gomont 1892.

Sinonimia: *Leibleinia martensiana* (Meneghini) Kützing, 1847; *Phormidium martensianum* (Meneghini ex Gomont) Anagnostidis & Komarek; *Porphyrosiphon martensianus* (Meneghini ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988.

Diagnosis: Tapete filamentoso o reunidos en racimos, células rectangulares unidas formando una cadena, célula apical redondeada, presentan una vaina muy larga que recubre todo el filamento y lo sobrepasa, de color verde-azul.

Largo de la célula = 2 - 5 μm . Ancho de la célula = 8 - 10 μm .

Localidad: Cascada las Brisas y Cascada las Hamacas.

Hábitat: sobre suelo o roca.

Especie reportada como un organismo oligosaprobio y beta-mesosaprobio en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).



Imagen 3.- *Lyngbya martensiana*. Muestra una vaina que une los filamentos y que al separarse originan un nuevo individuo.

Bibliografía: *Tiffany y Britton, (1952), p. 338; Prescott (1982), pp. 502, 498; lám. 112.; John *et al.* (2002), pp. 66, 67, 68, 69, lám. 10 G; Wehr *et al.* (2015), p. 151.

Oscillatoria sancta Kützing ex Gomont 1892.

Sinonimia: *Lyngbya sancta* (Gomont ex Gomont) Hansgirg 1892; *Oscillatoria sancta* Kützing, 1847.

Diagnosis: Agrupación de filamentos, azul oscuro o brillantes y gelatinosos, tricomas rectos y flexibles, filamento delgado y con un estrechamiento abrupto en los ápices, células finamente redondeadas y con una vaina espesa.

Largo = 4 - 12 μm . Ancho = 1.3 - 2.2 μm .

Localidad: Cascada las Brisas.

Hábitat: agrupación de filamentos flotando libremente o adheridos al sustrato formando una película delgada.

Especie reportada como un organismo alfa-mesosaprobio en aguas de calidad de mala calidad (Sládecek *et al.* 1981).

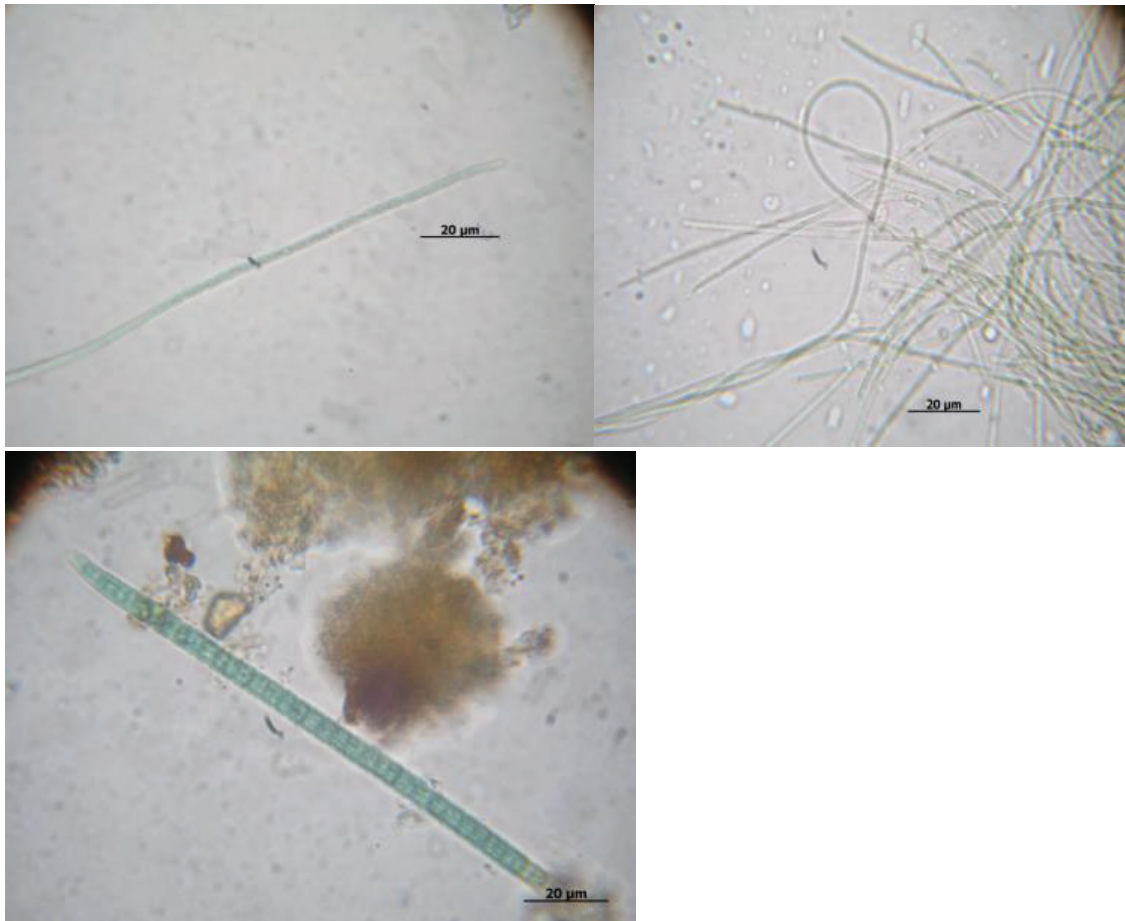


Imagen 4.- *Oscillatoria sancta*. Se pueden observar filamentos individuales y entrecruzados.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), pp. 76, 77; lám. 76 L; Prescott (1982), pp. 490, 482; lám. 110; Tiffany y Britton (1952), pp. 342, 343, fig. 1078; Wehr *et al.* (2015), pp. 155-156, fig.16 e.

Tenebriella curviceps (C. Agardh ex Gomont) Hauerová, Hauer & Kaštovský 2021.

Sinonimia: *Oscillatoria curviceps* C. A. Agardh 1824.

Diagnosis: Filamentos pequeños de aproximadamente 80 células, a menudo la pared celular granulada, se vuelve brillante o verde-azul oscuro dependiendo de la intensidad de luz, presenta una curvatura en los extremos del filamento y se puede diferenciar una vaina. Largo = 0.2µm. Ancho = 2.4µm. Largo del filamento = 24 µm.

Localidad: Cascada la Gloria y Cascada Las Hamacas.

Hábitat: sobre suelo o roca.

Especie reportada como un organismo oligosaprobio y beta-mesosaprobio en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

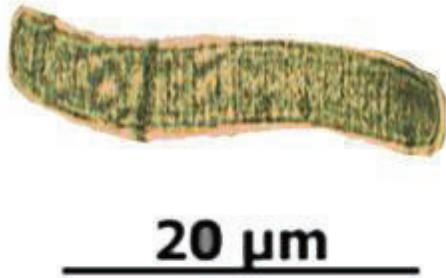


Imagen 5.- *Tenebriella curviceps*. La pared celular se observa con el filtro de luz verde.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 344, 345, fig. 1081; Prescott (1982), pp 487, 482; lám.108, fig. 17, 18; John *et al.* (2002), pp. 27-29, 31, 59-61, 64, 66, 72, 73, 78, 94, 96; Wehr *et al.* (2015), pp 155.

Orden Stigonematales

Scytonema tolypothrichoides Kützing 1886.

Sin sinonimia aparente.

Diagnosis: Filamentos falsamente ramificados, desarrollándose en pares entre dos heterocitos; con una vaina gruesa estratificada hialina, tricomas solitarios dentro de la vaina con células como cilindros cortos.

Largo del filamento = 242.6 μm .

Ancho del filamento (tricoma + vaina) = 11.2 μm .

Localidad: Cascada las Brisas.

Hábitat: sobre suelo o roca.



Imagen 6.- *Scytonema tolypothrichoides* se puede observar una falsa ramificación generada por los filamentos y la vaina.

Bibliografía: *Prescott (1982), pp. 536, 534, lám. 123, figs. 8, 9; Tiffany y Britton (1952), pp. 370, 367, figs. 1158, 1159; John *et al.* (2002), pp. 26, 27, 30, 112, 114; Wehr *et al.* (2015), pp. 157, 158, fig. 20 A.

Orden Synechococcales.

Merismopedia convoluta Brébisson in Kutzing 1849.

Sinonimia: *Merismopedia revoluta* Askenasy 1894.

Diagnosis: Colonia muy grande de una célula de espesor y de forma rectangular, células esféricas o semiesféricas de color azul-verde, acomodadas en línea, protegidas por un mucilago, bordes con suaves ondulaciones que cuando llegan a rasgarse pueden dar la apariencia de un polígono irregular.

Diámetro de la célula = 3 - 6 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: sobre suelo o roca.

Algunas especies del genero reportadas para aguas que tienden a la eutrofización por aumento de residuos domésticos (Meave *et al.* 2014).

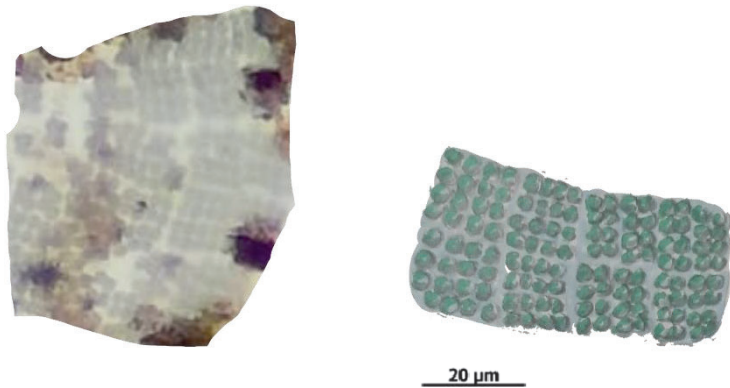


Imagen 7.- *Merismopedia convoluta*. Colonia rectangular, a la derecha, boceto del organismo denotando sus características principales.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 334, 337, fig. 1052; Prescott (1982), p. 458, lám. 103, fig. 13; John *et al.* (2002), p. 51; Wehr *et al.* (2015), p. 88.

Merismopedia glauca (Ehrenberg) Nägeli 1845.

Sinonimia: *Gonium glaucum* Ehrenberg 1838.

Diagnosis: Colonias rectangulares formadas por 4 a 32 células, de color azul verdoso, células dispuestas en forma homogénea, tendiendo a esféricas.

Diámetro de la célula = 4.7 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: sobre suelo o roca.

Especie reportada como un organismo beta-mesosaprobio en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).



Imagen 8.- *Merismopedia glauca*.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 334, 337, fig. 1052; Prescott (1982), pp. 459, 458, lám.101, fig. 2-4; John *et al.* (2002), p. 51, lám. 3H; Wehr *et al.* (2015), p. 88.

Phylum Euglenozoa

Orden Euglenida

Euglena gracilis G.A. Klebs 1883.

Sin sinonimia aparente.

Diagnosis: Célula fusiforme con flagelo largo. El estado palmeloide; presenta un mucílago que rodea a la célula esférica de un color verde.

Largo = 25 - 30 μm . Ancho = 18 - 22 μm . Flagelo = 20 - 24 μm .

Diámetro de la célula palmeloide = 17.9 μm . Grosor del mucílago = 47.7 μm . Perímetro del estado palmeloide = 57.3 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como un organismo xenosapróbico, beta-mesosapróbico en aguas de buena calidad en estado vegetativo y beta-mesosapróbico y polisapróbico con aguas de muy mala calidad en estado palmeloide (Sládecek *et al.* 1981).



Imagen 9.- *Euglena gracilis* Izquierda en estado vegetativo y derecha en estado palmeloide.

Bibliografía: *Dillard, (2000); Prescott (1982), pp 393, 390, lám. 85, fig. 14; Tiffany y Britton (1952), pp 322, 319, fig.1012; John *et al.* (2002), pp. 147, 153, 154, lám. 36; Wehr *et al.* (2015), pp. 387, 392, 399, 404-407.

Nota: La célula en estado vegetativo no fue posible observar su forma real, ya que se contrajo por acción del fijador.

Trachelomonas hispida (Perty) F. Stein 1878.

Sin sinonimia aparente.

Diagnosis: Célula solitaria, nadadora, encerrada en una lóriga parda que impide ver claramente el cloroplasto, semiglobosa con la superficie espinosa, con un cuello corto cubierto de espinas cortas que rodean el poro de inserción del undulipodio.

Largo = 40.3 μm . Ancho = 32.5 μm .

Localidad: Cascada las Brisas y Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Algunas especies del genero reportadas como indicadoras de la calidad del agua (Meave *et al.* 2014).

