



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**Facultad de Estudios Superiores Iztacala**

**Composición del fitoplancton del lago de Catemaco,**

**Veracruz, México**

**Tesis**

Que para obtener el título de Biólogo

Presenta

**Fayco Sayd Amateco Rivero**

Directora de Tesis

M. en C. Gloria Garduño Solórzano

Los Reyes Iztacala, Estado de México, 2011





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.

Al Proyecto de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) con clave IN208509-3, en especial al M. en C. Mario Alfredo Fernández Araiza y al proyecto PAPCA 2011, número 33 de la FES-Iztacala, quienes confiaron en mi trabajo y mi persona.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México por el aprendizaje que he recibido de ella, el cual me mostró todas las facetas del conocimiento y me sirvió de base para comenzar mi carrera. De igual manera le agradezco a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, a ella le debo el entendimiento, la responsabilidad, la autocrítica y las vivencias que me formaron y acompañarán toda la vida.

Así mismo le doy las gracias a la M. en C. Gloria Garduño Solórzano por toda la dedicación, paciencia, conocimiento y esfuerzo que le brindó a mi tesis y a mi persona, de igual manera le agradezco su forma de pensar, ya que me demostró que solo el trabajo duro y constante son la base del éxito.

A la Dra. Gloria Vilaclara Fatjó, al Dr. Alfonso Lugo Vázquez, a la M. en C. María Guadalupe Oliva Martínez y a la Biol. Ma. de los Ángeles García Gómez quienes por sus grandes consejos y pequeños detalles hicieron de éste trabajo algo de lo que me puedo sentirme muy orgulloso.

Al M. en C. Rafael Emiliano Quintanar Zuñiga, del laboratorio de Fisiología Vegetal de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO) quien permitió darle ese detalle especial a mi trabajo, sin su valiosa colaboración ésta tesis no sería lo que es hoy, al laboratorio de Microscopia por el uso del microscopio invertido y al Acuario de la FES Iztacala por las facilidades del equipo HACH.

Igualmente no puedo dejar de mencionar a la M. en C. Mónica Rodríguez Palacio del Laboratorio de Fisiología Aplicada del Departamento de Hidrobiología en la UAM Iztapalapa por el apoyo en el aislamiento de las cepas de microalgas y a la M. en C. María Berenit Mendoza Garfias, del Instituto de Biología, UNAM quienes con su ayuda aumentaron las expectativas de éste trabajo.

Con mucho cariño agradezco a mi familia y muy especialmente a mis padres, María Rivero García y Esteban Amateco Dionicio, quienes me han criado, educado, soportado y por sobre todas las cosas me dieron la vida, los amo Mamá y Papá.

A mi hermano Octavio Alain Amateco Rivero, con quien no solo comparto sangre, también he compartido experiencias, secretos y travesuras, ese vínculo es algo que nadie va a poder romper.

Con mucho amor agradezco a Silvia Espinoza Espinosa, quien se ha convertido en mi principal confidente, apoyo y aliento; desde que eres parte de mi vida supe que eras alguien especial, pero no creí que llegarías a ser la persona más especial en mi vida, te amo mi cielo.

A los ahora biólogos Shantale Jimena Torroella Miranda, Carlos Alberto Velasquez Pineda y Jonathan Julio Ismael Lorea Hernández quienes fueron los primeros amigos que hice en la FES Iztacala y con los que compartí alegrías, tristezas, enojos y satisfacciones.

A Gabriela Bibiana Martínez Morales, Juan Luis Eduardo Martínez López y Roberto Monjaraz Zuñiga, quienes se convirtieron en mis amigos a partir de la mitad de la carrera, pero que aun así son muy valiosos para mí.

No puedo omitir a Carlos Ignacio Romero González y Felipe Santos Morales Montiel, mis amigos desde la secundaria, siempre me hicieron sentir bien y me ayudaron con uno que otro consejo, ustedes también son importantes para mí.

A mis compañeros de cuarto semestre: Griselda Alvarado Zavaleta, Miriam Elena Valero González, Zyanya Valdez Soto y Saúl Borja Molina quienes fueron los primeros en lanzarse conmigo para iniciar éste proyecto, muchachos también son parte fundamental de esto.

Finalmente a Manuel Bonilla Rodríguez, Diana Lidia Guillén Ruíz, Emma Hernández Hernández, Armando Daniel Corona Arzola y al Sr. Manuel Ávila Cruz, por su apoyo en la parte final del trabajo, sin su valiosa ayuda no lo hubiera conseguido.

A todos ustedes que de alguna u otra forman ayudaron a que éste trabajo superara mis expectativas y a que éste gran paso en mi vida se pudiera dar.

Muchas gracias

# Índice de contenido

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
ANTECEDENTES.....	4
OBJETIVOS.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos particulares.....	5
ÁREA DE ESTUDIO.....	5
Localización.....	5
Clima, precipitación, temperatura y vientos.....	6
Batimetría y morfometría.....	6
Edafología.....	6
Aspectos ligados con la contaminación.....	7
Flora de la cuenca.....	8
Fauna acuática.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Muestreo.....	9
Variables físico-químicas.....	9
Material biológico.....	10
Cultivos.....	10
Determinación taxonómica.....	10
Cuantificación del fitoplancton.....	11
Guía ilustrada de especies.....	12
RESULTADOS.....	12
Variables físico-químicas.....	12
Composición del fitoplancton.....	15
Ficoflora.....	16
Abundancia del fitoplancton.....	22
Dominancia de especies.....	23
Cultivos.....	24
Guía ilustrada de especies.....	25
Cyanoprokaryota.....	26
<i>Radiocystis geminata</i> Skuja.....	26
<i>Cyanodictyon imperfectum</i> Cronberg <i>et</i> Weibull.....	26
<i>Aphanothece comasii</i> Komárková-Legnerová & Tavera.....	27
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen.....	27
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann.....	28
<i>Coelomoron minimum</i> (Bernard) Komárková-Legnerová & Tavera.....	28
<i>Eucapsis parallelepipedon</i> (Schmidle) Komárek <i>et</i> Hindák.....	29
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek.....	29
<i>Cylindropermopsis catemaco</i> Komárková-Legnerová & Tavera.....	30
<i>Cylindropermopsis philipinensis</i> (Taylor) Komárek.....	30
Xantophyta.....	31
<i>Pseudostaurastrum hastatum</i> (Reinsch) Chodat.....	31
Bacillariophyta.....	31
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow.....	31
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen.....	32

<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs.....	33
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg.....	34
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère.....	34
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg.....	35
<i>Cymbella turgida</i> Gregory.....	35
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Cleve.....	36
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki.....	36
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Kützing.....	37
<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) Mann.....	37
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow.....	38
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) Smith.....	38
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson.....	39
Cryptophyta.....	39
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg.....	39
Dinophyceae.....	40
<i>Peridiniopsis cuningtonii</i> Lemmermann.....	40
<i>Peridiniopsis polonicum</i> (Woloszýnska) Bourrelly.....	40
<i>Peridinium umbonatum</i> Stein.....	41
Eugelenophyta.....	41
<i>Euglena variabilis</i> Klebs.....	41
<i>Lepocinclis acus</i> (Müller) Marin <i>et</i> Melkonian.....	42
<i>Phacus acuminatus</i> Stokes.....	42
<i>Trachelomonas hispida</i> (Stein) Deflandre.....	43
<i>Trachelomonas verrucosa</i> f. <i>irregularis</i> Deflandre.....	43
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenberg.....	44
<i>Trachelomonas volvocina</i> var. <i>punctata</i> Playfair.....	44
Chlorophyta.....	45
<i>Chlamydomonas globosa</i> Snow.....	45
<i>Golenkinia radiata</i> (Chodat) Korshikov.....	45
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Buchheim.....	46
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>clathratum</i> Schröter.....	47
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>biwaense</i> Fukushima.....	47
<i>Pseudopediastrum boryanum</i> var. <i>cornutum</i> (Raciborski) Sulek.....	48
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) Buchheim.....	48
<i>Sorastrum americanum</i> (Bohlin) Schmidle.....	49
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i> Printz.....	49
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing.....	50
<i>Lagerheimia subsalsa</i> Lemmermann.....	50
<i>Oocystis marsonii</i> Lemmermann.....	51
<i>Closteriopsis acicularis</i> (Smith) Belcher <i>et</i> Swale.....	51
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius.....	52
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová.....	52
<i>Selenastrum bibraianum</i> Reinsch.....	53
<i>Selenastrum gracile</i> Reinsch.....	53
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs.....	54
<i>Chlorella minutissima</i> Fott <i>et</i> Nováková.....	54
<i>Tetraedron minimum</i> (Braun) Hansgirg.....	55
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim.....	55
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli.....	56

<i>Coelastrum pulchrum</i> Schmidle.....	56
<i>Crucigeniella crucifera</i> (Wolle) Komárek.....	57
<i>Tetrastrum elegnas</i> Playfair.....	57
<i>Scenedesmus bernardii</i> Smith.....	58
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) Hegewald.....	58
<i>Scenedesmus circumfusus</i> Hortobágyi.....	59
<i>Scenedesmus semipulcher</i> Hortobágyi.....	59
<i>Cosmarium blytii</i> Wille.....	60
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs.....	60
DISCUSIÓN.....	62
Variables físico-químicas.....	62
Temperatura.....	62
Transparencia.....	62
Alcalinidad total y pH.....	62
Dureza total.....	63
Oxígeno disuelto.....	63
Nutrientes y Clorofila <i>a</i> .....	64
Nitratos.....	64
Amonio.....	64
Ortofosfatos.....	64
Clorofila <i>a</i> .....	65
Composición del fitoplancton.....	65
Revisión de la taxonomía de <i>Aulacoseira ambigua</i> en Catemaco.....	67
Abundancia del fitoplancton.....	69
Dominancia de especies y eutrofización.....	70
Variación de la riqueza específica.....	71
CONCLUSIONES.....	72
REFERENCIAS.....	73
Direcciones electrónicas consultadas.....	81

## RESUMEN

Las aguas epicontinentales son la base para la vida de un gran número de organismos y han estado asociados con el desarrollo de todas las civilizaciones. En particular los antecedentes para el lago de Catemaco indican que corresponde a un ambiente tropical con una importante riqueza específica de fitoplancton. El objetivo del trabajo fue determinar la composición y cuantificación del fitoplancton en diferentes épocas, en relación con algunas variables físico-químicas del agua y con esta información realizar una guía ilustrada de especies del área de estudio. Se efectuaron tres muestreos, uno en temporada de lluvias (2009), otro en secas (2010) y uno nortes (2011). Las muestras se tomaron en la superficie de cinco estaciones. Se registraron las siguientes condiciones limnológicas: temperatura ambiental y del agua, transparencia, pH, alcalinidad total, dureza total, oxígeno disuelto, nitratos, amonio, ortofosfatos, clorofila *a* y profundidad. Las muestras biológicas se colectaron con una red de 20  $\mu\text{m}$  de abertura de malla y fueron preservadas con formol y gluteraldehído al 4%, algunas especies se mantuvieron *in vivo* y otras en cultivos. La identificación se realizó con microscopía de luz y electrónica de barrido; la abundancia del fitoplancton se obtuvo por medio de la técnica de Utermöhl. Los promedios de cada una de las variables físico-químicas fueron: temperatura ambiental ( $24.5^{\circ}\text{C} \pm 3.8$ ), temperatura del agua ( $24.4^{\circ}\text{C} \pm 2.5$ ), transparencia ( $0.7\text{m} \pm 0.1$ ), pH ( $8.1 \pm 0.6$ ), alcalinidad total ( $52\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1} \pm 9.8$ ), dureza total ( $66 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1} \pm 13.3$ ), oxígeno disuelto ( $8.7\text{mg l}^{-1} \pm 1.3$ ), nitratos ( $0.7\text{mg l}^{-1}$ ), amonio ( $0.2\text{mg l}^{-1}$ ), ortofosfatos ( $2.7\text{mg l}^{-1} \pm 0.3$ ), clorofila *a* ( $105.6\mu\text{g l}^{-1} \pm 44.7$ ) y profundidad ( $9.6\text{m} \pm 4.2$ ). Se determinaron un total de siete Divisiones, 50 géneros, 64 especies, siete variedades y una forma, siendo Chlorophyta el más diverso, seguido de Bacillariophyta y Cyanoprokaryota. El análisis de frecuencia *versus* abundancia mostró sólo tres especies dominantes: *Pseudanabaena limnetica*, *Cylindrospermopsis catemaco* y *C. philipinensis*, 21 constantes, 40 raras y ninguna temporal. La abundancia mostró que Cyanoprokaryota fue el más numeroso, con *Pseudanabaena limnetica* ( $9.5 \times 10^6$  filamentos  $\text{ml}^{-1}$ ), seguida por la suma de las especies *Cylindrospermopsis catemaco* y *C. philipinensis* ( $6.6 \times 10^6$  filamentos  $\text{ml}^{-1}$ ). De los cultivos se lograron obtener 18 cepas, entre ellas *Staurastrum gracile*, *Monactinus simplex*, *Coelastrum microporum* y *Scenedesmus acuminatus*. La guía ilustrada consta de 64 especies, de las cuales se ilustran 44 con fotos originales. En este estudio se amplía el conocimiento del fitoplancton, ya que aportan 38 nuevos registros para el área de estudio. Al conjuntar la información de las variables físico-químicas, composición del fitoplancton, abundancia y dominancia de las especies podemos señalar que el lago de Catemaco corresponde a un ambiente eutrófico.