Especie reportada como un organismo beta-mesosapróbico en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

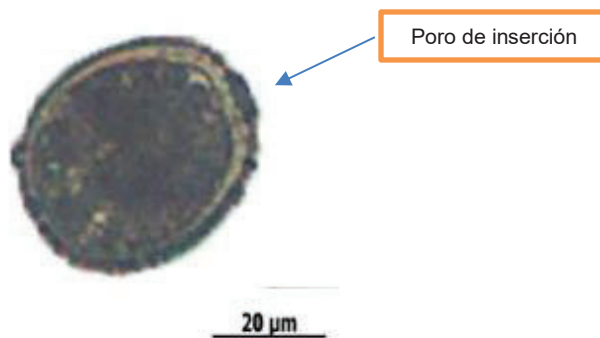


Imagen 10.- *Trachelomonas hispida*. Se puede observar una loriga muy oscura con una superficie espinosa.

Bibliografía: *Dillard (2000); Prescott (1982), pp. 414, 409, lám.84; Tiffany y Britton (1952), pp. 327, 325, fig. 1027; John *et al.* (2002), pp. 172, 174, 175 lám.42 D; Wehr *et al.* (2015), pp. 398, 406, fig. 19 A.

Phylum Miza

Orden Thoracosphaerales

Chimonodinium lomnickii (Woloszynska) Craveiro, Calado, Daugbjerg, Gert Hansen & Moestrup 2011.

Sinonimia: *Peridinium lomnickii*. Woloszynska 1916, *Glenodium lomnickii* (Woloszynska) Lindermann.

Diagnosis: Célula semi esférica en vista basal presenta 9 placas irregulares y un cingulum y sulco profundo, las placas se pueden apreciar escrobiculadas.

Diámetro = 49.2µm

Localidad: Cascada las Brisas y Cascada las Hamacas.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como un organismo oligosapróbico y beta-mesosapróbico en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

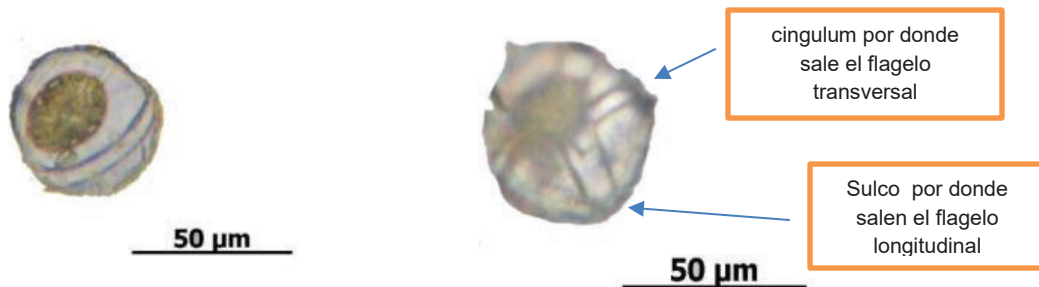


Imagen 11.- *Chimonodinium lomnickii* vista basal de la célula.

Bibliografía: *John, *et al.* (2002), pp. 201, 202, 204, lám. 51I; Prescott (1982), pp. 431, 590; Tiffany y Britton (1952), p. 310; Wehr *et al.* (2015), p. 699.

Phylum Ochrophyta

Orden Synurales

Synura uvella Ehrenberg, 1834.

Sinonimia heterotípica: *Synura reticulata* Lemmermann 1904, *Synura reticulata* var. *verrucosa* Pascher 1908, *Synura uvella* f. *typica* Pascher 1910, *Synura uvella* var. *reticulata* (Lemmermann) Pascher 1910, *Synura verrucosa* Pascher 1913.

Diagnosis: Células formando colonias, cada célula tiene dos flagelos en el ápice, puede presentar 2 cloroplastos parietales interconectados, las colonias son generalmente globosas con un número variado de células, de color verde a pardo dorado.

Largo de las colonias = 25 - 28µm Ancho de las colonias = 9 - 10µm

Localidad: Cascada las Brisas.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como un organismo mesosaprobio, sensibles al dióxido de carbono (Castro de Zaldumbide, 1993).

Especie reportada como un organismo beta-mesosaprobio en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

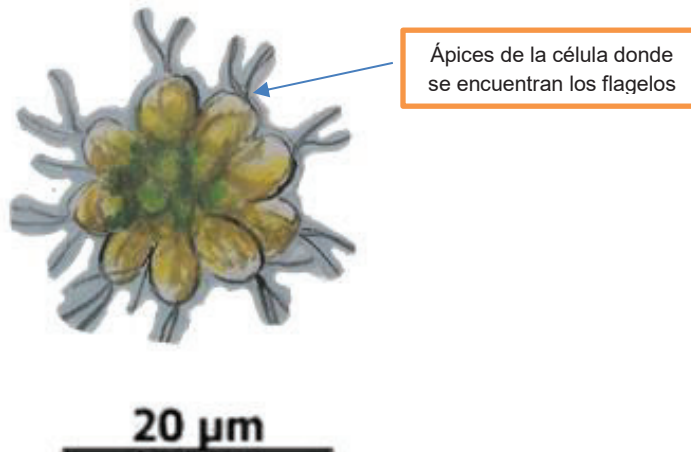


Imagen 12.- *Synura uvella*. Boceto realizado de una muestra fijada.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), pp. 243, 244, lám. 64 K; Prescott (1982), pp. 376, 374, 375, lám. 92, figs. 6, 7; Tiffany y Britton (1952), pp. 300, 299, figs. 939, 940; Wehr *et al.* (2015), pp. 22, 528, 535, 547, 551, fig. 11 E.

Phylum Bacillariophyta

Orden Aulacoseirales

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen 1979.

Sinonimia homotípica: *Gaillonella granulata* Ehrenberg 1843, *Melosira granulata* (Ehrenberg) Ralfs 1861.

Diagnosis: Colonia filamentosa de células cilíndricas, cíngulo visible entre la epivalva e hipovalva, presentan espinas en el margen de la valva que ayudan a la célula a unirse a la célula adyacente que en microscopía de luz se observan como sombras o como un borde dentado, cloroplasto lenticular de color verde a pardo dorado.

Largo = 40 - 45 μm . Ancho = 20 - 25 μm .

Localidad: Cascada las Hamacas.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como indicadora de aguas que tienden a la eutrofización (Hernández *et al.* 1999).

Especie reportada como un organismo beta-mesosapróbico en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

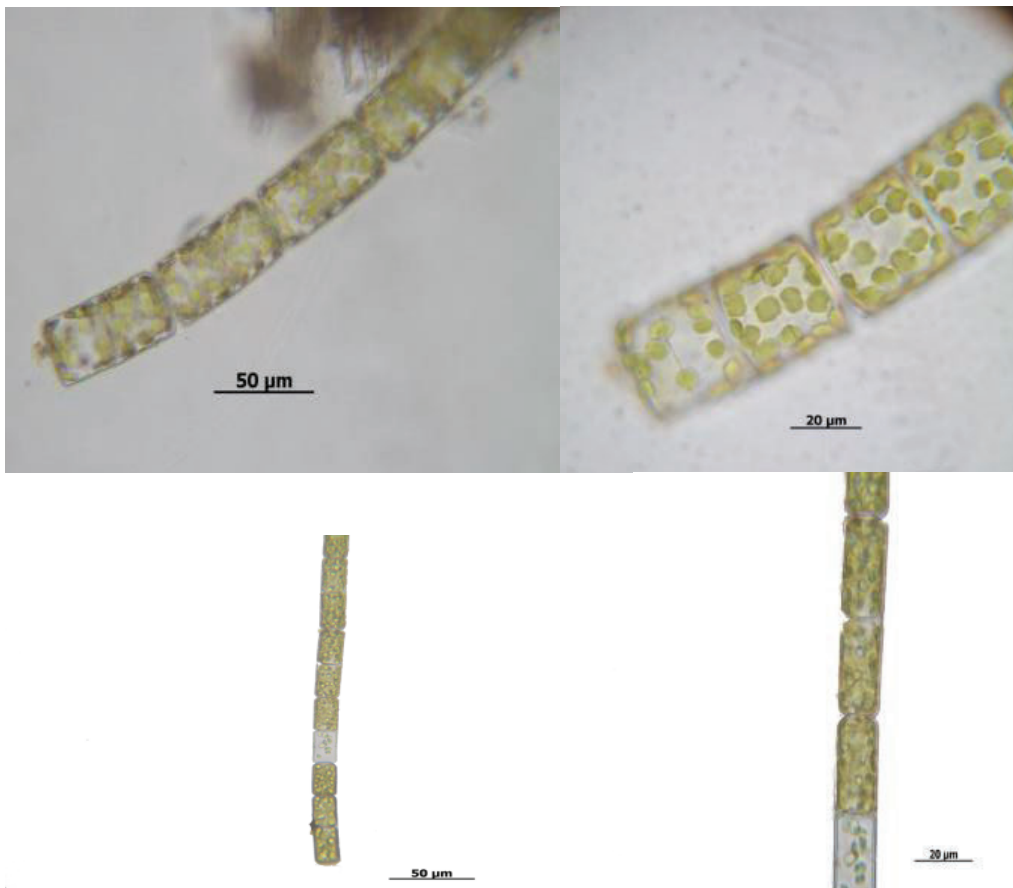


Imagen 13.- *Aulacoseira granulata*. Puede apreciar el cíngulo y cloroplasto lenticular.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 221, 223 f. 667; Prescott (1982), pp. 11, 499; John *et al.* (2002), p. 275; Wehr *et al.* (2015), pp. 20, 33-34, 563, 565, 571-572, 583.

Orden Cymbellales

Cymbella affinis Kützing 1844.

Sinonimia homotípica: *Cocconema affine* (Kützing) West & G.S. West 1905.

Sinonimia heterotípica: *Cocconema nanum* Hantzsch 1862; *Cymbella nana* (Hantzsch) Gutwinski 1903.

Diagnosis: Valvas asimétricas longitudinalmente, transversalmente simétricas, semilanceolado a semielíptico, parte dorsal más convexa que la parte ventral, polos redondeados o semicapitados; curvados hacia el lado ventral; rafe excéntrico; área axial estrecha.

Largo = 20 - 70 μm . Ancho = 7 - 16 μm .

Estrías transversales en 10 μm : 9 - 12.

Localidad: Cascada las Brisas.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como un organismo oligosapróbico en aguas de buena calidad (Sládecek *et al.* 1981).

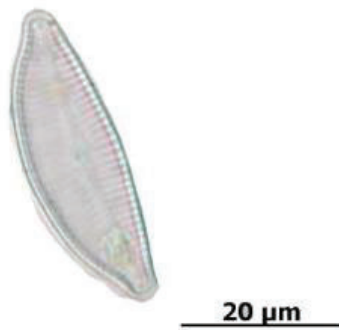


Imagen 14.- *Cymbella affinis*. Se pueden apreciar las estrías de la pared.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 279, 273, fig. 856; Prescott (1982), p. 962; lám. 7, fig. 7; John *et al.* (2002), p. 276; Wehr *et al.* (2015), p. 658, fig. 2 C.

Cymbella mexicana (Ehrenberg) Cleve 1894.

Sinonimia homotípica: *Cocconema mexicanum* Ehrenberg

Diagnosis: Valvas asimétricas longitudinalmente, transversalmente simétricas, dorsalmente convexas, ventralmente ligeramente cóncavas con ápices redondeados. Célula semi-lanceolada. La pequeña área central es circular a ovalada con un estigma grande. Los extremos proximales del rafe se curvan hacia el margen ventral. El rafe ligeramente excéntrico cerca de la mitad de la valva y se vuelve filiforme hacia el extremo distal; las estrías se irradian cerca del centro de la valva y se vuelven paralelas hacia los extremos.

Largo de la célula= 80 - 155 μm . Ancho de la célula = 26 - 33 μm .

Estrías en 10 μm : 6 - 8 en la parte central de la valva y 7 - 10 en los nódulos polares.

Localidad: Cascada las Brisas, Cascada la Gloria y Cascada las Hamacas.

Hábitat: libre flotadora.

Algunas especies reportadas como indicadoras de una buena calidad del agua (Hernández *et al.* 1999).

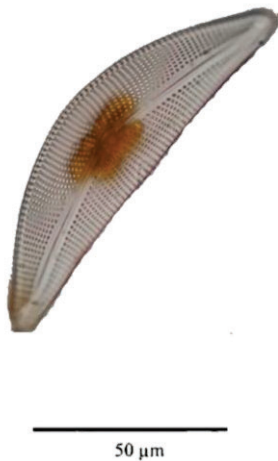


Imagen 15.- *Cymbella mexicana*. Se aprecia la ornamentación de la pared.