**Palabras clave:** Catemaco, fitoplancton, guía ilustrada de especies, riqueza específica, dominancia.

## INTRODUCCIÓN

Los ríos, lagos, embalses y charcos forman parte de los sistemas acuáticos epicontinentales. Éstos son la base para la vida de un gran número de organismos y en general, son fuentes de recursos para la sociedad; especialmente los dulceacuícolas han estado asociados con el desarrollo de las civilizaciones, por la necesidad de contar con agua para la agricultura y uso directo. De la cantidad y calidad de los recursos hídricos depende la supervivencia de la humanidad y sus actividades económicas. Durante siglos, los lagos de México han sido determinantes en la vida de miles de personas, no sólo porque sus aguas han servido para efectuar diversas actividades, sino por ser generadores muy apreciados de alimentos. A lo anterior se suman la belleza natural y el papel que cumplen dentro del equilibrio ecológico, como ocurre en la zona lacustre del Valle de México, los lagos de Michoacán y el lago de Chapala en Jalisco. La importancia de estos cuerpos de agua se expresa en la producción de miles de toneladas anuales de diversas especies piscícolas, en la generación de energía eléctrica, en el riego de una alta cantidad de áreas cultivadas y ser los reservorios que abastece de agua potable a las grandes ciudades del país (De La Lanza & García, 2002).

Dada la importancia de los cuerpos de agua epicontinentales para los organismos que dependen de ella, podemos distinguir los grandes grupos asociados con hábitats particulares, por una parte, los organismos fijos al sustrato denominados bentónicos y por otra, los planctónicos que se encuentran en suspensión en el agua, entre ellos, las algas que constituyen el fitoplancton (Ortega *et al.*, 1995).

Round (1981) indica que el fitoplancton es una comunidad de organismos acuáticos con capacidad fotosintética que viven dispersos en el agua, con escaso o nulo poder de locomoción, tienen una gran diversidad morfológica, citológica, molecular y reproductiva y se encuentran en la base de la cadena alimenticia de los ecosistemas acuáticos. Adicionalmente, el fitoplancton proporciona información importante sobre el estado de salud de los sistemas acuáticos (Vázquez *et al.*, 2006). Berger (1989) señala que este grupo produce aproximadamente  $2.7 \times 10^{10}$  toneladas de carbono al año como materia orgánica viva, consumiendo así volúmenes muy importantes de  $\text{CO}_2$  y liberando grandes cantidades de oxígeno a la atmósfera.

Esta comunidad se encuentra integrada por especies que pertenecen mayormente a las siguientes Divisiones taxonómicas: Bacillariophyta (diatomeas), Chlorophyta (algas verdes), Cryptophyta, Cyanoprokaryota (algas verde-azules), Euglenophyta (euglenoideos), Dinophyceae (dinoflagelados) y Xanthophyta (algas verde-amarillas) (John *et al.*, 2002; Wehr & Sheath, 2003; Popovský & Pfiester, 2008).

En la naturaleza, cada especie se localiza en aquellos lugares donde se reúnen las condiciones

particulares para su desarrollo, de tal forma que constituyen poblaciones que interactúan entre ellas, formando comunidades, las cuales integran una asociación biológica entre las poblaciones que habitan un espacio definido, donde las especies están en íntima relación, es decir, forman una biocenosis (Feldman s/a). La composición y abundancia del fitoplancton en los lagos depende de las condiciones físicas, químicas y biológicas. Entre las primeras se encuentran la luz, la temperatura y la turbulencia, entre las químicas se incluyen la composición del agua, el grado de mineralización, la concentración de los nutrientes y de la materia orgánica, los valores de pH y la presencia de oligoelementos; finalmente los factores biológicos, como depredación por parte del zooplancton y los peces, las relaciones entre especies con efectos alelopáticos y la producción de sustancias tóxicas (Vicente, 2005).

La mayoría de los lagos del mundo enfrentan problemas relacionados con la eutrofización, que conllevan el deterioro en la calidad del agua y una limitación en el uso del recurso hídrico, a esto hay que sumar que el 45% de los lagos de América están eutrofizados (Bartram *et al.*, 1999), haciendo de éste uno de los problemas más serios en la actualidad; el deterioro del sistema acuático se asocia con el aumento de nutrientes y el consecuente crecimiento excesivo de algas perifíticas y fitoplanctónicas (Round, 1981). Algunos efectos del incremento en la concentración de nutrientes son el cambio en el patrón de oxígeno como resultado del aumento de la producción autótrofa. En los ecosistemas acuáticos epicontinentales se ha observado que frecuentemente, el fósforo es el principal nutriente limitante (Ramos-Escobedo & Vázquez, 2001). Sin embargo, no siempre es así; por ejemplo, investigaciones recientes de Adame *et al.* (2008) indican para el lago cráter de Alchichica, Puebla, un florecimiento bianual de diatomeas, lo que ilustra un sistema tropical oligotrófico donde el nitrógeno y el sílice son los nutrimentos limitantes para el fitoplancton, y en particular la concentración de sílice acumulado en el hipolimnion al final de la época de estratificación. Asimismo, no sólo las concentraciones absolutas de los nutrientes afectan al fitoplancton, sino también las relaciones entre ellos, esto es la relación entre la concentración de sílice y nitrógeno (Si:N) determina la magnitud del florecimiento invernal de diatomeas.

Los nutrientes disponibles son tomados por las algas, lo cual produce una mayor biomasa y productividad, así como en cambios en la composición de especies del fitoplancton, lo que se reflejará en la dominancia de algunas especies, como los euglenoideos, diatomeas, cianobacterias y algunas algas verdes (Chlorococcales) (Comas, 1996; Gualtero-Leal, 2007). Además, estas están en función del clima, la mezcla de las aguas, la morfología de la cuenca, el volumen de agua que se recibe y la estructura de la cadena alimenticia (Harris & Baxter, 1996).

El lago de Catemaco es un gran atractivo turístico nacional, también es utilizado para la generación de electricidad y como fuente de agua para actividades agrícolas y ganaderas. Además, desde una perspectiva biológica, se distingue por contar con especies endémicas como *Cylindrospermopsis*

catemaco (Komárková-Legnerová & Tavera, 1996); el molusco *Pomacea patula catemacensis* conocido en la región como tegogolo (Naranjo-García & García-Cubas, 1985) y diez especies de peces (Miller & Van Conner, 1997). Desde 1985 este ambiente se ha explorado, por lo que resulta interesante conocer los cambios que se han presentado a través del tiempo debido a la constante y creciente eutrofización. Hasta la fecha no se ha estudiado el fitoplancton mediante microscopía electrónica de barrido y cultivo. En este trabajo se reúne la información publicada y organiza los datos a través de una guía ilustrada de los *taxa* determinados.

## ANTECEDENTES

Las publicaciones sobre fitoplancton del lago de Catemaco, Veracruz, surgen a partir de Suárez *et al.* (1985) quienes determinaron la diversidad, abundancia y distribución de los principales grupos del plancton que habitan en el lago durante un ciclo anual. Se analizaron los grupos Cyanophyta, Chlorophyta y Bacillariophyta; donde las Cyanophyta fueron registradas como las más dominantes, especialmente con *Lyngbya* sp., *Spirulina princeps* y *Chroococcus* sp.

Posteriormente, Pérez (1994) efectuó un proyecto que se enfocó en la variación espacio-temporal de los nutrientes en el lago a través del ciclo anual de 1992 a 1993 y sugiere que tanto el nitrógeno como el fósforo son elementos que se consideran limitantes para la productividad del lago, resalta los valores de nitratos y nitritos debido a sus niveles bajos, ya que son utilizados por los productores primarios.

Más tarde, Tavera (1996) determinó la composición del fitoplancton del mismo lago, en el lapso de febrero a agosto de 1993, donde indica 17 especies y variedades del grupo Cyanophyta, 22 de Chlorophyta y 8 de Bacillariophyta. Las Cyanophyta fueron las más abundantes, sobresaliendo *Cylindrospermopsis catemaco*, *C. philippinensis*, *Pseudanabaena limnetica*, *Planktolyngbya circumcreta* y *Aphanocapsa delicatissima*. El grupo de las Chlorophyta estuvo representado por *Closteriopsis acicularis* y *Ankistrodesmus falcatus*, además de 5 formas de *Pediastrum* y 5 de *Scenedesmus*; entre las Bacillariophyta dominaron *Aulacoseira* cf. *italica*, *A. granulata* y *Achnanthes minutissima*, entre otras; durante el desarrollo de esta investigación se descubrieron varias especies de Cyanophyta, por lo que Komárková-Legnerová & Tavera (1996) describieron a *Cylindrospermopsis catemaco*, *Planktolyngbya regularis* y *Aphanothece comasii*.

Komárek & Komárková-Legnerová (2002) realizaron un estudio sobre las Cyanophyta del centro de México entre 1992 y 1993, donde mencionan 13 especies para el lago de Catemaco, sobresaliendo *Cyanotetras aerotopa*, una nueva especie para la ciencia.

Komárková-Legnerová & Tavera (2003) publicaron el estudio del estado estacionario del fitoplancton

del lago entre 1993 y 1995, registraron a *Cylindrospermopsis catemaco*, *C. philipinensis*, *Aulacoseira granulata*, *A. italica*, *Fragilaria construens*, *Achnanthes minutissima*, *Planktolyngbya circumcreta* y *Chroococcus microscopicus* como los *taxa* más abundantes.

## OBJETIVOS

### **Objetivo general**

- Determinar la composición y la abundancia fitoplanctónica del lago de Catemaco en las tres épocas climáticas indicadas durante el período 2009-2011.

### **Objetivos particulares**

1. Determinar algunas condiciones limnológicas del lago (temperatura ambiental y del agua, transparencia, pH, alcalinidad total, dureza total, oxígeno disuelto, nitratos, amonio, ortofosfatos, clorofila a y profundidad).
2. Determinar la composición taxonómica del fitoplancton del lago de Catemaco.
3. Determinar la riqueza específica de cada grupo fitoplanctónico.
4. Comparar la composición y variación estacional del fitoplancton registrado en el lago de Catemaco.
5. Conocer la abundancia del fitoplancton a través de la cuantificación por medio de la técnica de Utermöhl.
6. Elaborar una guía ilustrada de las especies fitoplanctónicas del lago.

## ÁREA DE ESTUDIO

### **Localización**

La Sierra de Los Tuxtlas es un campo volcánico localizado en la costa sur del estado de Veracruz, tiene dos volcanes principales, hacia el sur el volcán Santa Martha y hacia el norte el San Martín (Moziño, 1870), entre ambos se localizan varios cuerpos de agua. Entre ellos las lagunas Escondida, Zacatal y también el lago de Catemaco. Este último, por su extensión, es señalado como el décimo entre los lagos naturales más grandes del país (Arredondo & Aguilar, 1987).

La cuenca del lago de Catemaco comprende un área de 322 km<sup>2</sup>; posee un relieve accidentado con ríos,

arroyos y manantiales, los cuales convergen en el lago, éste drena a través del río Grande de San Andrés, que desemboca más tarde en el río Papaloapan (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995). Esta área representa el límite más al norte de la selva tropical lluviosa en el continente Americano (Dirzo & Miranda, 1992).

El lago de Catemaco (Figura 1) se localiza entre las coordenadas geográficas 18° 21' y 18° 27' de latitud norte y 95° 01' y 95° 07' de longitud oeste, a una altitud de 334 msnm (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995). En su margen noroeste se asienta la ciudad del mismo nombre, también al norte hay algunos manantiales de aguas carbonatadas que sirven para elaborar bebidas gaseosas. El lago es de tipo polimíctico, bien oxigenado, con gran cantidad de nutrimentos ya que recibe fertilizantes de zonas aledañas de cultivo (Torres-Orozco *et al.*, 1996).

### ***Clima, precipitación, temperatura y vientos***

El clima corresponde al cálido húmedo (Am), con abundantes lluvias en verano y principios del otoño, es decir, de julio a noviembre (García, 1988; Vázquez *et al.*, 2007). La precipitación promedio anual es de 1935 mm, con un valor mínimo de 26 mm en marzo y un máximo de 446 mm en septiembre (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995). Los vientos del norte dominan durante los meses de noviembre a enero y el resto del año los del noreste (Torres-Orozco *et al.*, 1996). Tavera (1996) señala que el promedio de retención del agua es de 0.875 años, esto implica que el volumen del lago se renueva por lo menos cada año. La temperatura promedio anual es de 24 °C y oscila entre los 16 y 34 °C (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995).

### ***Batimetría y morfometría***

Las características geomorfológicas de la zona litoral lacustre son propias de una región volcánica (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995). La profundidad máxima es de 22 m y corresponde a una pequeña fosa situada entre la isla de Agaltepec y el poblado de Catemaco, otras áreas profundas se localizan al sur; salvo estos accidentes, la profundidad promedio es de 11 m (Pérez-Rojas & Torres-Orozco, 1992). El lago tiene una superficie de 7 254 ha y alberga un volumen de 552 Mm<sup>3</sup> (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995). El índice de desarrollo litoral es de DL=1.65, su eje principal tiene 12 km de longitud y está orientado en dirección WSW-ENE, con islas en su interior producto de explosiones piroclásticas (Pérez-Rojas & Torres-Orozco, 1992).

### ***Edafología***

Los sedimentos del lago varían dependiendo de la profundidad, en su parte central predominan las arcillas, pero hacia los litorales la textura varía gradualmente de limo-arcilla a grava; son muy pobres en carbonatos pero ricos en materia orgánica (Pérez-Rojas *et al.*, 1993).

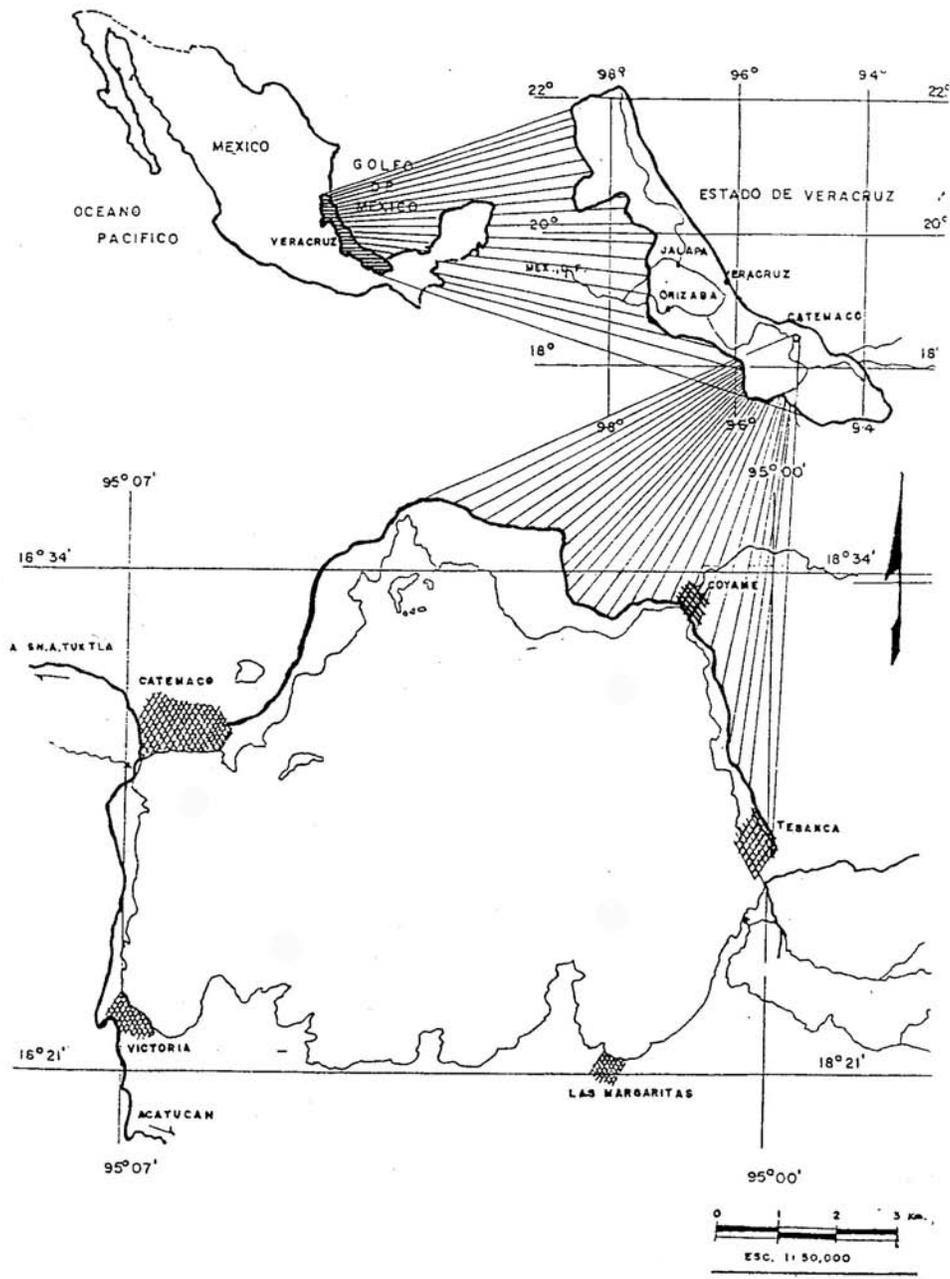


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio, imagen tomada de Vázquez, 1995

### **Aspectos ligados con la contaminación**

El análisis microbiológico de la calidad del agua, sedimentos y caracoles realizados por la técnica del número más probable (NMP) indican la presencia de *Salmonella*, *Proteus*, *Escherichia coli* y *Vibrio cholera* en densidades de 53 a 240 cel/100 ml. Lo que señala un deficiente manejo de las aguas residuales de la región que propician una mala calidad sanitaria del tegogolo e infecciones gastrointestinales para los consumidores (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995). También, Berry & Lind (2010) mostraron las primeras evidencias de la toxina cylindrospermopsina en el lago y aparentemente

ésta se acumula en el tegogolo, el cual es un alimento popular en la zona.

### **Flora de la cuenca**

La vegetación de la región corresponde a selva alta perennifolia (Miranda & Hernández, 1963). Sin embargo, gran parte de los terrenos han sido deforestados y empleados como potreros para ganado vacuno o para el cultivo de frutales; además ésta vegetación ha sufrido explotación forestal intensa (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995). Las plantas vasculares acuáticas que se han registrado son: *Eichhornia crassipes* (lirio acuático), *Pistia stratiotes* (lechuga de agua) y *Utricularia*, las cuales están confinadas en los alrededores de Nanciyaga (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995).

### **Fauna acuática**

La comunidad del zooplancton incluye al menos 31 formas distintas, entre las que destacan 14 especies de rotíferos, tres de copépodos, cinco de cladóceros y un ostrácodo. Muchas de las especies son indicadoras de eutrofia, por ejemplo *Brachionus angularis*, *B. quadridentatus* y *Keratella cochlearis* (rotíferos) (Torres-Orozco & Zanatta, 1998). En la zona litoral crece en el bentos *Pomacea patula catemacensis*, un caracol conocido con el nombre de tegogolo, de gran importancia comercial, pues es la base de un platillo regional (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995). En cuanto a los peces, se registran 12 especies de las cuales nueve son endémicas, resalta de ellas el topote (*Dorosoma cf. mexicana*) una de las especies más abundantes registrada para la zona desde 1938 por Martín Del Campo (1938) y Miller & Van Conner (1997).



Figura 2: Ubicación de las zonas de muestreo en el lago de Catemaco

## MATERIALES Y MÉTODOS

### **Muestreo**

Se efectuaron tres muestreos durante el período 2009-2011 que abarcaron las épocas de lluvias, secas y nortes respectivamente; el primero se realizó el 14 de octubre del 2009, el segundo el 14 de abril del 2010 y el tercero el 22 de enero del 2011.

Se designaron cinco zonas de muestreo; cuatro de ellas abarcaron los puntos cardinales y una central considerando la morfometría del área de estudio. Estas zonas fueron ubicadas en el Norte (Nanciyaga), Sur (La Victoria), Este (La Joya), Oeste (Agaltepec) y Centro (Figura 2).

En cada una de las zonas se realizaron arrastres horizontales superficiales durante cinco minutos para obtener un concentrado del fitoplancton utilizando una red cónica con una abertura de malla de 20  $\mu\text{m}$  (Ferrario *et al.*, 1995). Éste material se dividió en tres porciones iguales: la primera se mantuvo *in vivo* a baja temperatura y las dos siguientes fueron preservadas, una de ellas con formol al 4% y la otra con glutaraldehído al 4 % (Boltovskoy, 1976; Moreno, 2003).

Además se tomaron dos muestras de 500 ml en los primeros 20 cm de la columna de agua, a una de ellas se le agregó acetato de lugol hasta obtener un tono ámbar para la cuantificación del fitoplancton (Villafañe & Reid, 1995) y la segunda sirvió para el análisis de las variables físico-químicas.

### **Variables físico-químicas**

En cada una de las estaciones se registraron in situ algunas variables físico-químicas: la temperatura ambiental y del agua utilizando un termómetro de mercurio marca Brannan; el pH se evaluó con un potenciómetro de campo marca Cole Parmer, modelo Digi-sense; la transparencia, utilizando un disco de Secchi, sumergiéndolo del lado de la sombra; la concentración de oxígeno disuelto mediante la técnica de Winkler modificada, dureza y alcalinidad total mediante titulometría (APHA *et al.*, 1995), las coordenadas geográficas fueron registradas con un GPS marca Magellan modelo Meridian. Los registros de amonio, nitratos y ortofosfatos se midieron mediante las técnicas Nessler, reducción de cadmio y método de molibdovanato respectivamente, utilizando un espectrofotómetro HACH modelo DR 2800 (APHA *et al.*, 1995). Para la extracción de clorofila a ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) se utilizó acetona al 90% y se consideró la fórmula de Lorenzen (1967).

$$\text{Clorofila } a = (11.64 E1 - 2.16 E2 + 0.10 E3) \left( \frac{V}{l \times Vg} \right)$$

Donde:

E1 = La absorbancia a 663 nm

E2 = La absorbancia a 645 nm

E3 = La absorbancia a 750 nm

V = Volumen de acetona (ml)

l = Longitud del trayecto óptico de la cubeta (cm)

Vg = Volumen de agua filtrada (l)

### **Material biológico**

Las colectas fueron revisadas en el campo con el apoyo de un microscopio de luz (ML) marca Leica y en el laboratorio se utilizó un microscopio marca Nikon, en ambos se tomaron fotografías con una cámara Sony Cyber-Shot de 12 megapíxeles. Las tinciones de verde brillante, azul de cresil, acetocarmín y lugol permitieron la mejor observación de la pared celular, vainas gelatinosas, núcleos y pirenoides respectivamente (Kumar & Sing, 1979; Billard & Chretiennot-Dinet, 1995).

Para las observaciones en microscopía electrónica de barrido (MEB) se procesó el material biológico de la siguiente manera; se colocó una gota de la muestra previamente fijada con glutaraldehído, sobre un filtro Millipore de 0.45  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro y se dejó secar al aire; posteriormente fue montado sobre una cinta de doble cara en bases de aluminio y recubierto con oro (Boltovskoy, 1976). Las observaciones se realizaron en un MEB marca JEOL modelo JSM6380LV localizado en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO) de la FES Iztacala, UNAM. Las muestras fueron depositadas en el herbario IZTA con los números de referencia 1197 al 1211.

Para las diatomeas, en algunos casos, se realizó la limpieza de las frústulas para eliminar la materia orgánica con base en la técnica de Maidana (1985), utilizando  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Este material se utilizó para las observaciones en el MEB. Los dinoflagelados fueron lavados con  $\text{NaClO}$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , lo que ayudó en la separación de las tecas y permitió realizar observaciones más detalladas (Boltovskoy, 1973).

### **Cultivos**

Como apoyo para la determinación de las especies se realizaron cultivos con el método de aislamiento por pipeteo y lavados sucesivos. Los cultivos se obtuvieron del concentrado in vivo (Guillard, 1975) y fueron mantenidos en el medio F-2, con un ciclo de luz-oscuridad de 12:12 a 20 °C y una irradiación de 166  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (González *et al.*, 1995); lo anterior se llevó a cabo en las cámaras de cultivo del Laboratorio de Ficología Aplicada del Departamento de Hidrobiología en la UAM Iztapalapa.

### **Determinación taxonómica**

La determinación taxonómica se realizó a través de observaciones en ML, MEB, cultivos y el análisis de las siguientes referencias especializadas Desikachary (1959), Lawson & Rushforth (1975), Crawford

(1981), Prescott (1982), Conforti & Tell (1986), Komárek & Anagnostidis (1999), Round *et al.* (1990), Comas (1996), Komárková-Legnerová & Tavera (1996), Siver & Kling (1997), Dillard (2000), Komárek & Jankovská (2001), Komárek (2003), John *et al.* (2002), Komárek & Komárková-Legnerová (2002), Wehr & Sheath (2003), Sant'Anna *et al.* (2004), Cronberg (2005), Cronberg & Annadotter (2006), Popovský & Pfiester (2008) y Da *et al.* (2009)].

Se consideraron diferentes esquemas de clasificación. Para las Cyanoprokaryota se siguió a Komárek & Anagnostidis (1999), las Bacillariophyta a Round *et al.* (1990), en cuanto a las Chlorophyta se consideró a Comas (1996) para las Chlorococcales y a John *et al.* (2002) para las restantes, las Divisiones de Xanthophyta y Cryptophyta siguieron a John *et al.* (2002), las Dinophyceae se basaron en la obra de Popovsky & Pfiester (2008) y las Euglenophyta se ajustaron a lo mencionado por Dillard (2000).

La validez taxonómica de las especies se corroboró en el Index Nominum Algarum <http://ucjeps.berkeley.edu> y database Algae <http://www.algaebase.org>. En particular para las Cyanoprokaryota se consultó <http://www.cyanodb.cz>

### **Cuantificación del fitoplancton**

La cuantificación del fitoplancton se realizó por el método de Utermöhl. Debido a la abundancia de organismos encontrados en las muestras, se realizó una dilución 1/10 con agua destilada en una cámara de sedimentación de 10 ml, esta alícuota se dejó sedimentar por 24 horas. La abundancia se determinó mediante la observación de los organismos con un microscopio invertido marca Motic en 400 aumentos (Villafañe & Reid, 1995). Para determinar el número de células por mililitro se utilizó la siguiente fórmula indicada por APHA *et al.* (1995).

$$\frac{\text{No. de organismos}}{\text{ml}} = \frac{C \times At}{Af \times F \times V}$$

Donde:

C=Número de organismos contados

At= Área total del fondo de la cámara (mm<sup>2</sup>)

Af= Área de un campo (mm<sup>2</sup>)

F= Número de campos contados

V= Volumen de la muestra sedimentada (ml)

Se contaron solamente los individuos con contenido celular, considerando el número de campos hasta tener 400 células, filamentos o colonias de la especie más abundante (Villafañe & Reid, 1995). Con este criterio el intervalo de confianza para el valor medio es de  $\pm 10\%$  (Wetzel & Likens, 1979).

## **Guía ilustrada de especies**

La guía contiene cuatro secciones de información para cada especie: listado ficoflorístico, descripción taxonómica, imágenes y literatura consultada. El listado se realizó con base en los registros de Komárková-Legnerová & Tavera (1996, 2003) y se adicionaron los resultados del presente estudio; las descripciones se apoyaron en la bibliografía especializada y varias imágenes son de fotografías originales del autor.

## **RESULTADOS**

### **Variables físico-químicas**

La tabla 1 muestra los valores máximos, mínimos y promedios de las doce variables analizadas en el lago, durante los tres periodos estudiados.