Bibliografía: Prescott (1982), p. 962; lám. 7; fig. 7; Tiffany y Britton (1952), pp. 278, 277, fig. 862; John *et al.* (2002), p. 276; Wehr *et al.* (2015), pp. 24, 33, 39, 597, 656, 663,-664, 676, fig. 2.

Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck 1880.

Sinonimia homotípica: *Cocconema tumidum* Brébisson 1849.

Sinonimia heterotípica: *Cymbella stomatophora* Grunow 1875.

Diagnosis: Valvas asimétricas longitudinalmente, transversalmente simétricas, con polos redondeados, lado dorsal convexo y ventral recto, rafe ligeramente excéntrico hacia la parte ventral, área axial estrecha; área central amplia, con estriación convergente.

Largo de la célula = 40 - 105 μm . Ancho de la célula = 15 - 23 μm .

Localidad: Cascada las Brisas y Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Algunas especies reportadas como indicadores de una buena calidad del agua (Hernández *et al.* 1999).

Especie reportada como un organismo alga-mesosapróbico y beta-mesosapróbico en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

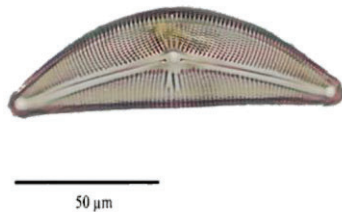


Imagen 16.- *Cymbella tumida*. Se aprecia la ornamentación de la pared de sílice.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 279,273, fig. 856; Prescott (1982), p. 962; lám. 7; fig. 7; John *et al.* (2002), pp. 276; Wehr *et al.* (2015), p. 658, fig. 2 C.

Gomphonema acuminatum Ehrenberg 1832.

Sinonimia homotípica: *Gomphonema acuminatum* var. *laticeps* (Ehrenberg) Grunow 1880.

Diagnosis: Células asimétricas transversalmente y simétricas longitudinalmente, formando una cuña. Un estigma excéntrico en la parte del nódulo central, comúnmente organismos individuales.

Largo = 57.98 μm . Ancho (nódulo central) = 10.44 μm . Ancho (acinturamiento) = 7.22 μm . Lóbulo = 5.03 μm .

Estrías en 10 μm = 7 - 9.

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como indicadora de aguas limpias (Wan Maznah *et al.* 2010).

Especie reportada como un organismo beta-mesosaprobio en aguas de calidad aceptable (Sládeček *et al.* 1981).



50 μm



50 μm

Imagen 17.- *Gomphonema acuminatum*. La vista conectiva, se puede observar cloroplasto y ornamentaciones de la pared.

Bibliografía: *Tiffany y Britton, (1952), pp. 272, 267, fig.830; Prescott (1982), p. 960; lám. 6, fig. 21; John *et al.* (2002), p. 276; Wehr *et al.* (2015), pp. 660, fig. 3 D.

Gomphonema pumilum (Grunow) E. Reichardt & Lange-Bertalot 1991.

Sinonimia homotípica: *Gomphonema vibrio* var. *pumilum* (Grunow) R. Ross,
Gomphonema intricatum var. *pumilum* Grunow

Diagnosis: Células asimétricas transversalmente y simétricas dorsalmente, formando una cuña. Un estigma presente en la zona central o nódulo central. Comúnmente organismos individuales.

Se detectaron colonias en forma de estrella adheridas por medio de mucilago.

Largo = 40 μm . Ancho = 10 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: adheridos a vegetación acuática por medio de masa mucilaginosa.

Algunas especies reportadas como indicadoras de aguas limpias (Wan Maznah *et al.* 2010).

Especie reportada como un organismo olisapróbico en aguas de buena calidad (Sládeček *et al.* 1981).

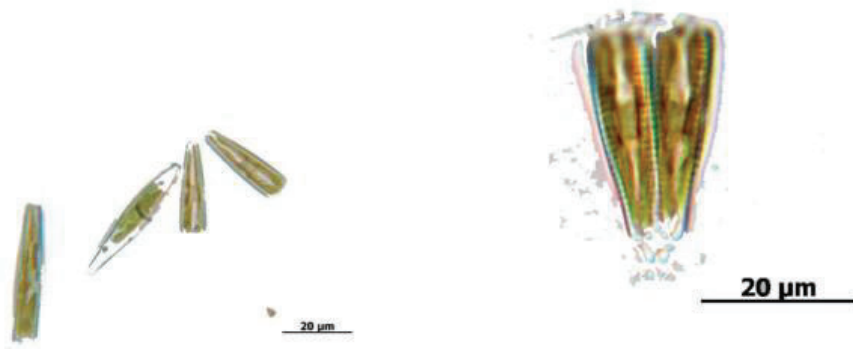


Imagen 18.- *Gomphonema pumilum*. Se puede observar la vista valvar y conectiva.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), p. 270; Prescott (1982), p. 960; Pl. 6, fig. 21; John, *et al.* (2002), p. 276; Wehr *et al.* (2015), p. 24-25, 39, 604, 655-656, 659, 663, 665.

Orden Fragilariales

Fragilaria capucina Desmazieres 1830.

Sinonimia homotípica: *Staurosira capucina* (Desmazières) Comère 1892.

Sinonimia heterotípica: *Fragilaria capucina* f. *lanceolata* (Grunow) Hustedt 1957.

Diagnosis: Células unidas formando bandas o cintas, valvas estrechamente lineales en algunas ampliadas medianamente o ligeramente en los polos, estriación transversal, pseudorafe estrecho con un área central rectangular.

Largo = 40 - 150 μm . Ancho = 1 - 3 μm .

Estrías en 10 μm = 15 - 18.

Localidad: Cascada las Brisas.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como indicadora de aguas limpias (Wan Maznah *et al.* 2010).

Especie reportada como un organismo oligosapróbico y beta-mesosaprobio en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

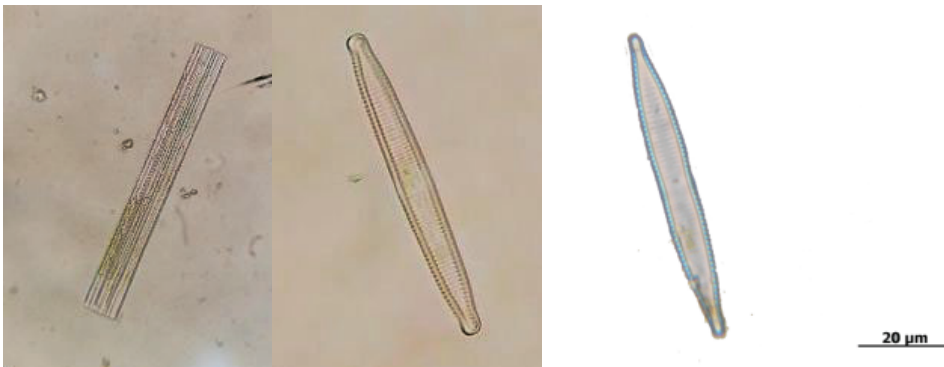


Imagen 19.- *Fragilaria capucina*. Se pueden apreciar las estrías de la pared, también se observa un acinturamiento en el centro.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 234, 233, fig. 698; Prescott (1982), pp. 948; fig. 2; p. 960, lám. 6, fig. 14; John *et al.* (2002), pp. 276, 275; Wehr *et al.* (2015), p. 613, fig. 6.

Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère 2001.

Sinonimia homotípica: *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg 1832, *Bacillaria ulna* Nitzsch 1817.

Diagnosis: Células simétricas transversal y dorsalmente, alargada, colonias formando una banda, área axial angosta y central cuadrangular, ápices redondeados, pseudorafe recto, un cloroplasto laminar con múltiples pirenoides.

Largo = 103 - 319 μm . Ancho = 8 - 10 μm

Estrías en 10 μm = 9.

Localidad: Cascada las Brisas y Cascada las Hamacas.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como indicadora de la calidad del agua (Hernández, 2016).

Especie reportada como un organismo beta-mesosapróbico en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

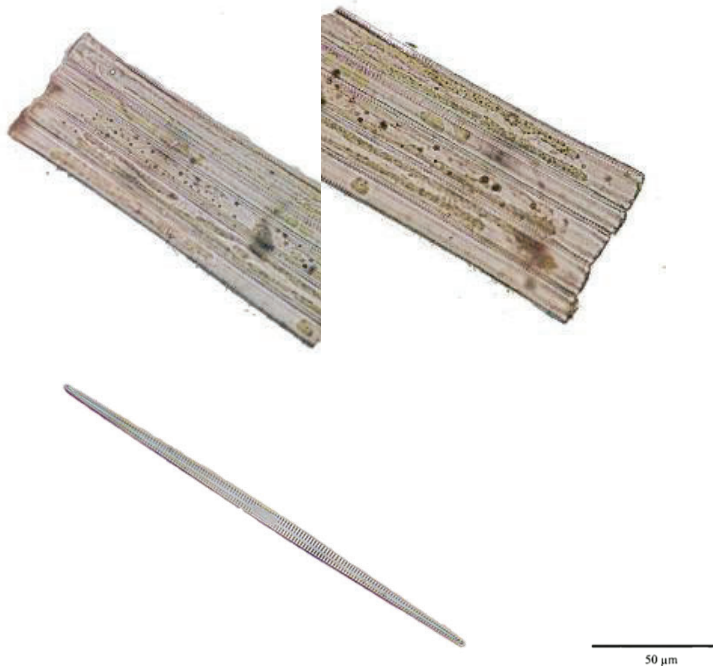


Imagen 20.- *Ulnaria ulna*. Se aprecia un conjunto de organismos unidos flotando libremente.

Bibliografía: *Prescott (1982), p. 960, lám. 6, fig. 9; Tiffany y Britton (1952), pp. 237, 235, fig. 713; John *et al.* (2002), pp. 273, 275; Wehr *et al.* (2015), pp. 25, 36, 621, fig. 12 D.

Orden Melosirales

Melosira varians C. Agardh 1827.

Sinonimia homotípica: *Lysigonium varians* (C. Agardh) De Toni 1892.

Diagnosis: Células cilíndricas formando cadenas, en vista valvar la célula tiene formacircular y en vista conectiva es alargada formando un cilindro, presenta varios cloroplastos lenticulares por célula en la cara interna del frústulo. La cara de la válvula es ligeramente convexa.

Diámetro = 6 - 30 μm . Largo de la célula en vista conectiva = 20 - 40 μm .

Localidad: Cascada las Brisas, Cascada la Gloria y Cascada las Hamacas.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como un organismo beta-mesosapróbico en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

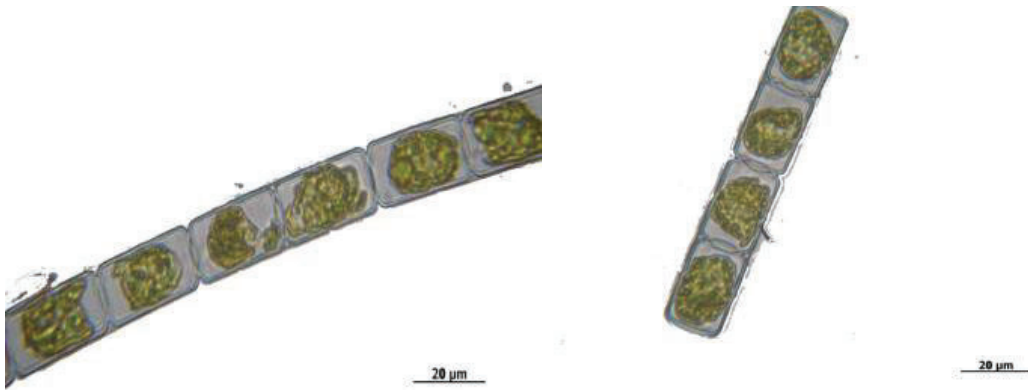


Imagen 21.- *Melosira varians*. Se puede apreciar un cingulo entre las valvas de las células que forman el filamento.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), p. 275; Prescott (1982), pp. 11, 499; Tiffany y Britton (1952), pp. 221, 223, fig. 678; Wehr *et al.* (2015), pp. 33, 576, 583.

Orden Naviculales

Frustulia rhomboides (Ehrenberg) De Toni 1891.

Sinonimia homotípica: *Navicula rhomboides* Ehrenberg 1843, *Vanheurckia rhomboides* (Ehrenberg) Brébisson 1869, *Brebissonia rhomboides* (Ehrenberg) Kuntze 1898; *Frustulia rhomboides* var. *genuina* Cleve-Euler 1952.

Diagnosis: Célula solitaria, libre flotadora o sésil y encerrada en una cubierta gelatinosa, valva en forma de rombo lanceoladas.

Largo = 70 - 160 μm . Ancho = 15 - 30 μm .

Estrías transversales en 10 μm : 23 - 30.

Estrías longitudinales en 10 μm : 20 - 30.

Localidad: Cascada las Brisas y Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como un organismo xenosapróbico y oligosapróbico en aguas de muy buena calidad (Sládecek *et al.* 1981).



Imagen 22.- *Frustulia rhomboides*. Se puede observar un cloroplasto laminar que cubre casi toda la pared celular.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 245, 247, fig.754; Prescott (1982), p. 962; lám. 7, fig. 6; John *et al.* (2002), p. 276; Wehr *et al.* (2015), pp. 40, 645, fig. 5 A.

Navicula sp.

Diagnosis: Las células generalmente solitarias y libres de forma elíptica, a veces similares a bandas; válvas rectas, transversal y longitudinalmente simétricas; rafe central filiforme, esternón espeso, dos cloroplastos laminados separados.

Largo = 10 μm . Ancho = 3 - 6 μm .

Localidad: Cascada las Hamacas.

Hábitat: epifita de otras algas o de la vegetación cercana.

Algunas especies reportadas como indicadoras de aguas limpias; pero también hay algunas de aguas polisaprobias (Almeida, 2001).

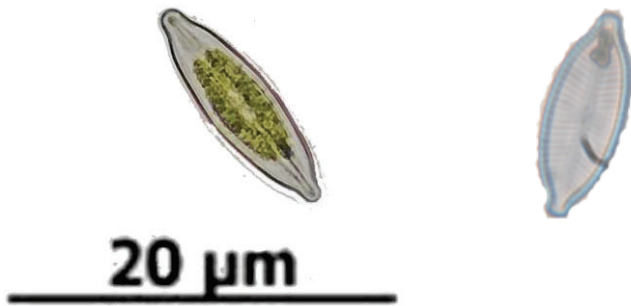


Imagen 23. – *Navicula sp.* Se puede apreciar un rafe y esternón que va de polo a polo.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), p. 250; Prescott (1982), p. 962, lám.7, fig. 10; John *et al.* (2002), pp. 274, 276; Wehr *et al.* (2015), pp. 24, 43, 39, 43, 45, 597, 637, 640-641, 643, 645, 647.

Pinnularia socialis (T. C. Palm.) Hustedt 1913.

Sinonimia homotípica: *Navicula socialis* T. C. Palmer

Diagnosis: En vista valvar simétricas longitudinal y dorsalmente, ligero ensanchamiento en la parte central de la célula, 2 cloroplastos laminares a lo largo de la pared de la célula, 1 o 2 pirenoides; estrías que no llegan a tocar el rafe y el nódulo central, nódulos polares a cada extremo de la célula, quilla visible sobre la que corre el rafe.

Células cubiertas por una capa mucilaginosa que les permite mantenerse unidas a otras células. En vista conectiva se observan ambas valvas, un manto estrecho y un cíngulo ancho.

Largo = 300 - 400 μm . Ancho = 40 - 45 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Algunas especies reportadas como indicadoras de aguas contaminadas (Wan Maznah *et al.* 2010).

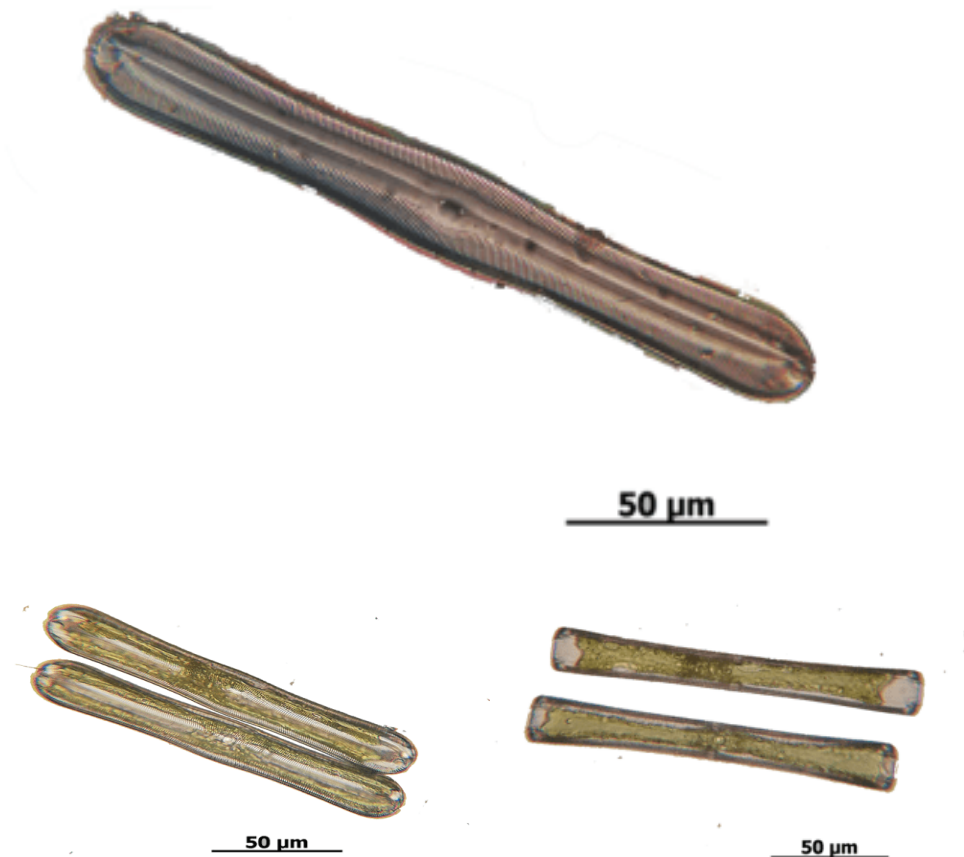


Imagen 24. – *Pinnularia socialis*. Se pueden observar los nódulos polares, nódulo central y rafe.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), p. 256; Prescott (1982), p. 962; lám.7, fig. 12; John *et al.* (2002), p. 277; Wehr *et al.* (2015), pp. 24, 39, 41, 638-639, 646, 649-650.

Orden Rhopalodiales

Rhopalodia gibba (Ehrenberg) O. Müller 1895.

Sinonimia homotípica: *Navicula gibba* Ehrenberg 1832. *Epithemia gibba* (Ehrenberg) Kützing 1844.

Diagnosis: La vista valvar presenta un ensanchamiento en la parte media dorsal, polos ampliamente redondeados, valvas ligeramente curvadas en los polos, con el lado ventral casi recto.

En vista conectiva se puede observar ambas valvas, estrías transversales que no llegan a tocar el rafe ni el nódulo central; presenta pirenoide y un cloroplasto laminar.

Largo = 60 - 80 μm . Ancho = 20 - 25 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Algunas especies del genero reportadas como indicadoras de ambientes sedimentarios importantes en paleobiología (Meave *et al.* 2014).

Especie reportada como un organismo oligosapróbico y beta-mesosapróbico en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

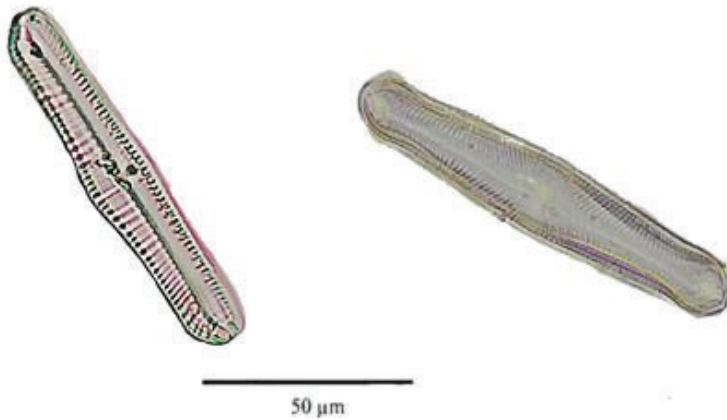


Imagen 25.- *Rhopalodia gibba*. Se aprecia la forma de la válvula al estar sola.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 282, 283, fig. 884; Prescott (1982), p. 960, lám. 6, fig. 20; John *et al.* (2002), p. 277; Wehr *et al.* (2015), p. 678, fig. 27.

Orden Surirellales

Campylodiscus noricus Ehrenberg ex Kützing 1844.

Sinonimia homotípica: *Surirella norica* (Ehrenberg) Brun 1880, *Campylodiscus hibernicus* var. *noricus* (Ehrenberg) van Heurck 1896.

Diagnosis: Las células de *Campylodiscus* son relativamente grandes, solitarias en forma de disco en vista valvar y en forma de medialuna en vista conectiva, presenta un pseudorafe que no se alcanza a definir en la imagen.

Diámetro de la célula= 50 - 150 µm.

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como un organismo xenosapróbico en aguas de muy buena calidad (Sladeczek *et al.* 1981).



Imagen 26.- *Campylodiscus noricus*. Se aprecia el cloroplasto de la célula, boceto de las posiciones en las que se puede encontrar este organismo. El pseudorafe que no se alcanza a definir en la imagen.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 289, 295, fig. 934; Prescott (1982), pp. 289, 295, fig. 934; John *et al.* (2002), p. 276; Wehr *et al.* (2015), p. 679, figs. 29-30.

Iconella hibernica (Ehrenberg) Ruck & Nakov 2016.

Sinonimia homotípica: *Campylodiscus noricus* var. *hibernicus* (Ehrenberg) Grunow 1862.
Campylodiscus hibernicus Ehrenberg 1845.

Diagnosis: Célula solitarias, circulares vistas en posición valvar, frústulo en forma de silla de montar en vista conectiva, presenta numerosas costillas en la superficie valvar que van desde el margen de la misma hasta la zona central de la célula.

Diámetro= 25 - 150 μm .

Localidad: Cascada las Hamacas.

Hábitat: libre flotadora.



Imagen 27.- *Iconella hibernica*. Se aprecia las costillas de célula.

Bibliografía: *Ojeda (2011). p. 195, figs. 1,2; Prescott (1982), p. 960, lám. 6, fig. 1; Tiffany y Britton (1952), p. 289; John *et al.* (2002), p. 276; Wehr *et al.* (2015), p. 43, 670, 672, 675, 681.

***Surirella* sp.**

Diagnosis: Célula de gran tamaño, pared celular formada por silicatos, valvas heteropolares, cloroplasto laminar, estrías rectas que no llegan a tocar el pseudorafe, presenta una ligera torsión desde el eje apical de la célula que solo es visible al intentar girarla.

Largo = 150 - 400 μm . Ancho = 50 - 150 μm .

Localidad: Cascada la Gloria y Cascada las Brisas.

Hábitat: libre flotadora.

Algunas especies reportadas como indicadoras de aguas limpias (Wan Maznah *et al.* 2010).

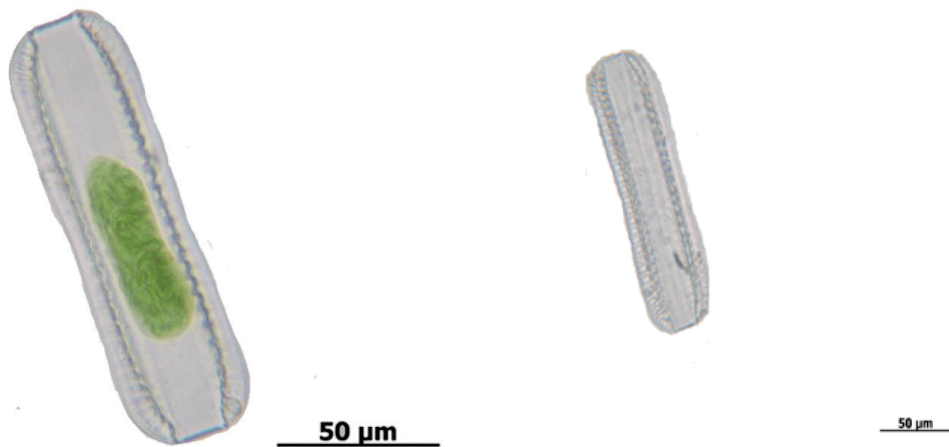


Imagen 28.- *Surirella* sp. Se puede ver dentro de la pared el proceso de clorofagia.

Bibliografía: *Prescott (1982), p. 958; lám. 5, fig. 14; Tiffany y Britton (1952), p. 290; John *et al.* (2002), p. 277; Wehr *et al.* (2015), pp. 39, 670, 672, 680.

Orden Tabellariales

Meridion circulare (Greville) C. Agardh 1831.

Sinonimia homotípica: *Echinella circularis* Greville 1822.