*Tabla 1: Intervalos de variación y promedios de las variables físico-químicas en el lago.*

<b>Variable físico-química</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Promedio</b>
Temperatura ambiental (°C)	30	19	24.5
Temperatura del agua (°C)	29	22	24.4
Transparencia (m)	1	0.5	0.7
pH	9	6.9	8.1
Alcalinidad total (mg CaCO <sub>3</sub> l <sup>-1</sup> )	68	30	51.7
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> l <sup>-1</sup> )	96	50	66.3
Oxígeno disuelto (mg l <sup>-1</sup> )	11	6.4	8.7
Nitratos (mg l <sup>-1</sup> )	0.8	0.4	0.7
Amonio (mg l <sup>-1</sup> )	0.2	0.2	0.2
Ortofosfatos (mg l <sup>-1</sup> )	3.2	2.3	2.7
Clorofila <i>a</i> (µg l <sup>-1</sup> )	158	42	105.6
Profundidad (m)	15	5	9.6

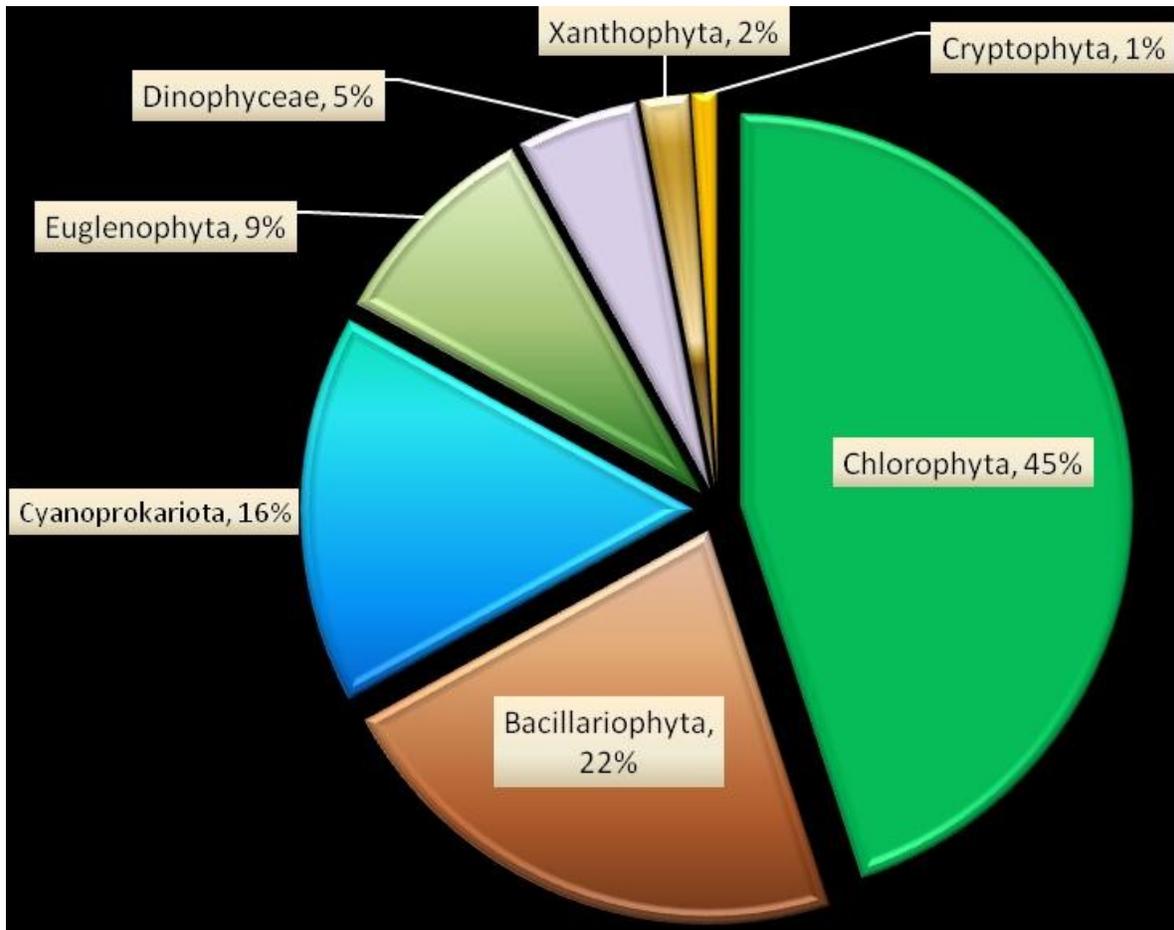
En la tabla 2 se observan las variables físico-químicas registradas para el lago en cada una de las zonas de muestreo en octubre del 2009, abril del 2010 y enero del 2011. Las variables sin información fueron etiquetadas con la simbología (NR).

Tabla 2: Valores de las variables físico-químicas en los tres periodos de muestreo.

Variables físico-químicas	Norte			Sur			Este			Oeste			Centro		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Temperatura ambiental (°C)	28	24	19	29	26	21	28	26	19	30	25	20	28	24	21
Temperatura del agua (°C)	27	24	22	27	24	22	28	22	22	29	24	22	27	24	22
pH	6.9	7.4	7.4	8.3	8.1	9	8.4	8.1	7.9	8.6	8.1	8.8	8.2	8.1	8.5
Transparencia (m)	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.7	1	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8
Alcalinidad total (mg CaCO <sub>3</sub> l <sup>-1</sup> )	52	44	68	51	54	56	55	42	59	48	39	60	55	30	62
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> l <sup>-1</sup> )	78	96	60	70	67	50	54	85	58	74	63	50	70	67	52
Oxígeno disuelto (mg l <sup>-1</sup> )	6.4	8.2	8.6	7.6	7.4	9.7	8	11	9.5	9	8	10	7.4	9.4	10
Nitratos (mg l <sup>-1</sup> )	NR	NR	0.7	NR	NR	0.6	NR	NR	0.4	NR	NR	0.8	NR	NR	0.7
Amonio (mg l <sup>-1</sup> )	NR	NR	0.2	NR	NR	0.2	NR	NR	0.2	NR	NR	0.2	NR	NR	0.2
Ortofosfatos (mg l <sup>-1</sup> )	NR	NR	2.6	NR	NR	2.3	NR	NR	2.9	NR	NR	3.2	NR	NR	2.6
Clorofila <i>a</i> (µg l <sup>-1</sup> )	NR	NR	42	NR	NR	137	NR	NR	98	NR	NR	158	NR	NR	93
Profundidad (m)	NR	NR	6	NR	NR	5	NR	NR	12	NR	NR	15	NR	NR	10

## **Composición del fitoplancton**

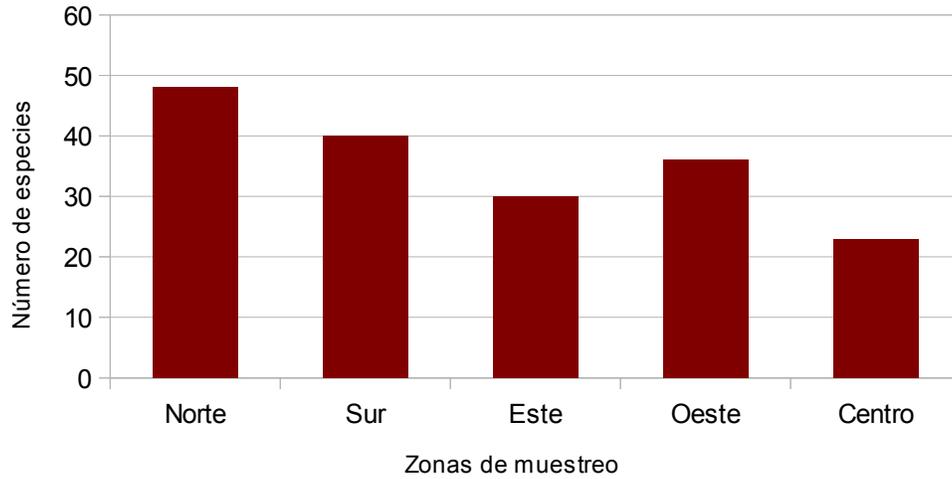
Con base en los esquemas de clasificación mencionados previamente se determinaron un total de siete Divisiones, 50 géneros, 64 especies, siete variedades y una forma, correspondiendo a los siguientes porcentajes: Chlorophyta con el 45%, Bacillariophyta con el 22%, Cyanoprokaryota con un 16%, Euglenophyta con un 9%, Dinophyceae con un 5%, Xanthophyta con 2% y Cryptophyta con el 1% (Gráfica 1).



*Gráfica 1: Porcentaje de cada uno de las Divisiones determinadas en el área de estudio.*

En la gráfica 2 se ve el número de especies registradas en cada una de las zonas de muestreo. El menor valor fue de 23 especies en la zona centro y el mayor 48 en la zona norte. El promedio de especies y la SD fue de 36 y 10 especies respectivamente.