Diagnosis: Células libres flotadoras o formando colonias circulares o semicirculares, valvas en forma de cuña, estrías finamente punzantes.

Largo= 12 - 80 μm . Ancho = 4 - 8 μm .

Costas en 10 μm : 3 - 5.

Estrías en 10 μm : 15.

Localidad: Cascada las Brisas.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como un organismo xenosapróbico y oligosapróbico en aguas de muy buena calidad (Sládecek *et al.* 1981).

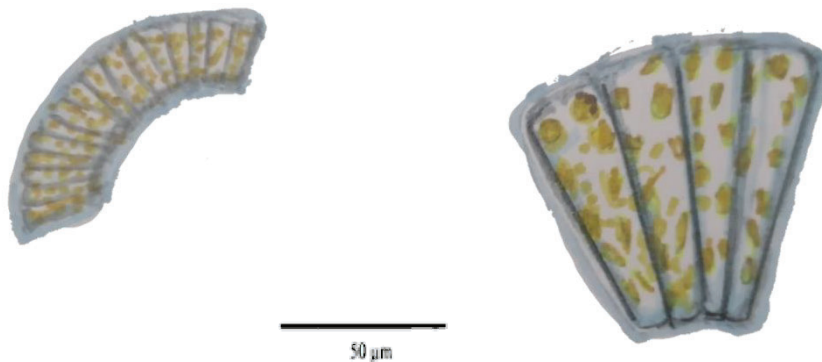


Imagen 29.- Boceto de *Meridion circulare*, se puede apreciar cómo sería el cloroplasto lenticular dentro de la pared celular.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 228, 229, fig. 689, 690; Prescott (1982), p. 960, lám.6, fig. 3; John *et al.* (2002), p. 275; Wehr *et al.* (2015), pp. 616-617, fig. 8.

Phylum Chlorophyta

Orden Chlorellales

Chlorella vulgaris Beijerinck 1890.

Sinonimia homotípica: *Chlorella pyrenoidosa* var. *duplex* (Kutzing) West.

Diagnosis: Célula solitaria, esférica o elipsoidal, con un cloroplasto parietal, usualmente simple y con un solo pirenoide. Pared celular lisa.

Diámetro = 1.5 - 10 μm .

Localidad: Cascada las Hamacas.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como indicadora de aguas que tienden a la eutrofización (Anton, 1981).

Especie reportada como un organismo alga-mesosapróbico y polysapróbicos en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).



10 μm

Imagen 30.- *Chlorella vulgaris*. Se observa que el cloroplasto cubre completamente la célula.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), pp. 329, 335, 336; lám 82 I; Prescott. (1982), pp. 237, 236; lám. 53; Tiffany y Britton (1952), pp. 114, 95, fig. 280; Wehr *et al.* (2015), p. 273, fig. 5 B.

Orden Coleochaetales

Rhizoclonium hieroglyphicum (C. Agardh) Kützing, 1843.

Sinonimia homotípica: *Conferva hieroglyphica* C. Agardh.

Sinonimia heterotípica: *Rhizoclonium hieroglyphicum* var. *typicum* De Toni, *Rhizoclonium aponinum* (Pollini) Kützing 1845, *Microspora fontinalis* (Berkeley) De Toni 1889.

Diagnosis: Colonias filamentosas que pueden generar biofilms de varios centímetros de largo, cloroplasto laminar, con varios pirenoides, células en forma rectangular y ápice del filamento redondeado o agudo.

Largo de la célula = 40 - 50 µm. Ancho = 10 - 15 µm.

Filamentos visibles a la vista de 3 a 8 cm de largo

Localidad: Cascada las Hamacas.

Hábitat: sobre roca o sustrato.

Especie reportada como un organismo oligosapróbico y beta-mesosapróbico en aguas de buena calidad (Sládecek *et al.* 1981).

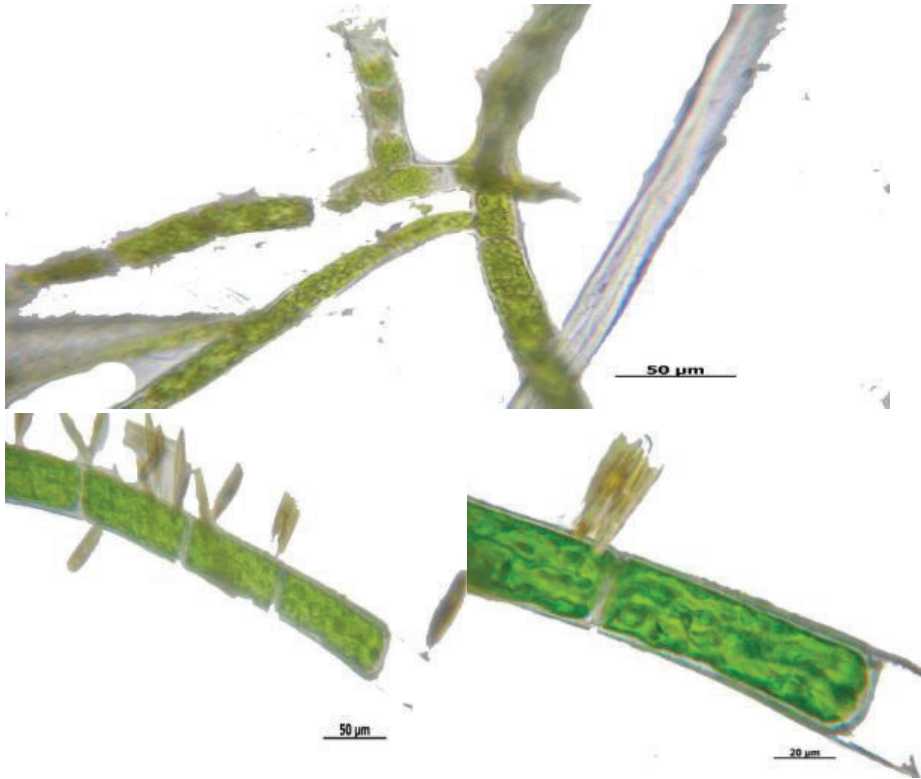


Imagen 31.- *Rhizoclonium hieroglyphicum*. Se observa el cloroplasto y la pared celular; *Gomphonema* sp. como epífita.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), p. 45. F. 91; Prescott (1982), pp. 142, 141; lám. 23, fig. 3; John *et al.* (2002), pp. 440, 470, 474; lám. 117 O; Wehr *et al.* (2015), pp. 208, 318, 321-322, 340, 763, 771, 808-809.

Orden Sphaeropleales

Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs 1848.

Sinonimia homotípica: *Micrasterias falcatus* Corda 1835.

Diagnosis: Células aciculares o fusiformes, con ápices agudos, ligeramente curvadas, solitarias o libremente agregadas, un único cloroplasto parietal, sin pirenoides.

Largo de la célula = 39.1 μm . Ancho de la célula = 2.2 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como indicadora de aguas que tienden a la eutrofización (Figueroa-Torres *et al.* 2015).

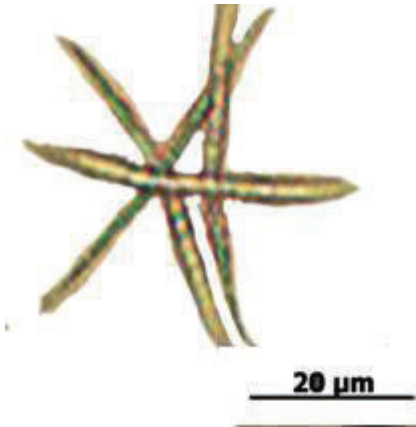


Imagen 32.- *Ankistrodesmus falcatus*. Se puede observar la forma de aguja de las células.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp 118, 114, 99, fig. 307; Prescott (1982), pp. 253, 252; lám. 56; John *et al.* (2002), pp. 330, 396; lám. 97J; Wehr *et al.* (2015), p. 269, fig. 2 A.

Characium strictum A.Braun 1855.

Sinonimia heterotípica: *Characium brunthaleri* Printz 1916.

Diagnosis: Células elipsoidales o cilíndricas, redondeadas en la parte anterior, con un cloroplasto laminar en posición parietal y un pirenoide, un estipe fuerte con el que se ancla a otros organismos.

Largo de la célula = 16 - 44 μm . Ancho de las células de 4 - 8 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: epífita en vegetación acuática.

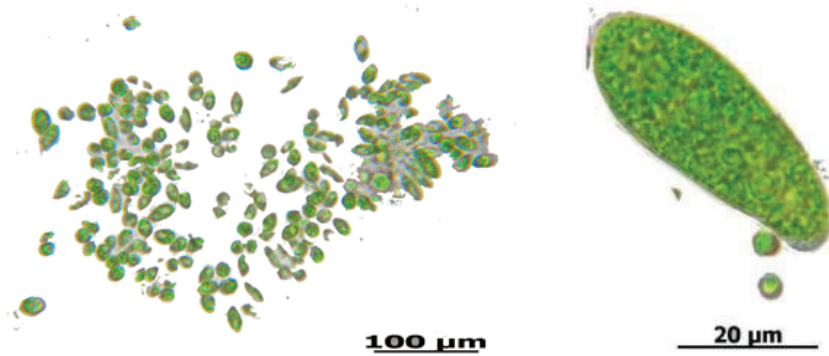


Imagen 33.- *Characium strictum*. Se pueden apreciar las vacuolas por debajo del cloroplasto.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), p. 108; Prescott (1982), pp. 215, 214, 256, 357, 579; John et al. (2002), pp. 248, 289, 331, 333-334; Wehr *et al.* (2015), pp. 254, 258, 260, 270, 441, 454.

Desmodesmus communis (E. Hegewald) E. Hegewald 2000.

Sinonimia homotípica: *Scenedesmus communis* E. Hegewald 1977.

Sinonimia heterotípica: *Scenedesmus quadricauda* Chodat 1926.

Diagnosis: De 4 a 8 células generalmente en pares, con ápices redondeados, acomodados en forma lineal, con espinas a los lados externos del cenobio; pared celular transparente con cloroplasto laminar.

Largo de la célula = 19 μm . Ancho de la célula = 6.3 μm . Largo total = 24.9 μm . Largo espina = 4.5 μm .

Localidad: Cascada la Gloria y Cascada las Hamacas.

Hábitat: libre flotadora.

Algunas especies reportadas como indicadoras de aguas que tienden a la eutrofización (Figueroa-Torres *et al.* 2015).

Especie reportada como un organismo beta-mesosapróbico en aguas de mala calidad (Sládecek *et al.* 1981).

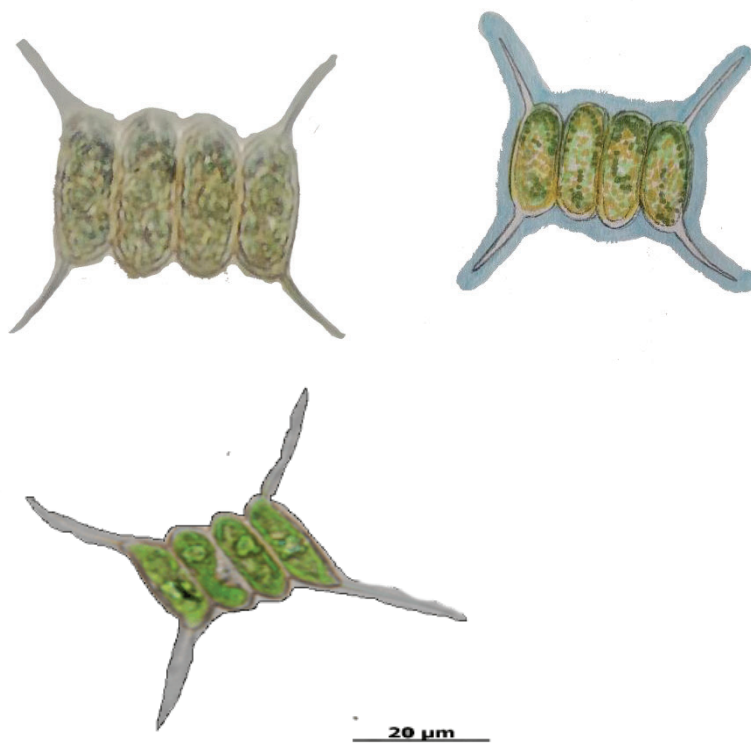


Imagen 34.- *Desmodesmus communis*. Se puede observar una pared que divide cada una de las células que lo conforman, boceto del organismo donde se pueden apreciar las espinas de las células.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 122, 107, fig. 357; Prescott (1982), pp. 280, 274; lám. 64, fig. 2; John *et al.* (2002), p. 392, lám. 95E; Wehr *et al.* (2015), p. 44.

Golenkinia paucispina W. West and G. S. West.

Sinonimia heterotípica: *Golenkinia radiata* var. *brevispina* Tiffany & Ahlstrom, *Micractinium paucispinum* (West & G.S. West) Wille.

Diagnosis: Organismos unicelulares, esféricos con muchas proyecciones espinosas alargadas; un solo cloroplasto en forma de copa y un pirenoide. Reproducción asexual por autosporas.

Diámetro = 20 μm . Largo de las proyecciones = 15 - 20 μm .

Localidad: Cascada las Hamacas.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como indicadora de aguas que tienden a la eutrofización (Figueroa-Torres *et al.* 2015).

Especie reportada como un organismo beta-mesosapróbico en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

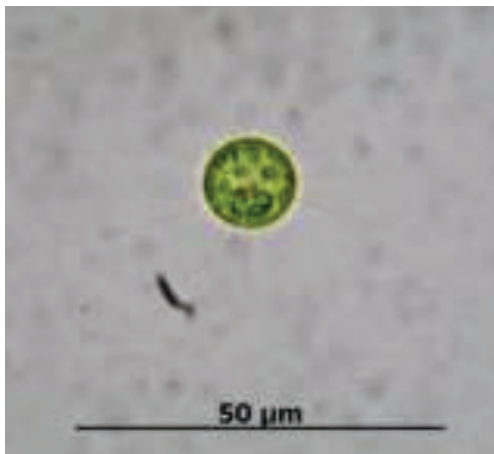


Imagen 35.- *Golenkinia paucispina*. Se pueden apreciar unas proyecciones que surgen de la pared celular.

Bibliografía: *Wehr *et al.* (2015), p. 356, fig. 88 G; John *et al.* (2002), pp. 356, 359. lám. 88 G; Tiffany y Britton (1952), p. 104, fig 279.

Hydrodictyon reticulatum (Linnaeus) Bory 1824.

Sinonimia heterotípica: *Hidrodictyon utriculatum* Roth 1800. *H. pentagonum* Vaucher 1803.

Diagnosis: Colonias en forma de redes que son visibles a simple vista, cloroplasto laminar en colonias jóvenes y reticular en las maduras, visible en toda la pared celular; cada una de las células se une a la siguiente en los lóbulos de los extremos.

Largo = 160 - 170 μm . Ancho = 40 - 50 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: flotante.

Especie reportada como indicadora de aguas que tienden a la eutrofización (Figueroa-Torres *et al.* 2015).

Especie reportada como un organismo beta-mesosapróbico en aguas de mala calidad (Sládecek *et al.* 1981).

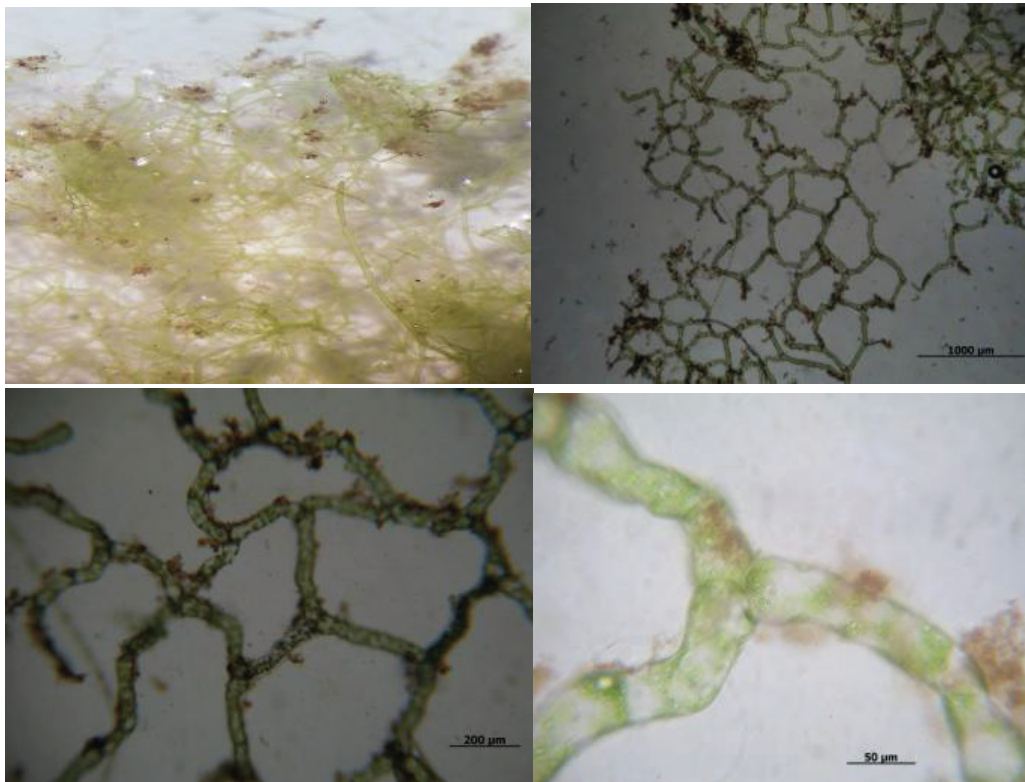


Imagen 36.- *Hydrodictyon reticulatum*. Se puede observar cómo las células se unen para formar una red que les permite flotar.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 110, 95, fig. 289; Prescott (1982), pp. 219, 576, lám. 47; John *et al.* (2002), pp. 1, 358, 403, lám. 99 S; Wehr *et al.* (2015), p. 287, fig. 15 B.

Pediastrum duplex Meyen 1829.

Sinonimia heterotípica: *Pediastrum napoleonis* Ralfs, *P. pertusum* Kützing, *P. duplex* f. *genuinum* Arnold & Aleksenko, *P. selenaea* Kützing 1845, *P. pertusum* var. *genuinum* A. Braun 1855, *P. duplex* var. *reticulatum* Lagerheim 1882, *P. duplex* var. *clathratum* (A. Braun) Lagerheim 1882, *P. duplex* var. *genuinum* (A. Braun) Lagerheim 1882.

Diagnosis: Células marginales con 2 proyecciones cortas; cenobio de 8 a 128 células, con perforaciones cóncavas entre las células internas, presentan un cloroplasto parietal y un pirenoide.

Diámetro = 11 - 21 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: Libre flotadora.

Especie reportada como indicadora de aguas que tienden a la eutrofización (Figueroa-Torres *et al.* 2015).

Especie reportada como un organismo beta-mesosapróbico en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

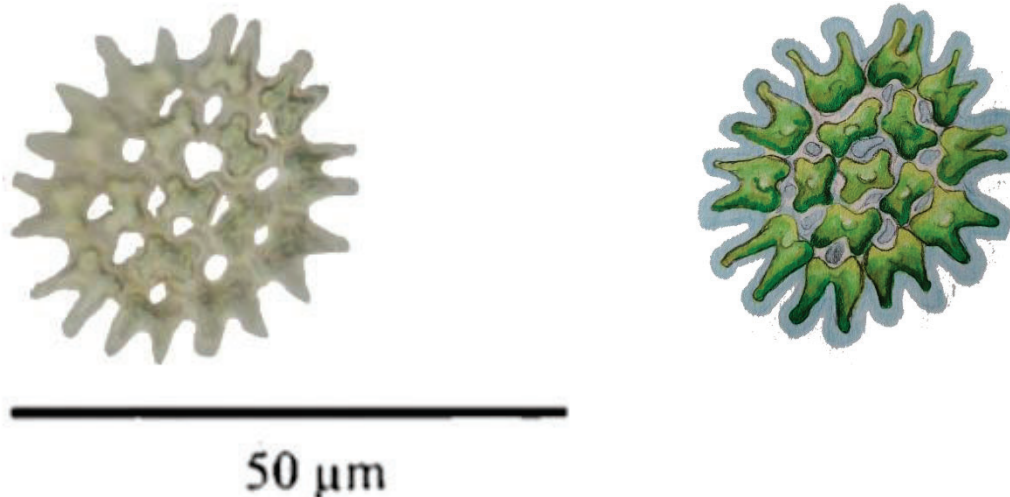


Imagen 37.- *Pediastrum duplex*. Se aprecia un cenobio con espacios entre las células que lo conforman, cada una de estas presenta su propio cloroplasto y pirenoide.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 112, 97, fig.300; Prescott (1982), pp. 223,11, 221; lám.48, fig. 4; John *et al.* (2002), pp. 376, 377, 378. lám. 93 I; Wehr *et al.* (2015), pp. 43, 254-255, 257-258, 263, 295, 301.

Pseudopediastrum boryanum (Turpin) E. Hegewald 2005.

Sinonimia homotípica: *Helierella boryana* Turpin 1828, *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini 1840.

Diagnosis: Cenobio formado por 16 a 152 células; marginales con dos proyecciones cilíndricas que exceden la longitud celular y a veces terminan en una punta globular; células internas, raramente con pequeños espacios intercelulares, cada célula presenta un cloroplasto y un pirenoide.

Diámetro del cenobio = 70 - 80 μm .

Localidad: Cascada la Gloria y Cascada las Brisas.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como indicadora de aguas que tienden a la eutrofización (Figueroa-Torres *et al.* 2015).

Especie reportada como un organismo beta-mesosapróbico en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).

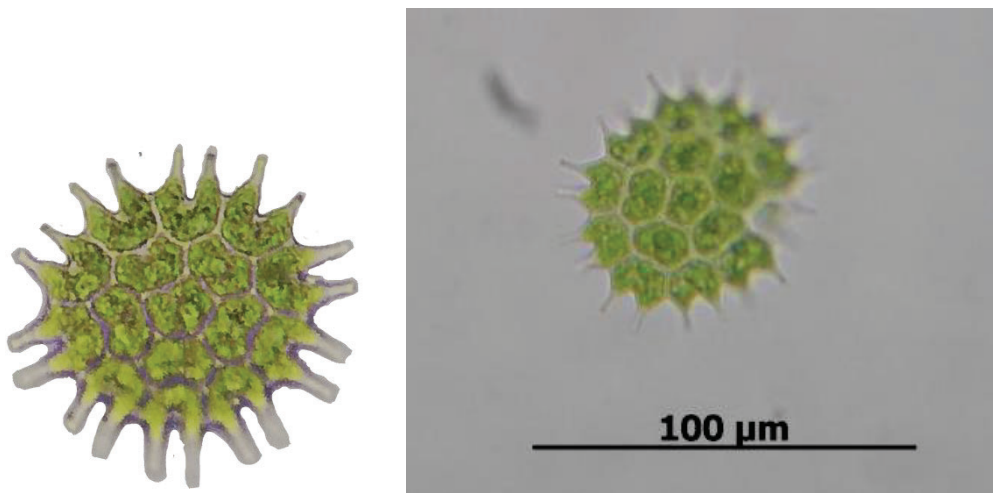


Imagen 38.- *Pseudopediastrum boryanum*. Se aprecia un cenobio, este no presenta espacios entre las células que lo conforman además cada una de las células presenta su propio cloroplasto y pirenoide.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), pp. 340, 377, 378, lám. 93 C; Prescott (1982), pp. 222, 221; lám. 47, 48, fig. 3; Tiffany y Britton (1952), pp. 112, 97, figs. 295, 296; Wehr *et al.* (2015), pp. 43, 254-255, 257-258, 263, 295, 301.

Phylum Charophyta
Orden: Desmidiales

Closterium incurvum Brébisson 1856.

Sinonimia homotípica: *Closterium venus* var. *incurvum* (Brébisson) Willi Krieger 1933.

Diagnosis: Célula fuertemente curvada que forma un arco de 152° o en forma de luna, polos redondeados, pared celular lisa incolora, sin constricción media, cloroplasto formado por 3 crestas longitudinales que presentan un istmo en la parte media de la célula, de 1 a 3 pirenoides esparcidos a lo largo del cloroplasto en cada semicélula.

Largo = 59 µm. Ancho = 7.9 µm. Ancho ápice = 2.7 µm.

Localidad: Cascada la Gloria y Cascada las Brisas.

Hábitat: libre flotadora.

Algunas especies del genero reportadas como indicadoras de aguas que tienden a la eutrofización (Figueroa-Torres *et al.* 2015).

Especie reportada como un organismo beta-mesosapróbico en aguas de mala calidad (Sládecek *et al.* 1981).