## Riqueza específica



Gráfica 2: Riqueza específica por zona de muestreo

### ***Ficoflora***

**División: CYANOPROKARYOTA**

**Clase: Cyanophyceae**

**Orden: Chroococcales**

**Familia: Synechococcaceae**

*Radiocystis geminata* Skuja

*Cyanodictyon imperfectum* Cronberg *et* Weibull

*Aphanothece comasii* J. Komárková-Legnerová *et* R. Tavera

**Familia: Merismopediaceae**

*Merismopedia punctata* Meyen

*Merismopedia tenuissima* Lemmermann

*Coelomoron minimum* (Bernard) J. Komárková-Legnerová *et* R. Tavera

**Familia: Microcystaceae**

*Eucapsis parallelepipedon* (Schmidle) Komárek *et* Hindák

**Orden Oscillatoriales**

Familia Pseudanabaenaceae

*Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek

**Orden Nostocales**

Familia Nostocaceae

*Cylindrospermopsis philippinensis* (Taylor) Komárek

*Cylindrospermopsis catemaco* J. Komárková-Legnerová et R. Tavera

**División: XANTHOPHYTA**

**Clase: Eustigmatophyceae**

**Orden: Mischococcales**

Familia: Eustigmataceae

*Pseudostaurastrum hastatum* (Reinsch) Chodat

**División: BACILLARIOPHYTA**

**Clase: Coscinodiscophyceae**

**Orden: Thalassiosirales**

Familia: Stephanodiscaceae

*Stephanodiscus hantzschii* Grunow

**Orden: Aulacoseirales**

Familia: Aulacoseiraceae

*Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen

*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen

**Clase: Fragilariophyceae**

**Orden: Fragilariales**

Familia: Fragilariaceae

*Staurosira construens* Ehrenberg

*Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère

**Clase: Bacillariophyceae**

**Orden: Eunotiales**

Familia: Eunotiaceae

*Eunotia formica* Ehrenberg

**Orden: Cymbellales**

Familia: Cymbellaceae

*Cymbella turgida* W. Gregory

**Orden: Achnanthales**

Familia: Cocconeidaceae

*Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) P. Cleve

Familia: Achnanthidiaceae

*Achnantheidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki

**Orden: Naviculales**

Familia: Naviculaceae

*Navicula lanceolata* (C. Agardh) Kützing

Familia: Stauroneidaceae

*Craticula cuspidata* (Kützing) D. G. Mann

**Orden: Bacillariales**

Familia: Bacillariaceae

*Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow

*Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith

**Orden: Rhopalodiales**

Familia: Rhopalodiaceae

*Ephitemia adnata* (Kützing) Brébisson

**División: CRYPTOPHYTA**

Clase: Cryptophyceae

**Orden: Cryptomonadales**

Familia: Cryptomonadaceae

*Cryptomonas erosa* Ehrenberg

Clase: DINOPHYCEAE

**Orden: Peridinales**

Familia: Peridiniaceae

*Peridiniopsis cunningtonii* Lemmermann

*Peridiniopsis polonicum* (Woloszynska) Bourrelly

*Peridinium umbonatum* F. Stein

**División: EUGLENOPHYTA**

Clase: Euglenophyceae

**Orden: Euglenales**

Familia: Euglenaceae

*Euglena variabilis* G. A. Klebs

*Lepocinclis acus* (O. F. Müller) Marin *et* Melkonian

*Phacus acuminatus* Stokes

*Trachelomonas hispida* (Perty) F. Stein

*Trachelomonas verrucosa* f. *irregularis* Deflandre

*Trachelomonas volvocina* Ehrenberg

*Trachelomonas volvocina* var. *punctata* Playfair

**División: CHLOROPHYTA**

**Clase: Chlorophyceae**

**Orden Volvocales**

Familia: Chlamydomonadaceae

*Chlamydomonas globosa* J. Snow

**Orden: Chlorococcales**

Familia: Golenkiniaceae

*Golenkinia radiata* Chodat

Familia: Hydrodictyaceae

*Pediastrum simplex* var. *biwaense* Fukushima

*Pediastrum simplex* var. *clathratum* Schröter

*Pseudopediastrum boryanum* var. *cornutum* (Raciborski) Sulek

*Monactinus simplex* Meyen

*Stauridium tetras* (Ehrenberg) Ralfs

*Sorastrum americanum* (Bohlin) Schmidle

Familia: Botryococcaceae

*Dictyosphaerium tetrachotomum* Printz

*Botryococcus braunii* Kützing

Familia Oocystaceae

*Lagerheimia subsalsa* Lemmermann

*Oocystis marssonii* Lemmermann

Familia: Chlorellaceae

*Closteriopsis acicularis* (G. M. Smith) J. H. Belcher *et* Swale

*Kirchneriella lunaris* (Kirchner) K. Möbius

*Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová

*Selenastrum bibraianum* Reinsch

*Selenastrum gracile* Reinsch

*Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs

*Chlorella minutissima* Fott *et* Nováková

*Tetraedron minimum* (A. Braun) Hansgirg

Familia Coelastraceae

*Actinastrum hantzschii* Lagerheim

*Coelastrum microporum* Nägeli

*Coelastrum pulchrum* Schmidle

Familia: Scenedesmaceae

*Crucigeniella crucifera* (Wolle) Komárek

*Tetrastrum elegans* Playfair

*Scenedesmus acuminatus* var. *bernardii* (G. M. Smith) Dedusenko

*Scenedesmus armatus* (R. Chodat) R. Chodat

*Scenedesmus circumfusus* Hortobágyi

*Scenedesmus semipulcher* Hortobágyi

**Clase: Zygnematophyceae**

**Orden: Zygnematales**

**Familia: Desmidiaceae**

*Cosmarium blytii* Wille

*Staurastrum gracile* Ralfs

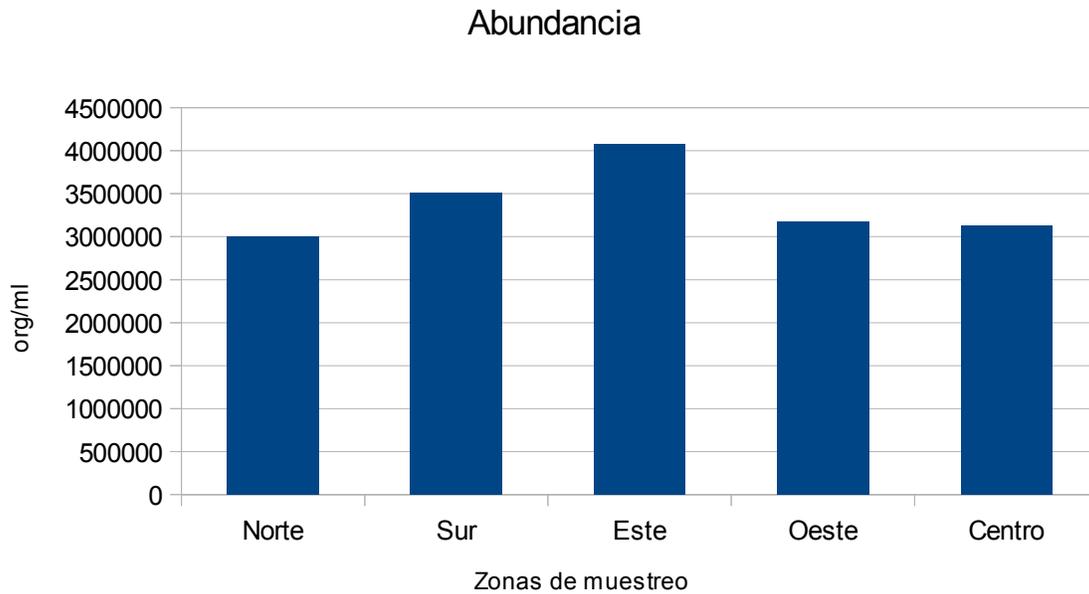
***Abundancia del fitoplancton***

La tabla 3, muestra las 10 especies más abundantes del lago en cada uno de los periodos estacionales analizados. Se ve que las Cyanoprokaryota ocuparon siete de los primeros 10 lugares en abundancia.

*Tabla 3: Especies más abundantes en el lago de Catemaco*

<b>Especie (organismos ml<sup>-1</sup>)</b>	<b>Luvias</b>	<b>Secas</b>	<b>Nortes</b>
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	3.4 x 10 <sup>6</sup>	3.4 x 10 <sup>6</sup>	2.7 x 10 <sup>6</sup>
<i>Cylindrospermopsis catemaco y philipinensis</i>	2.7 x 10 <sup>6</sup>	2.5 x 10 <sup>6</sup>	1.4 x 10 <sup>6</sup>
<i>Eucapsis minor</i>	8.2 x 10 <sup>4</sup>	3.2 x 10 <sup>4</sup>	7.7 x 10 <sup>3</sup>
<i>Aulacoseira ambigua</i>	9.4 x 10 <sup>3</sup>	4.6 x 10 <sup>4</sup>	3.2 x 10 <sup>4</sup>
<i>Merismopedia punctata</i>	1.2 x 10 <sup>4</sup>	4.8 x 10 <sup>4</sup>	1.1 x 10 <sup>4</sup>
<i>Cyanodictyon imperfectum</i>	1.6 x 10 <sup>4</sup>	2.2 x 10 <sup>4</sup>	1.0 x 10 <sup>4</sup>
<i>Merismopedia tenuissima</i>	3.8 x 10 <sup>4</sup>		5.1 x 10 <sup>3</sup>
<i>Monoraphidium contortum</i>	9.4 x 10 <sup>3</sup>	1.7 x 10 <sup>4</sup>	1.1 x 10 <sup>4</sup>
<i>Aphanothece comasii</i>	1.2 x 10 <sup>4</sup>	9.8 x 10 <sup>3</sup>	
<i>Trachelomonas volvocina</i>	5.8 x 10 <sup>3</sup>	2.3 x 10 <sup>3</sup>	1.1 x 10 <sup>3</sup>

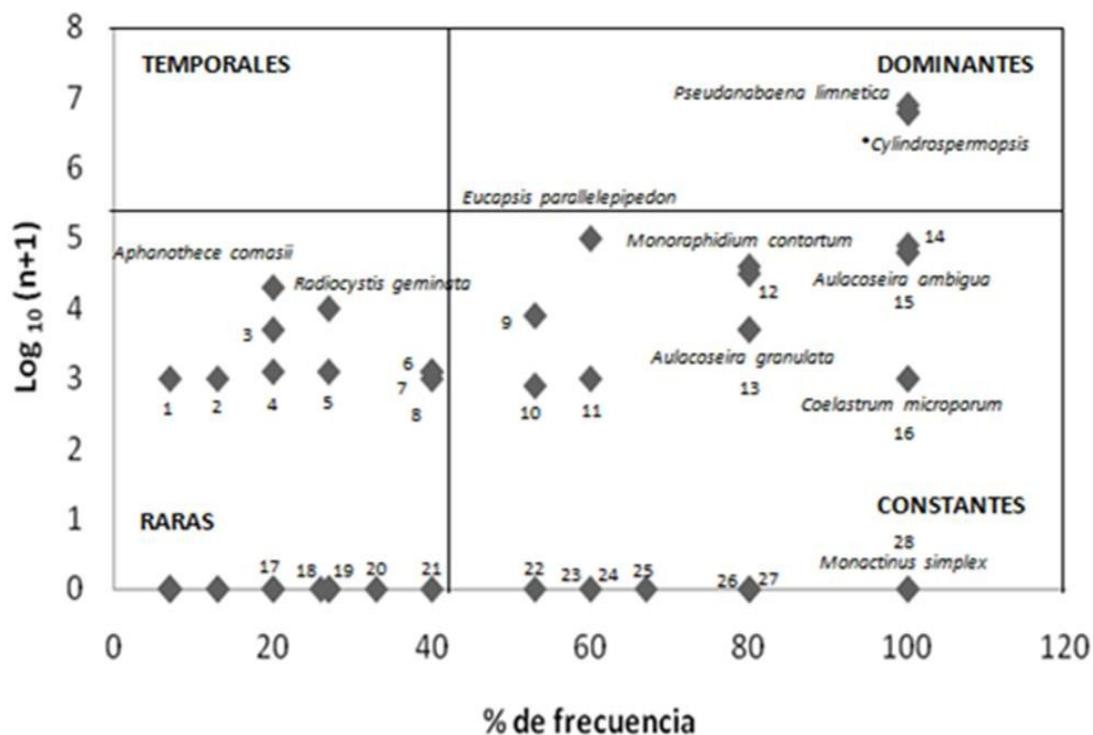
En la gráfica 3 se indica la cantidad de organismos ml<sup>-1</sup> en cada una de las zonas de muestreo. En general, todas las zonas presentan entre 3.5 y 4x 10<sup>6</sup> organismos ml<sup>-1</sup>, excepto la zona este (La Joya) con 4.5x10<sup>6</sup> organismos ml<sup>-1</sup>.



*Gráfica 3: Abundancia en cada una de las zonas de muestreo*

### ***Dominancia de especies***

En la gráfica 4, se muestra el análisis del diagrama de frecuencia (%) versus abundancia ( $\text{Log}_{10}(n+1)$ ) donde se observan tres especies: *Pseudanabaena limnetica*, *Cylindrospermopsis catemaco* y *C. philipinensis* que fueron los *taxa* dominantes (4.7%). Por su parte, 21 especies fueron constantes (32%), destacaron *Eucapsis parallelepipedon*, *Cianoduction imperfectum*, *Merismopedia punctata*, *M. tenuissima*, *Aulacoseira ambigua* y *Monoraphidium contortum* por su abundancia. Las 40 especies restantes fueron raras (64%), entre las que destacan *Aphanothece comasii*, *Radiocystis geminata* y *Coelastrum pulchrum*. Por último, en la categoría de temporales no se registró ninguna especie.



Gráfica 4: Distribución de especies basándose en la frecuencia versus abundancia. \* Considerado como dos especies. Donde los números indican las siguientes especies.

1) *Tetrastrum elegans*, 2) *Crucigeniella crucifera*, 3) *Coelastrum pulchrum*, 4) *Selenastrum bibraianum*, 5) *Staurosira construens*, 6) *Nitzschia palea*, 7) *Peridiniopsis polonicum*, 8) *Trachelomonas hispida*, 9) *Trachelomonas volvocina*, 10) *Lagerheimia subsalsa*, 11) *Cosmarium blytii*, 12) *Cyanodictyon imperfectum*, 13) *Peridiniopsis cuningtonii*, 14) *Merismopedia punctata*, 15) *Merismopedia tenuissima*, 16) *Scenedesmus acuminatus*, 17) *Ulnaria ulna*, 18) *Tetraedron minimum*, 19) *Trachelomonas verrucosa*, 20) *Scenedesmus circumfusus*, 21) *Peridinium umbonatum*, 22) *Selenastrum gracile*, 23) *Staurastrum gracile*, 24) *Scenedesmus armatus*, 25) *Pseudostaurastrum hastatum*, 26) *Oocystis marsonii*, 27) *Navicula lanceolata*, 28) *Coelomoron minimum*.

### Cultivos

De los cultivos realizados se obtuvieron 18 cepas: *Staurastrum gracile*, *Coelastrum microporum*, *Closteriopsis acicularis*, *Oocystis marsonii*, *Pseudanabaena limnetica*, *Monactinus simplex* y *Scenedesmus acuminatus*. Las dos últimas han sido utilizadas para la secuenciación parcial del gen *rbcL* y otros marcadores moleculares de los géneros *Pediastrum* y *Scenedesmus* en desarrollo en el proyecto PAPCA 2011, número 33 de la FES Iztacala.

### ***Guía ilustrada de especies***

La guía ilustrada de especies contiene cuatro secciones de información para cada taxón: nombre científico, descripción taxonómica, imágenes y literatura consultada. Se lograron ilustrar 64 especies a través de fotografías originales en ML y MEB, además se agregaron esquemas de trabajos publicados.

## Cyanoprokaryota

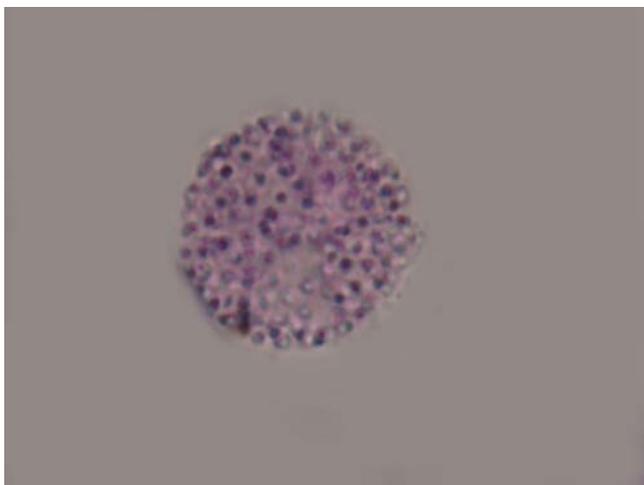
### *Radiocystis geminata* Skuja

Colonias planctónicas, esféricas o alargadas, compuestas de subcolonias, de 20-100  $\mu\text{m}$  de largo por 20-70  $\mu\text{m}$  de ancho. Las células se arreglan en hileras más o menos regulares, las cuales radian desde el centro de la colonia.

Las células son esféricas u ovaladas, con aerotopos y a veces formando pares, de color verde-azul pálido; de 1.5-3  $\mu\text{m}$  de largo por 2.5-3  $\mu\text{m}$  de ancho.

Característica de ambientes dulceacuícolas meso y eutróficos en zonas templadas. No se considera un género tóxico.

Cita: Cronberg, 2005: 02.

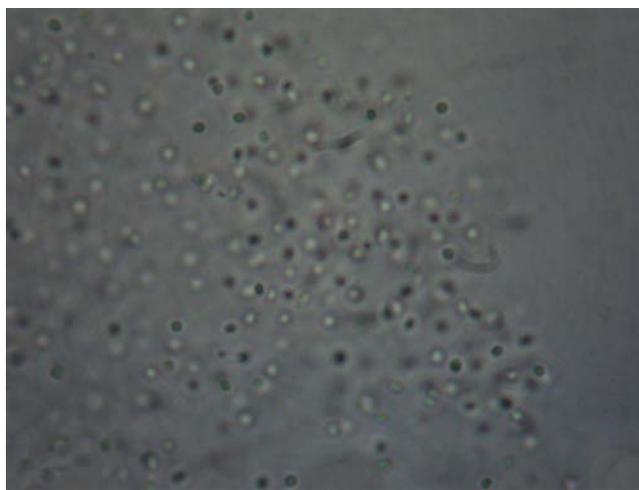


### *Cyanodictyon imperfectum* Cronberg et Weibull

Colonias microscópicas, organizadas en una red. Células de 0.4-1  $\mu\text{m}$  de diámetro, con precipitaciones negruzcas de óxido de hierro, en forma de costras o de gránulos.