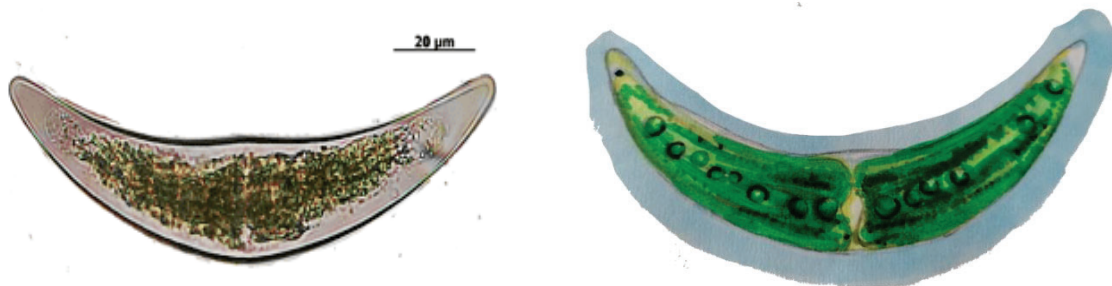


Imagen 39.- *Closterium incurvum*. Se pueden apreciar las 3 crestas longitudinales del cloroplasto.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), pp. 518, 520, 522; lám. 129 P; Prescott (1982), p. 255; Tiffany y Britton (1952), pp. 173, 165, fig. 542; Wehr *et al.* (2015), pp. 40,361-362, 364, 367-368, 372, 377.

Closterium kuetzingii Brébisson 1856.

Sinonimia heterotípica: *Closterium kuetzingii* var. *onchyosporum* West & G.S. West 1905, *Closterium kuetzingii* var. *laeve* Willi Krieger 1935.

Diagnosis: Célula alargada, reduciendo el ancho en los extremos de la misma, ligeramente curvados, redondeados y en algunos casos hinchados, cloroplasto claramente visible solo en la parte media, 4 a 10 pirenoides axiales, pared incolora y con 8 a 12 estriaciones.

Largo = 300 - 500µm. Ancho = 15 - 25µm. Ápice de la célula = 2.5 - 3.5 µm.

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como un organismo oligosapróbico en aguas de buena calidad (Sládecek *et al.* 1981).



Imagen 40.- *Closterium kuetzingii*. Se puede observar el cloroplasto y los polos ligeramente curvados.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), pp. 517, 523, 525, 526, lám. 130 N; Prescott (1982), p. 255; Wehr *et al.* (2015), pp. 40,361-362, 364, 367- 368, 372, 377.

Closterium moniliferum Ehrenberg ex Ralfs 1848.

Sinonimia heterotípica: *Lunulina monilifera* Bory 1824.

Diagnosis: Células de gran tamaño, margen externo variable de 82 - 165° de arco, el interno por lo general túmido en la región media, a veces recto o ligeramente cóncavo; ápices de cónicos a redondeados de 8 - 10 µm de ancho; cloroplastos con istmo, y 3 - 6 crestas longitudinales visibles que contienen una serie de ejes de 2 - 10 pirenoides, en algunas células estos se encuentran dispersos; paredes generalmente incoloras, al parecer lisas o muy delicadamente estriadas con 14 - 20 estrías longitudinales en 10 µm; vacuolas terminales esféricas, que contienen numerosos cristales.

Largo = 200 - 350 µm. Ancho = 35 - 55 µm.

Localidad: Cascada la Gloria y Cascada las Brisas.

Hábitat: libre flotadora.

Algunas especies del genero reportadas como indicadoras de aguas que tienden a la eutrofización (Figueroa-Torres *et al.* 2015).

Especie reportada como un organismo beta-mesosapróbico en aguas de mala calidad (Sládecek *et al.* 1981).

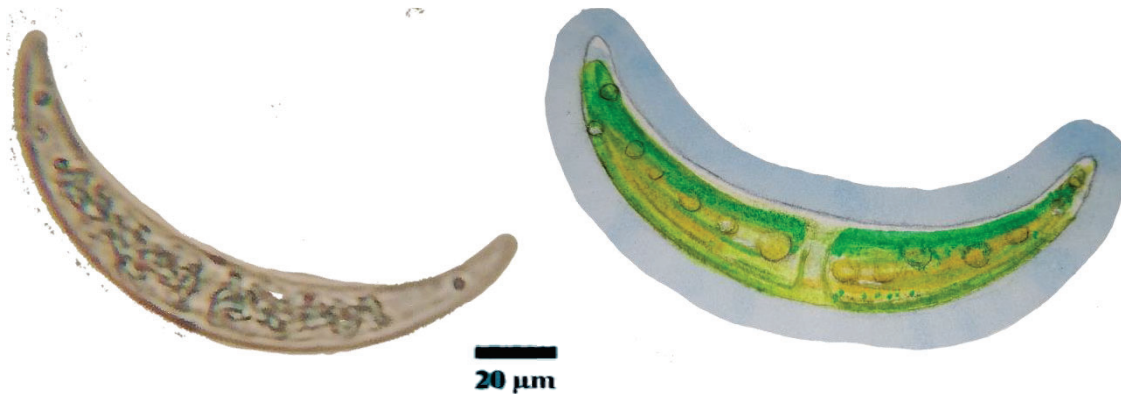


Imagen 41. - *Closterium moniliferum*. Se encuentran múltiples pirenoides dentro de la pared celular, a la derecha boceto que denota las características del organismo.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), pp. 517, 522, 524, 526; lám. 130 A; Prescott (1982), p. 255; Tiffany y Britton (1952), pp. 172, 171, fig. 549; Wehr *et al.* (2015), pp. 40,361-362, 364, 367-368, 372, 377.

Closterium turgidum Ehrenberg ex Ralfs 1848.

Sin sinonimia aparente.

Diagnosis: Célula sin constricción media a nivel de pared, ligeramente curvada formando un arco túbido de 45°, polos redondeados de 12 µm de ancho, pared celular incolora que presenta 20 estriaciones visibles, cloroplasto con istmo, sin crestas apreciables con 7 pirenoides a lo largo del mismo.

Largo = 1010 µm. Ancho = 55.7 µm.

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Algunas especies del genero reportadas como indicadoras de aguas que tienden a la eutrofización (Figueroa-Torres *et al.* 2015).



Imagen 42.- *Closterium turgidum*. Presencia de tumides en el arco interno de la célula.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 170, 171, fig. 553; Prescott (1982), p. 255; John *et al.* (2002), pp. 517, 527, 590, lám. 144 C; Wehr *et al.* (2015), pp. 40,361-362, 364, 367-368, 372, 377.

Cosmarium fontigenum Nordstedt 1878.

Sin sinonimia aparente

Diagnosis: Células con un istmo recto y estrecho, externamente abierto e internamente engrosado; semicélulas transversalmente trapeziformes, con el margen curvado hasta llegar al ápice, el cual se ve de truncado a ligeramente convexo, presenta paredes con ondulaciones finas.

Largo = 20 - 26 μm . Ancho= 20 - 28 μm .

Localidad: Cascada las Brisas.

Hábitat: libre flotadora.

Algunas especies del genero reportadas como indicadoras de aguas que tienden a la eutrofización (Figueroa-Torres *et al.* 2015).

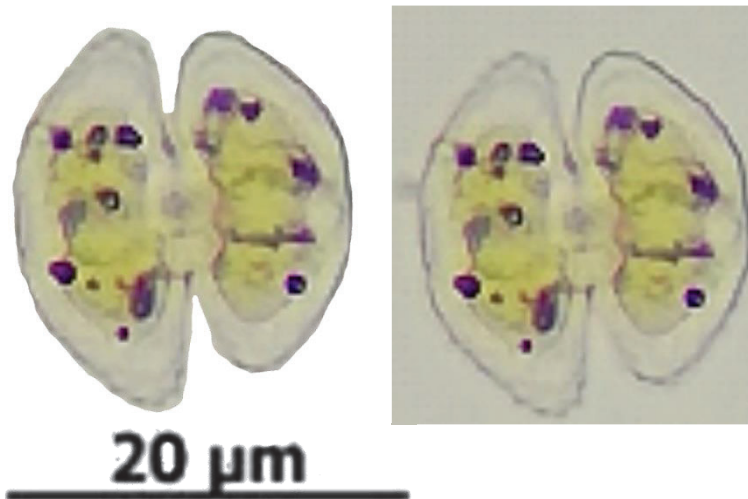


Imagen 43.- *Cosmarium fontigenum*. Se pueden apreciar pirenoides teñidos con lugol.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), pp. 533, 537, 539; lám. 132 H; Prescott (1982), p. 957; lám. 3, figs. 1, 2, 3; Tiffany y Britton (1952), p. 182, lám. 53, 54; Wehr *et al.* (2015), pp. 354, 356, 364, 368, 374-376.

Cosmarium subprotumidum Nordstedt 1876.

Sinonimia: Sin sinonimia aparente.

Diagnosis: Célula semicircular con bordes crenados en los laterales y aplandado en el ápice, con crestas o gránulos en una pared gruesa, presenta un ligero istmo.

Célula = 14 - 17 μm . Largo total = 32 - 40 μm .

Localidad: Cascada la Gloria y Cascada las Hamacas.

Hábitat: libre flotadora.

Algunas especies del genero reportadas como indicadores de aguas que tienden a la eutrofización (Figueroa-Torres *et al.* 2015).



Imagen 44.- *Cosmarium subprotumidum*. Se pueden apreciar los gránulos de la pared que la hace verse rugosa.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), p. 550; Prescott (1982), p. 957; lám. 3, figs. 1-3; Tiffany y Britton (1952), p. 182, lám. 53, 54; Wehr *et al.* (2015), pp. 354, 356, 364, 368, 374-376.

Desmidium swartzii C. A. Agardh ex Ralfs 1848.

Sin sinonimia aparente.

Diagnosis: Células unidas formando un filamento en espiral, presenta una vaina gelatinosa, la célula es más ancha que larga; la vista apical es triangular, con lados ligeramente cóncavos y ángulos redondeados; presenta una pared lisa, cloroplasto con 3 crestas visibles en vista apical, con pirenoides en cada semicélula.

Largo = 125.2 μm . Ancho = 274.8 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: formando filamentos flotantes o anclados al sustrato.

Especie reportada como un organismo oligosapróbico en aguas de buena calidad (Sládecek *et al.* 1981).

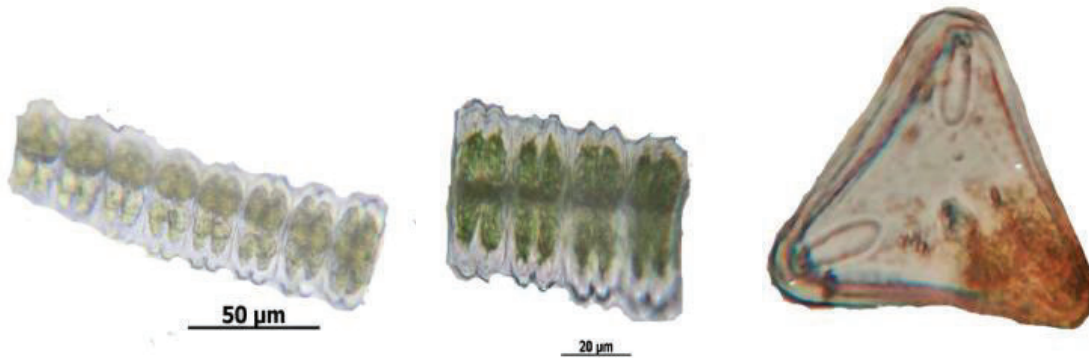


Imagen 45.- *Desmidium swartzii*. Se puede apreciar la forma triangular de la célula al separarse del filamento.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 205, 203, fig. 628; Prescott (1982), p. 218; John *et al.* (2002), pp. 587, 588, 589, lám. 143, fig. L; Wehr *et al.* (2015), pp. 366, 374.

Euastrum spinulosum Delponte 1876.

Sin sinonimia aparente.

Diagnosis: Hemisomas lobulados, 4 lóbulos por cada semicelula, los apicales separados de los laterales los cuales son convexos en su parte media; ápices truncados con una ligera depresión en el centro. Istmo profundo, lineal y dilatado en su parte interna; pared celular ornamentada con pequeñas espinas gruesas, presenta dos vacuolas en cada una de las semicélulas.

Largo = 50 - 60 μm . Ancho = 44 - 48 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

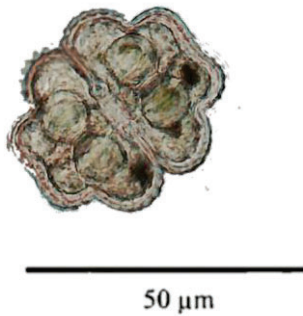


Imagen 46.- *Euastrum spinulosum*. Los lóbulos de la pared hacen que la célula se asemeje a un trébol.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), pp. 288, 353,551; lám. 136; Prescott (1982), p. 957; lám 3, fig. 9; Tiffany y Britton (1952), p. 180, lám. 55; Wehr *et al.* (2015), pp. 361, 368, 375-376.