Planctónicas dulceacuícolas de sitios mesotróficos y ligeramente eutróficos.

Cita: Whitton, 2002: 43; Cronberg, 2005: 02.



***Aphanothece comasii* Komárková-  
Legnerová & Tavera**

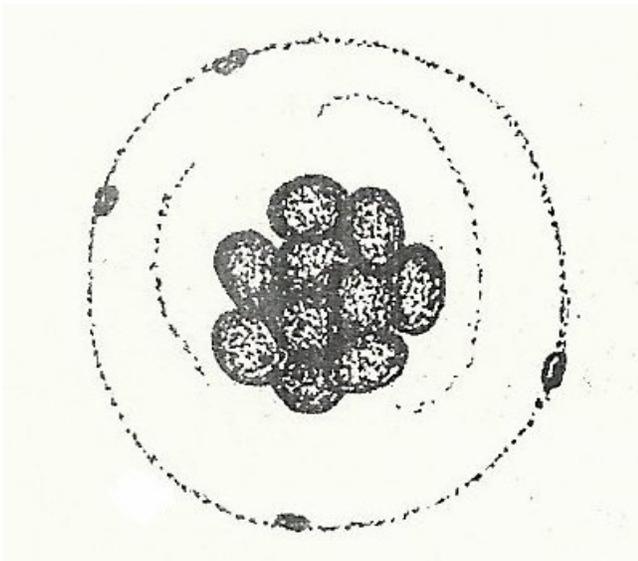
Colonias mucilaginosas esféricas o elipsoidales de 23  $\mu\text{m}$  de diámetro. La colonia contiene unas cuantas células rodeadas por un mucilago ancho y hialino.

En el margen se encuentran pequeños detritus o incrustaciones calcáreas de color pardo.

Las células son de 4–11  $\mu\text{m}$  de largo por 3–6  $\mu\text{m}$  de ancho.

Típica del plancton pelágico.

Cita e imagen: Komárková-Legnerová & Tavera, 1996: 408

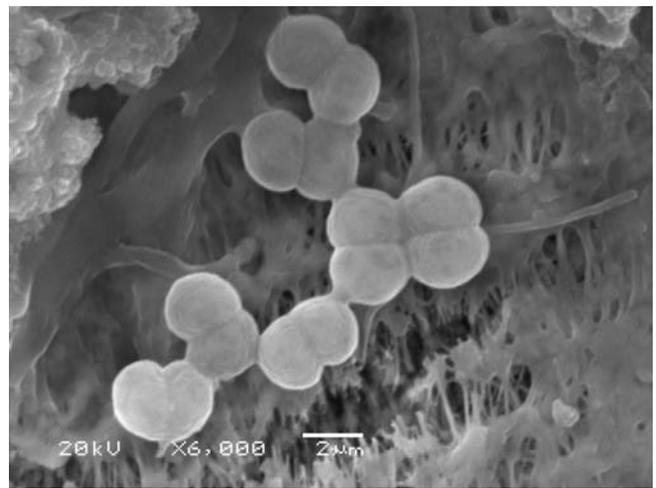


***Merismopedia punctata* Meyen**

Colonias planas de hasta 64 células, generalmente mucho menos. El margen del mucilago bien definido. Las células de color azul pálido, esféricas o elipsoidales de 2-4  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Tiene un amplio rango de distribución en aguas dulces y salobres, típica del plancton en condiciones mesotróficas.

Cita: Whitton, 2002: 51.



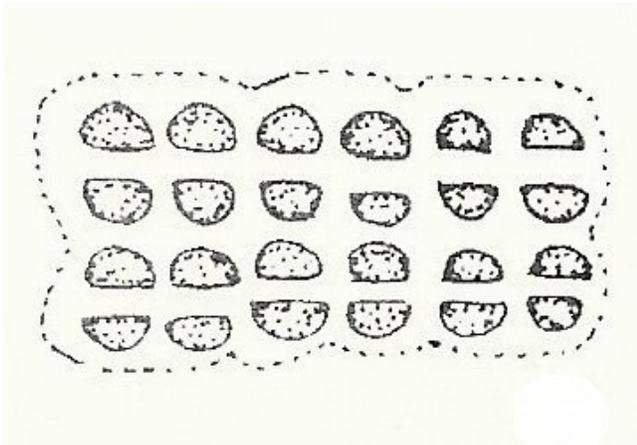
***Merismopedia tenuissima* Lemmermann**

Colonia plana de 16 células, usualmente rectangular. Las células son esféricas o elipsoidales de 0.5-2 µm de diámetro y usualmente se encuentran muy cercanas entre sí.

Tienen un amplio rango de distribución en aguas eutróficas dulces y salobres, se encuentra tanto en los sedimentos como en la columna de agua.

Imagen tomada de Silva (1999).

Cita: Komarék, 2003: 51.



***Coelomoron minimum* (Bernard)  
Komárková-Legnerová & Tavera**

Colonias esféricas con células unidas en arreglo radial, rodeadas por una envoltura mucilaginosa que es apenas visible.

Células elipsoidales a ovoides pero también esféricas de color verde-azul, con aerotopos, de 2-3 µm de largo por 2-3 µm de ancho.

Las colonias son de más de 60 µm de diámetro y se dividen en 2 ó 3 partes por una constricción de la envoltura mucilaginosa.

Cita: Komárková-Legnerová & Tavera, 1996: 10.

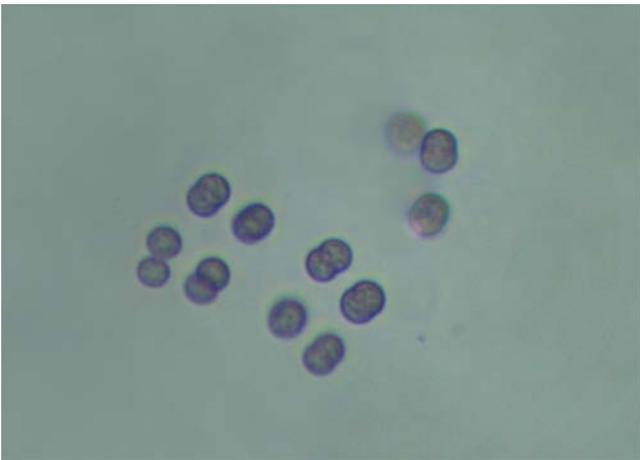


***Eucapsis parallelepipedon* (Schmidle)  
Komárek et Hindák**

Colonias cúbicas pequeñas, de hasta 64 células, generalmente mucho menos, encerradas en un mucilago hialino y homogéneo. Células verde-azules esféricas o ligeramente elongadas de 2-4  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Dulceacuícola, de zonas tropicales, alcalófila, a veces se le encuentra con plantas acuáticas.

Cita: Komárek & Anagnostidis, 1999: 266.



***Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann)  
Komárek**

Tricomas solitarios, rectos o flexibles, con el mismo diámetro a todo lo largo, mezclados con otras algas en el litoral.

Célula apical redondeada y sin caliptra.

Células de 1.5-2  $\mu\text{m}$  de diámetro por 4-6  $\mu\text{m}$  de largo. No constreñida en las paredes, sin gránulos.

Planctónica de aguas eutróficas.

Cita: Prescott, 1982: 488; Whitton, 2002: 75.



***Cylindrospermopsis catemaco***  
**Komárková-Legnerová & Tavera**

Filamentos sin vaina, flotantes, generalmente cortos compuestos de 2-4 células, raramente con más.

Los tricomas comúnmente en giro de tornillo de 7-11  $\mu\text{m}$  de diámetro y los extremos estrechos. En ocasiones se producen filamentos rectos, que se atenúan hacia los extremos.

Las paredes transversales solo se observan bajo aceite de inmersión.

Las células son cilíndricas de color verde-azul pálido y sin aerotopos, de 5-10  $\mu\text{m}$  de largo por 1-2  $\mu\text{m}$  de ancho.

Heterocito elongado, cilíndrico a elipsoidal, punteado o romo en el extremo final, a veces curvado. Se forman en uno o ambos extremos de los tricomas. Sin acinetos.

Cita: Komárková-Legnerová & Tavera, 1996: 12.



***Cylindrospermopsis philipinensis* (Taylor)**  
**Komárek**

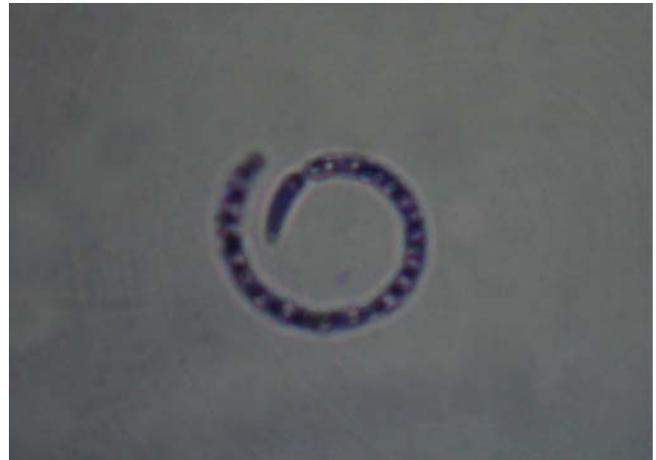
Filamentos de 13-120  $\mu\text{m}$  de largo, torcido en un espiral de 20-25  $\mu\text{m}$  de diámetro. La distancia entre los espirales es de 5-10  $\mu\text{m}$ .

Los heterocitos son formados en uno o ambos extremos del filamento, son cilíndricos, ovales, elongados, punteados o romos en el extremo.

Con acinetos y localizados junto al heterocito, solitarios o en pares; son elongados, cilíndricos con terminaciones redondeadas, ligeramente doblados siguiendo la forma de los filamentos torcidos. El contenido es homogéneo.

Células cilíndricas de 10-22  $\mu\text{m}$  de largo por 2-5  $\mu\text{m}$  de ancho. La célula terminal afilada o roma. Las células viejas sostienen unos cuanto aerotopos de forma irregular que se extienden a lo ancho. Los filamentos viejos tienen constricciones distintivas entre las células.

Cita: Komárková-Legnerová & Tavera, 1996: 14.



## Xantophyta

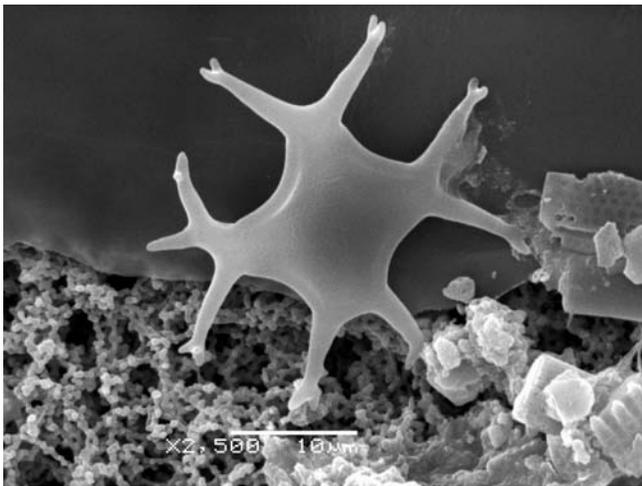
### *Pseudostaurastrum hastatum* (Reinsch) Chodat

Células de 28-38  $\mu\text{m}$  de lado a lado, tetraédricas, con un cuerpo central relativamente pequeño y brazos que disminuyen gradualmente hacia los extremos, terminando en unas pequeñas espinas.

Los cloroplastos permanecen en el cuerpo central.

Europea, planctónica de lagos pequeños meso y eutróficos.

Cita: Johnson, 2002: 259.



## Bacillariophyta

### *Stephanodiscus hantzschii* Grunow

Valva con 13-20  $\mu\text{m}$  diámetro, de 8-11 estrías marginales en 10  $\mu\text{m}$ .

Frústulas solitarias. Valvas planas sin aros hialinos marginales y un área central ligeramente diferenciada de la marginal.

Costillas más estrechas que las estrías, las cuales son uniseriadas. En el centro las aréolas se organizan de forma irregular.

Dos fultoportulas se encuentran en la superficie de la valva y finas espinas en el margen.

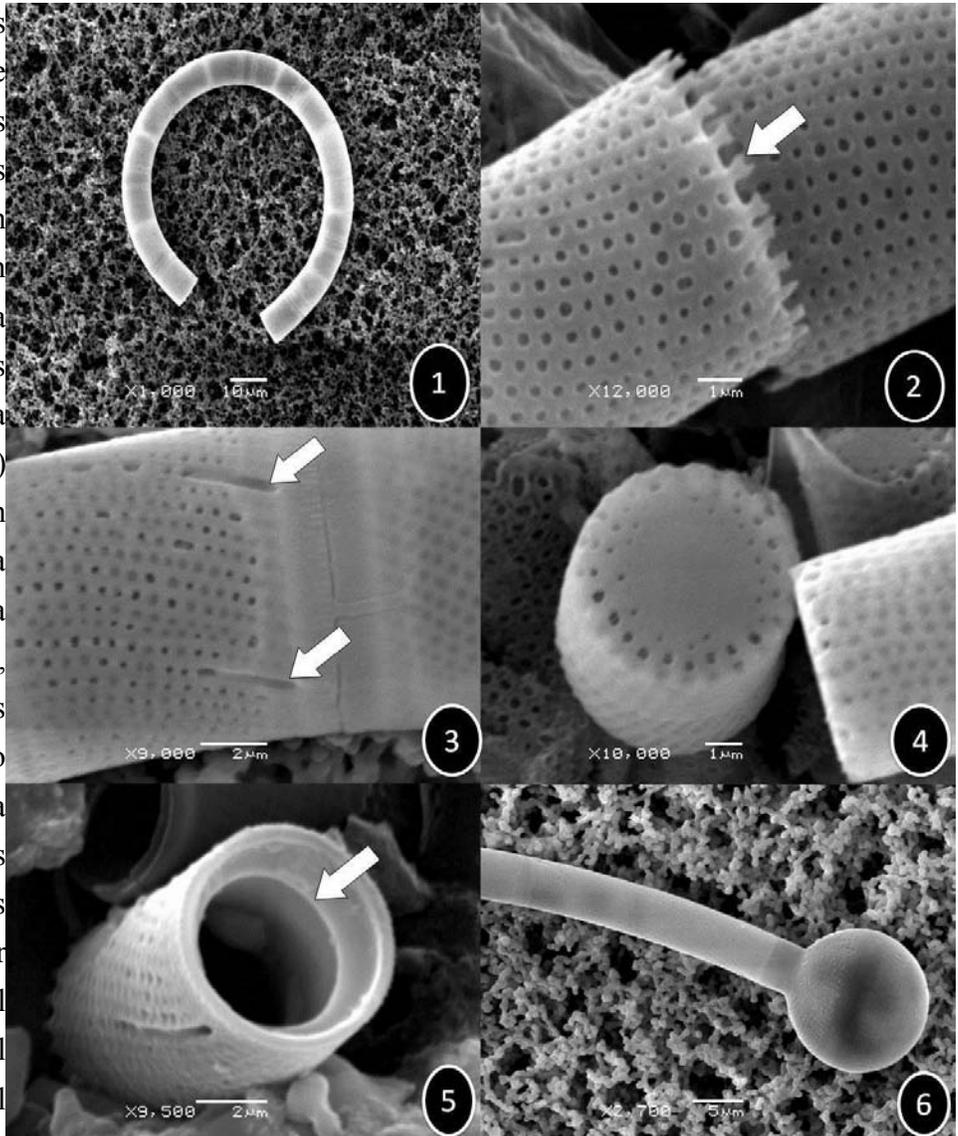
Ésta especie es considerada de zonas templadas con algunos registros tropicales, alcalófila.

Cita e imagen: Novelo *et al.*, 2007: 14



## ***Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen**

Filamentos con células cilíndricas, más altas que anchas, formando cadenas relativamente largas y curvas (1). Estrías organizadas en espiral sobre el manto, con una curvatura hacia la derecha (1, 2, 3). Las estrías terminan con una espina intermedia bicúspide (2) (flecha); las aréolas son redondas (2, 3). Cada valva tiene al menos una rimoportula alargada, localizada al final de las hileras de areolas, a un lado del collum (3) (flechas). La cara valvar generalmente es lisa; sin embargo, en algunas muestras se pudo observar un anillo de aréolas en el margen (4). El engrosamiento interno del manto valvar o ringleiste, se



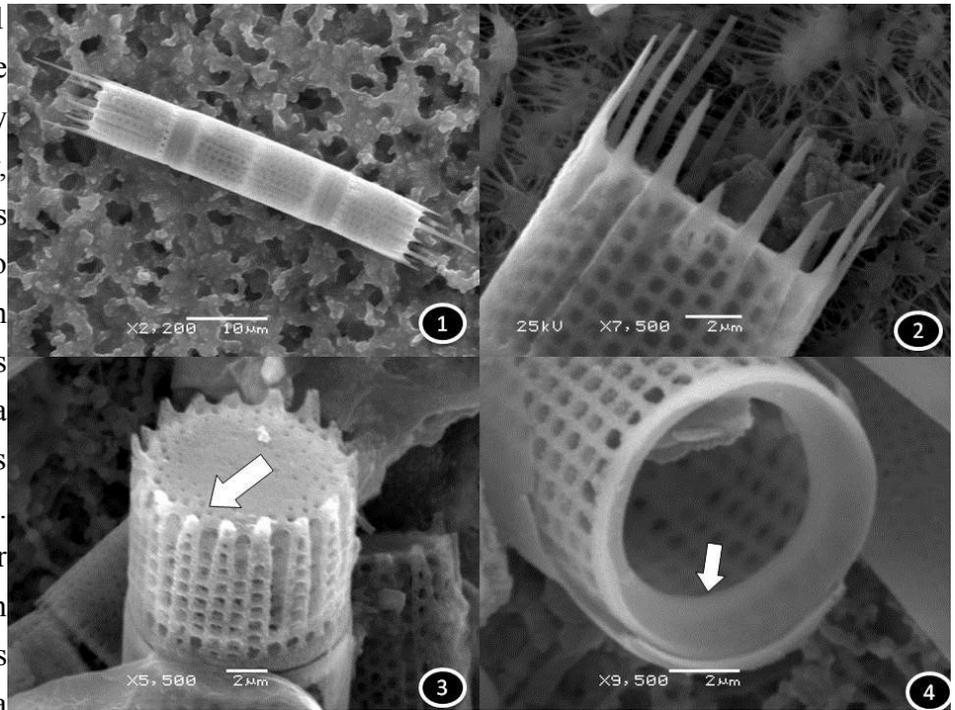
pudo observar fácilmente en la mayoría de las muestras y se asoció con un área hialina del manto (5) (flecha). Auxosporas circulares (6).

Común en hábitats dulceacuícolas meso y eutróficos.

Cita: Siver & Kling, 1997: 1808.

## ***Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Ralfs**

Células cilíndricas de 5-21  $\mu\text{m}$  de largo por 5-18  $\mu\text{m}$  de ancho, con espinas largas y cortas en el margen valvar, formando cadenas (1). Las areolas sobre el manto cuadradas, arregladas en línea recta (2). Las rimoportulas situada entre la 2<sup>a</sup>. y 3<sup>era</sup> hilera de areolas desde el collum. Generalmente la cara valvar es lisa y sin aréolas, sin embargo varios especímenes las mostraron en la periferia



de la cara valvar, justo en la base de las espinas (flechas). Las espinas terminales son puntiagudas, resultado de la coalescencia de dos costillas del manto (3). Las rimoportulas se ubican en la segunda o tercera hilera de aréolas a partir del collum. Ringleiste somero (4) (flecha).

Planctónica de hábitats dulceacuícolas eutróficos.

Cita: Siver & Kling, 1997: 1813; Novelo, 1998: 279.

### ***Stausosira construens* Ehrenberg**

Valvas arafideas cruciformes (a), de 12-13  $\mu\text{m}$  de largo por 5-7  $\mu\text{m}$  de ancho, simétricas en el eje transapical.

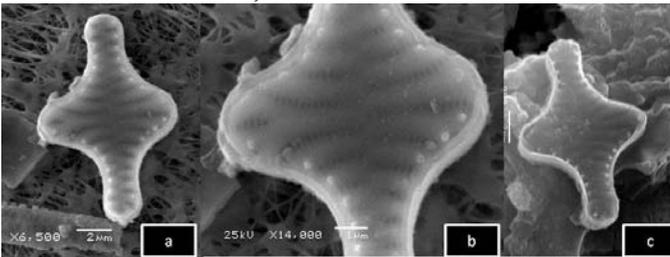
Valvas sin ápices prolongados, con polos redondeados y la parte media de la valva inflada y con pocas espinas.

Área central ausente, área axial estrecha y lanceolada.

Estrías alternas, radiadas en el centro (b) y paralelas en los polos; con aréolas alargadas, 18-20 estrías en 10  $\mu\text{m}$ . Con espinas huecas en el margen (c)

Esta especie es considerada cosmopolita, con un amplio espectro ecológico. Alcalófila.

Cita: Novelo *et al.*, 2007: 21.



### ***Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère**

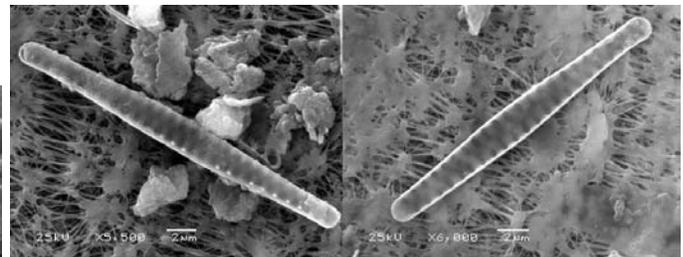
Frústulas solitarias de 69-225  $\mu\text{m}$  de largo por 6-75  $\mu\text{m}$  de ancho. Valvas lineales con los ápices rostrados.

En vista conectiva rectangular, valvas unidas a través de espinas marginales pequeñas. El área central rectangular y el área axial estrecha.

Con una rimoportula localizada en el extremo distal de la valva.

Esta especie es considerada cosmopolita, planctónica de aguas alcalinas.

Cita: Novelo *et al.*, 2007: 24.



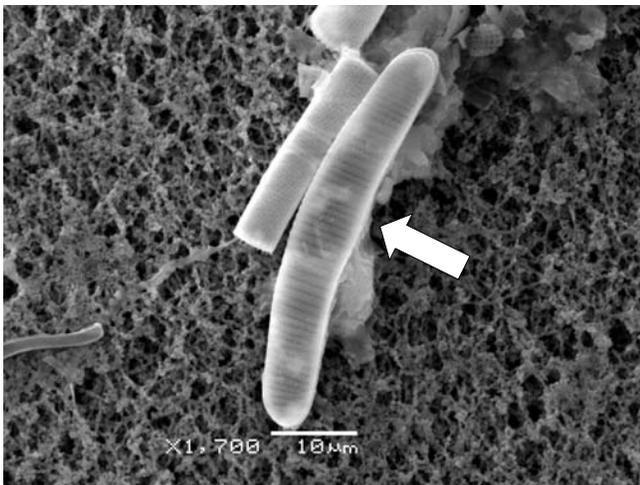
### ***Eunotia formica* Ehrenberg**

Valvas ligeramente arqueadas de 81-218  $\mu\text{m}$  de largo por 3-8  $\mu\text{m}$  de ancho, sin ondulaciones marginales, tan anchas en el centro como en los extremos, polos redondeados a agudos (flecha).

El margen ventral es recto o ligeramente cóncavo.

El rafe es corto, con una rimoportula en el extremo de la valva. Estrías uniseriadas paralelas.

Cita: Novelo *et al.*, 2007: 26.



### ***Cymbella turgida* Gregory**

Valvas semielípticas de 15-51  $\mu\text{m}$  de largo por 5-12  $\mu\text{m}$  de ancho, con polos redondeados.

El margen dorsal es fuertemente convexo, en contraste el margen ventral, asimétrica en el eje apical.

Área axial excéntrica y estrecha. El rafe es filiforme y se dobla hacia el margen dorsal en los extremos de la valva.

El área central es elíptica, formada de las estrías dorsales o ventrales.

Las estrías de paralelas a radiadas con aréolas pequeñas y punteadas.

Cita: Lawson & Rushforth, 1975: 46.



***Cocconeis placentula* var. *lineata***  
**(Ehrenberg) Cleve**

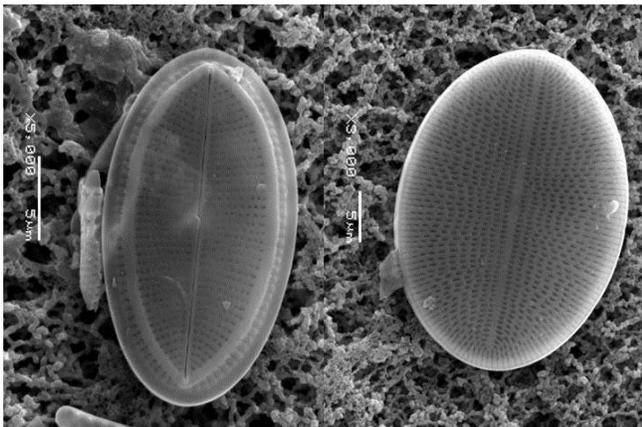
Frústula heterovalvar, la ornamentación de cada valva es muy diferente. Valvas elípticas de 13-29  $\mu\text{m}$  de largo por 7-22  $\mu\text{m}$  de ancho.

La epivalva con rafe filiforme y alargándose en las fisuras proximales, ápice distal terminando dentro de un aro hialino; las estrías paralelas en la parte media, y ligeramente radiadas cerca de los polos; estas se interrumpen por un área hialina cerca del margen. Las aréolas son numerosas y con una organización casi lineal.

La hipovalva sin rafe, las estrías continuas hasta el margen.

Esta variedad es considerada cosmopolita y alcalófila.

Cita: Lawson & Rushforth, 1975: 20; Novelo *et al.*, 2007: 30.



***Achnantheidium minutissimum* (Kützing)**  
**Czarnecki**

Frústula linear lanceolada, monorafídea. La valva con rafe presenta una fascia. Valvas de 9-25  $\mu\text{m}$  de largo por 3-5  $\mu\text{m}$  de ancho, en forma lineal con los polos redondeados; la valva con rafe tiene un área lineal axial.

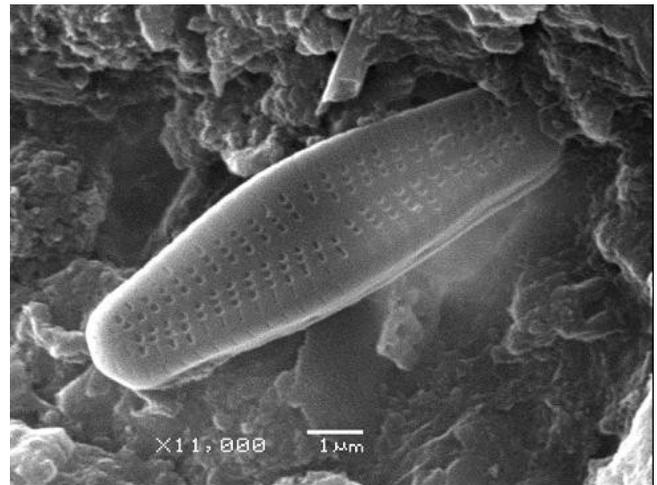
El rafe filiforme y se extiende en el área central, la cual es pequeña y rectangular, a veces ausente.