Orden Zygnematales

Mougeotia quadrangulata Hassall 1843.

Sinonimia homotípica: *Staurospermum quadratum* (Hassall) Kützing.

Sinonimia heterotípica: *Staurocarpus quadratus* Hassall.

Diagnosis: Filamento simple, con células cilíndricas; 1 cloroplasto axial con forma de banda o listón con 10 a 12 pirenoides en una sola hilera irregular. El ápice de una célula embona con la base de la otra (cóncavo y convexo).

Largo = 187.2 μm . Ancho = 14.4 μm .

Localidad: Cascada la Gloria y Cascada las Brisas.

Hábitat: libre flotadora.

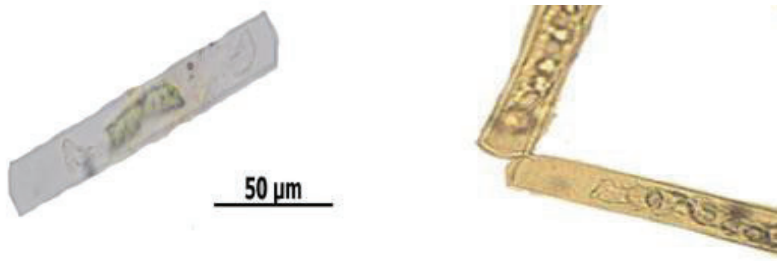


Imagen 47.- *Mougeotia quadrangulata*. Se puede apreciar la forma cóncava y convexa de los polos de la célula.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 130, 129, figs. 411, 412; Prescott (1982), pp. 304, 299; lám. 71, fig. 3-5; John *et al.* (2002), pp. 483, 488, 489, lám. 121 F; Wehr *et al.* (2015), pp. 24-26, 39, 354-355, 363, 366, 369-370, 372, 393, 768.

Mougeotia viridis (Kützing) Wittrock 1872.

Sinonimia homotípica: *Staurospermum viride* Kützing.

Sinonimia heterotípica: *Staurocarpus viride* Hassall.

Diagnosis: Células vegetativas, cloroplastos en forma de listón en posición axial, que ocupan la mayor parte de la célula, con 2 - 6 pirenoides; células cuadradas con ápices cóncavos que embonan en la siguiente célula.

Largo = 40 - 160 μm . Ancho = 6 - 9 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: colonias filamentosas libres flotadoras.

Especie reportada como un organismo oligosapróbico y beta-mesosapróbico en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).



Imagen 48.- *Mougeotia viridis*. Se observan los ápices cóncavos.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 128, 129, figs. 409, 410; Prescott (1982), pp. 306, 299, lám.71, fig. 8-10; John *et al.* (2002), pp. 483, 488, 490, lám. 121 D; Wehr *et al.* (2015), pp. 24-26, 39, 354-355, 363, 366, 369-370, 372, 393, 768.

Netrium digitus (Brébisson ex Ralfs) Itzigsohn & Rothe 1856.

Sinonimia homotípica: *Penium digitus* Brébisson ex Ralfs 1848.

Sinonimia heterotípica: *Closterium digitus* Ehrenberg 1832.

Diagnosis; Célula de tamaño y proporciones variables, no constreñidas, oblongas-elípticas, márgenes convexos, atenuado gradualmente desde el medio hasta los ápices truncados, pared lisa; cloroplasto axial con una constricción media (istmo), con 5-8 placas radiales profundamente serradas en el margen.

Largo = 130 - 187 μm . (Ápices = .12 - 40) Ancho = 32 - 100 μm .

Localidad: Cascada la Gloria y Cascada las Brisas.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como un organismo oligosapróbico en aguas de calidad aceptable (Sládecek *et al.* 1981).



Imagen 49.- *Netrium digitus*. Presenta crestas longitudinales en cada uno de sus cloroplastos.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), pp. 166, 165, fig. 534; Prescott (1982), p. 952, lám. 2, fig. 13; John *et al.* (2002), pp. 512, 513. lám. 128 R; Wehr *et al.* (2015), p. 358, fig. 62.

Pleurotaenium trabecula (Ehrenberg) Nägeli 1849.

Sinonimia heterotípica: *Docidium ehrenbergii* f. *constricta* Playfair, *Closterium trabecula* Ehrenberg 1832, *Docidium trabecula* (Ehrenberg) Reinsch 1866, *Pleurotaenium trabecula* f. *granulatum* G.S. West 1899.

Diagnosis: Células grandes, cilíndricas, alargadas, con una constricción media y un engrosamiento basal a un lado del istmo, ápices redondeados, cloroplastos en forma de bandas longitudinales y pared celular finamente punteada.

Largo = 550 - 600 μm . Ancho = 30 - 35 μm . Istmo (acinturamiento) = 20 - 25 μm . Ápice = 16 - 32 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: libre flotadora.

Especie reportada como un organismo oligosapróbico en aguas de buena calidad (Sládecek *et al.* 1981).

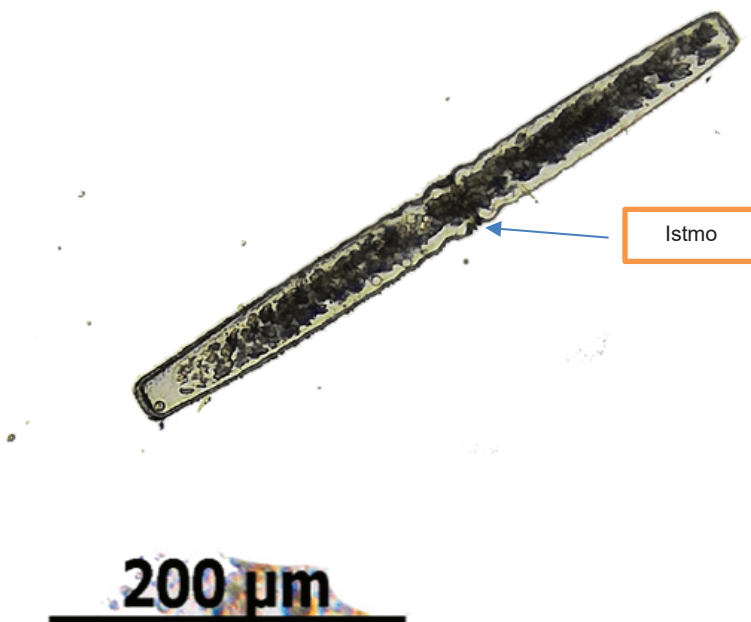


Imagen 50.- *Pleurotaenium trabecula*. Se puede apreciar un istmo bien definido que une a las dos células.

Bibliografía: *John *et al.* (2002), pp. 528, 562, lám. 131 F; Prescott (1982), p. 952; lám. 2, figs. 6, 7; Tiffany y Britton (1952), pp. 178, 179, fig. 609; Wehr *et al.* (2015), pp. 361-362, 366-367, 375, 377.

***Spirogyra* sp.**

Diagnosis: Filamentos de varios centímetros de largo formando tapetes flotantes, presenta un cloroplasto acintado helicoidal, con una gran cantidad de pirenoides visibles al teñir con lugol y un núcleo estrellado conectado a las paredes, mucílago recubriendo exteriormente a la pared celular.

Largo = 100 μm . Ancho = 20 - 30 μm .

Localidad: Cascada la Gloria y Cascada las Brisas.

Hábitat: flotando o adherida al sustrato formando tapetes.

Algunas especies del genero reportadas como indicadoras de aguas que tienden a la eutrofización (Figueroa-Torres *et al.* 2015).

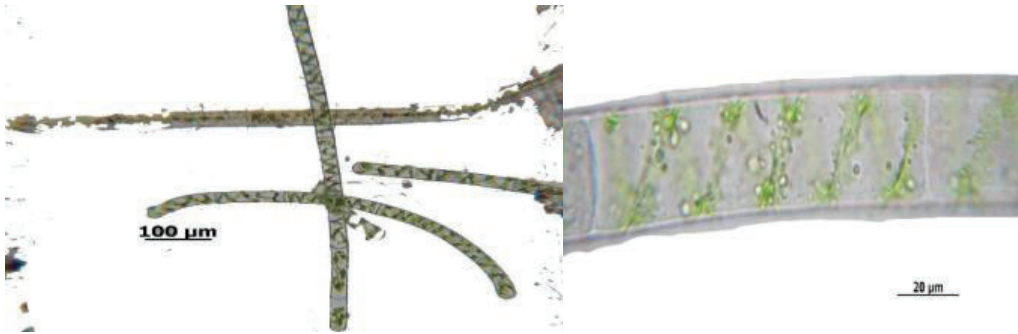


Imagen 51.- *Spirogyra* sp. Se puede apreciar un cloroplasto formando una espiral dentro de la célula.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), p. 140; Prescott (1982), pp. 307, 6, 7, 295, 296, 581, 583; John *et al.* (2002), pp. 5, 11, 17, 20, 285, 293, 332, 468, 480, 481, 490, 491, 509, 515, 527; Wehr *et al.* (2015), pp. 24, 39, 314, 340, 353-354, 362-365, 370-372, 708, 808-810, 818, 820, 822-823.

Zygnema sp.

Diagnosis: Filamentos cortos y no ramificados compuestos de células cilíndricas. Cada célula tiene dos cloroplastos estrellados, con un gran pirenóide central. El núcleo está ubicado dentro del puente citoplásmico que conecta los dos cloroplastos.

Largo total filamento = 157.2 μm . Célula Largo = 53.8 μm . Ancho = 26.1 μm .

Localidad: Cascada la Gloria.

Hábitat: flotando o adherida al sustrato formando tapetes.

Algunas especies del genero reportadas como indicadoras de ambientes sedimentarios importantes en paleobiología (Meave *et al.* 2014).

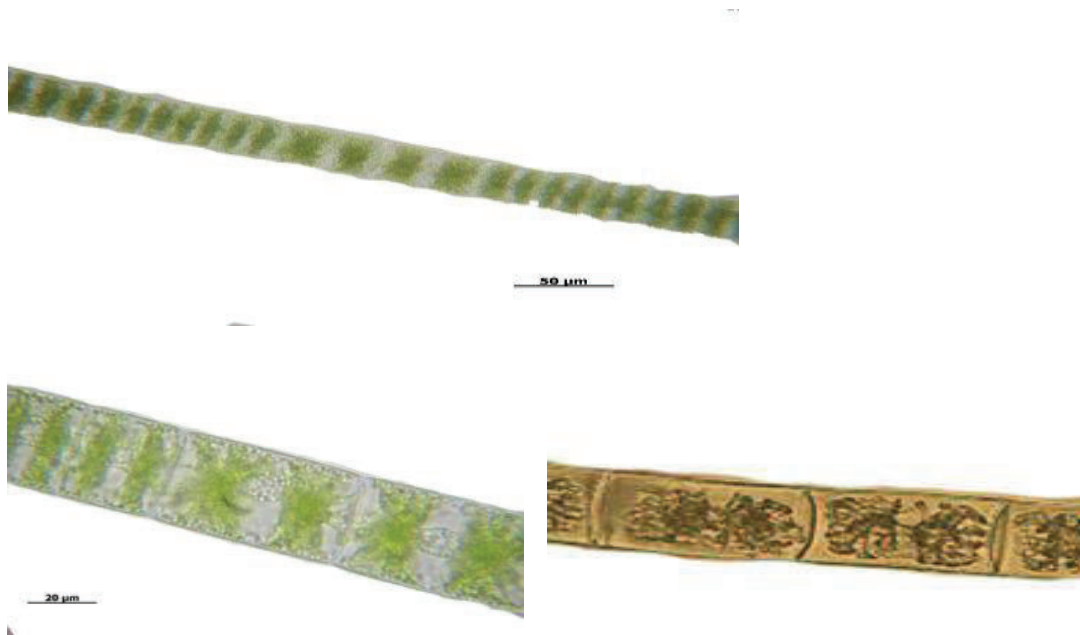


Imagen 52.- *Zygnema sp.* Se puede observar todo el filamento y sus cloroplastos estrellados dentro de las células cilíndricas.

Bibliografía: *Tiffany y Britton (1952), p. 136. láms. 41, 42; Prescott (1982), pp. 323, 23, 296, 327, 329, 581 láms. 74, 78; John *et al.* (2002), pp. 6, 11, 20, 237, 249, 293, 434, 480, 505, 510, lám. 127; Wehr *et al.* (2015), pp. 3, 24, 33, 36, 39, 354, 355, 363, 366, 371-372, 708, fig. 7.