Estrías radiadas a todo lo largo, de 25-30 en 10  $\mu\text{m}$ .

La valva sin rafe con estrías radiales, área axial recta y estrecha.

Esta especie es considerada cosmopolita y alcalófila.

Citas: Lawson & Rushforth, 1975: 23; Novelo, 1998: 315; Novelo *et al.*, 2007: 28.



Nota: Vista externa de la valva sin rafe en MEB.

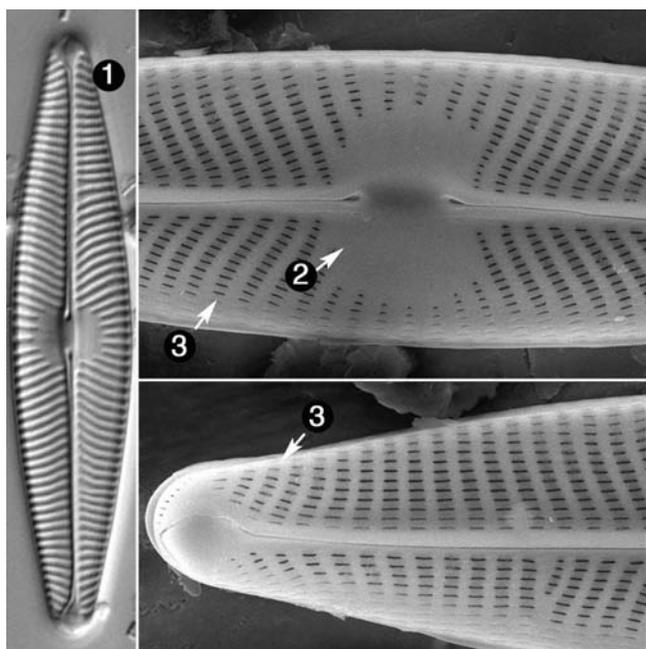
### ***Navicula lanceolata* (Agardh) Kützing**

Valvas lanceoladas de 27-60  $\mu\text{m}$  de largo por 9-12  $\mu\text{m}$  de ancho con ápices redondeados, el rafe es filiforme con las terminaciones centrales ligeramente hacia un lado de la valva. Las fisuras terminales del rafe están conectadas hacia el lado opuesto al central.

La zona axial es estrecha y lineal, la zona central es rectangular o cuadrada, las estrías son radiadas pero convergen en los ápices, de 10-13 en 10  $\mu\text{m}$ .

Imagen: <http://westerndiatoms.colorado.edu>.

Cita: Potapova, 2009.



Notas:

1. vista valvar
2. área central ovalada
3. estrías radiales, excepto en los ápices que son convergentes

### ***Craticula cuspidata* (Kützing) Mann**

Valvas lanceoladas de 56-76  $\mu\text{m}$  de largo por 14-18  $\mu\text{m}$  de ancho sin ápices extendidos o rostrados, polos redondeados.

Márgenes convexos; área axial recta y estrecha, no se diferencia del área central.

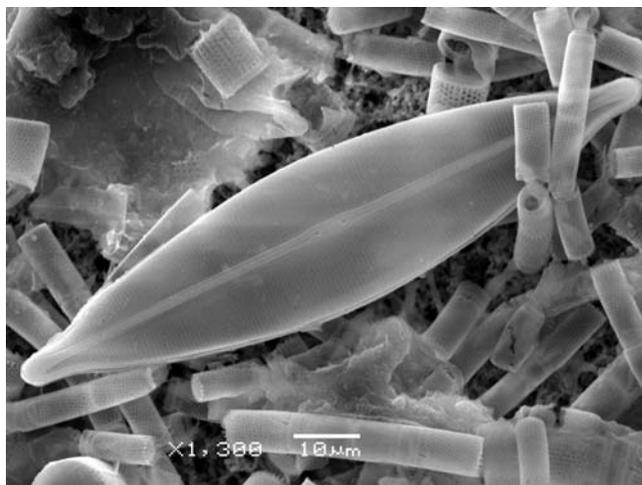
El rafe es filiforme y recto. Las fisuras proximales y terminales del rafe son rectas.

Nódulo central pequeño. Estrías rectas y paralelas, recorriendo toda la valva.

Las aréolas están alineadas longitudinalmente y forman dos sistemas de estrías que cruzan uno con otro, creando un ángulo de 90°.

Esta especie es considerada cosmopolita y alcalófila.

Cita: Novelo *et al.*, 2007: 38.



### ***Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow**

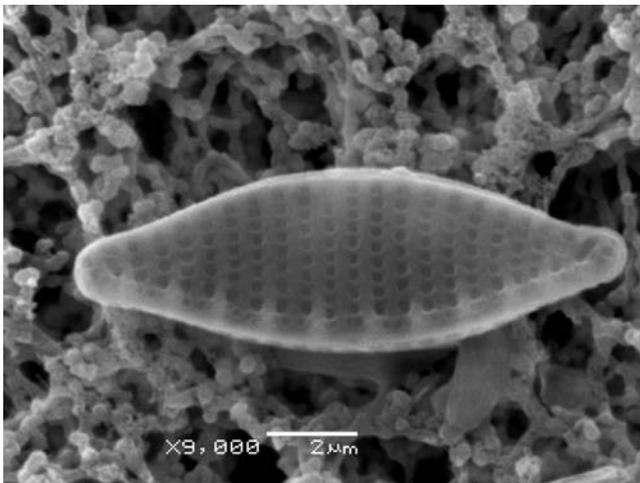
Valvas rectas, lanceoladas a linear-lanceoladas con márgenes convexos, de 18-52  $\mu\text{m}$  de largo por 2-5  $\mu\text{m}$  de ancho.

Ápices ligeramente extendidos, subcapitados a redondeados. Ejes apical y pervalvar rectos.

La superficie valvar plana con el rafe excéntrico con fibulas distantes y cortas en forma de dientes romos y de igual tamaño.

Aproximadamente dos estrías por fibula. Las estrías son rectas, puntadas y con una estructura gruesa.

Cita: Novelo *et al.*, 2007: 72.



### ***Nitzschia palea* (Kützing) Smith**

Valvas pequeñas lineales o lanceoladas de 15-65  $\mu\text{m}$  de largo por 2-6  $\mu\text{m}$  de ancho.

En vista valvar ligeramente constreñidas en el centro.

Tienen márgenes paralelos, ápices delgados y polos redondeados o rostrados.

La superficie valvar es plana con una quilla estrecha y submarginal.

El rafe es marginal con fibulas rectangulares de tamaño variable. Sin nódulo central. Estrías y aréolas poco visibles.

Esta especie es considerada cosmopolita de pH indiferente.

Citas: Lawson & Rushforth, 1975: 54; Novelo *et al.*, 2007: 74.



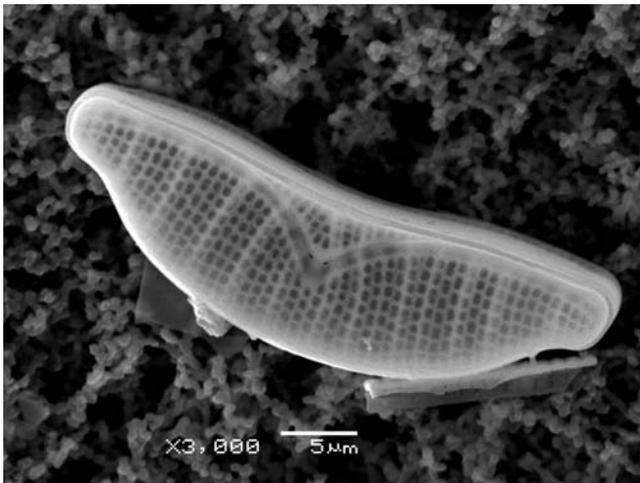
### ***Epithemia adnata* (Kützing) Brébisson**

Valvas de 32 a 40  $\mu\text{m}$  de largo por 7 a 13  $\mu\text{m}$  de ancho, con ápices redondeados a rostrados. Estrías multiseriadas, de 3-7 entre las costillas; 10 estrías en 10  $\mu\text{m}$  y 3 costillas en 10  $\mu\text{m}$ .

El margen dorsal convexo y el margen ventral moderadamente cóncavo.

Rafe excéntrico a lo largo del margen valvar. Biarqueado y los arcos hacia el margen dorsal en el centro de la valva. El arco central del canal del rafe a 5-6  $\mu\text{m}$  por encima del margen ventral.

Cita: Lowe, 2010.



## **Cryptophyta**

### ***Cryptomonas erosa* Ehrenberg**

Células ovales de 13-45  $\mu\text{m}$  de largo por 6-17  $\mu\text{m}$  de ancho, con vacuolas contráctiles en la posición dorsal y anterior de la célula.

Flagelos iguales al tamaño de la célula; dos cloroplastos muy variables en color pero nunca verde-azules, sin pirenoide o estigma.

Probablemente cosmopolita.

Cita: Novarino, 2002: 183.



## Dinophyceae

### *Peridiniopsis cunningtonii* Lemmermann

Células ovals y aplanadas dorsiventralmente de 20-40  $\mu\text{m}$  de largo y 20-30  $\mu\text{m}$  de ancho.

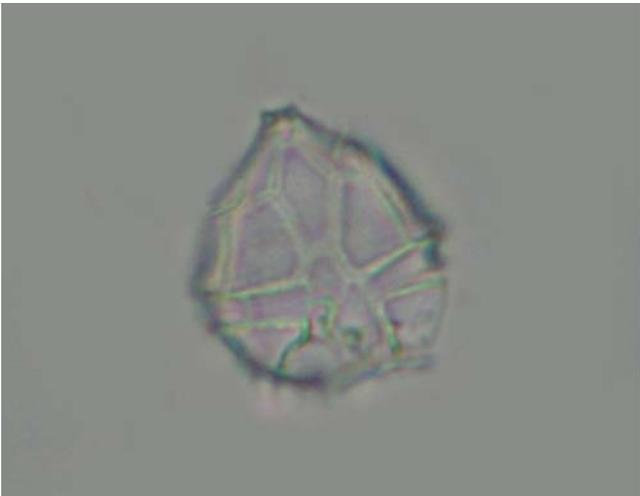
Epiteca cónica con un poro apical y la hipoteca redonda con 2-6 espinas.

El cingulum es ancho y bien definido, gira ligeramente hacia la izquierda; el sulcus se extiende muy poco en la epiteca pero a todo lo largo de la hipoteca, sin alcanzar el antapice.

La pared celular está compuesta de delicadas placas ornamentadas con una red, solo visible en inmersión o MEB. Con formula 5', 0a, 6'', 5''', 2''''

De distribución mundial; común en lagos y estanques.

Cita: Lewis & Dodge, 2002: 201; Popovský & Pfiester, 2008: 202.



### *Peridiniopsis polonicum* (Woloszýnska) Burrelly

Las células son ovals y muy aplanadas dorsiventralmente, de 33-54  $\mu\text{m}$  de largo por 30-51  $\mu\text{m}$  de ancho. La epiteca termina en una punta y la hipoteca es redonda.

El cingulum gira hacia la izquierda; el sulcus se extiende muy poco en la epiteca, pero se extiende a todo lo largo de la hipoteca llegando a alcanzar el antapice.

Las placas son cóncavas y están reticuladas. Con formula 4', 1a, 7'', 5''', 2''''

Los cloroplastos son pequeños y discoidales o en forma de listón.

Un estigma puede estar presente.

Se encuentra en el plancton de lagos y estanques de Norteamérica y Europa.

Cita: Popovský & Pfiester, 2008: 192.



### ***Peridinium umbonatum* Stein**

Las células son ovales a circulares y dorsiventralmente aplanadas, de 15-45  $\mu\text{m}$  de largo por 12-32  $\mu\text{m}$  de ancho.

El epitoca en forma de campana y más grande que el hipoteca, el cual es redondo.

El cingulum es ancho y gira hacia la izquierda. El sulcus se extiende ligeramente en la epitoca, pero se extiende por todo lo largo de la hipoteca donde logra alcanzar el antapice.

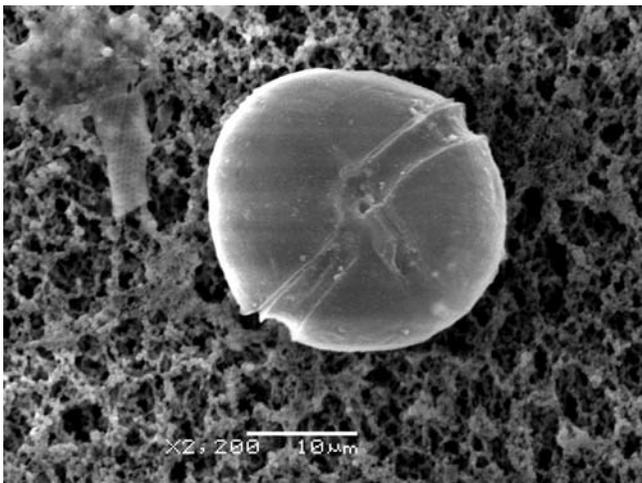
La teca es delgada y en el lado dorsal puede estar ornamentada con procesos en forma de dientes o espinas.

Las placas son cóncavas o convexas con líneas de papilas. Con formula 4', 2a, 7'', 5''', 2''''

Los cloroplastos son en forma de disco y están arreglados en forma radial.

De amplia distribución en los cuerpos de agua dulceacuícolas de oligo a eutrófico.

Cita: Popovský & Pfister, 2008: 184.



### **Euglenophyta**

#### ***Euglena variabilis* Klebs**

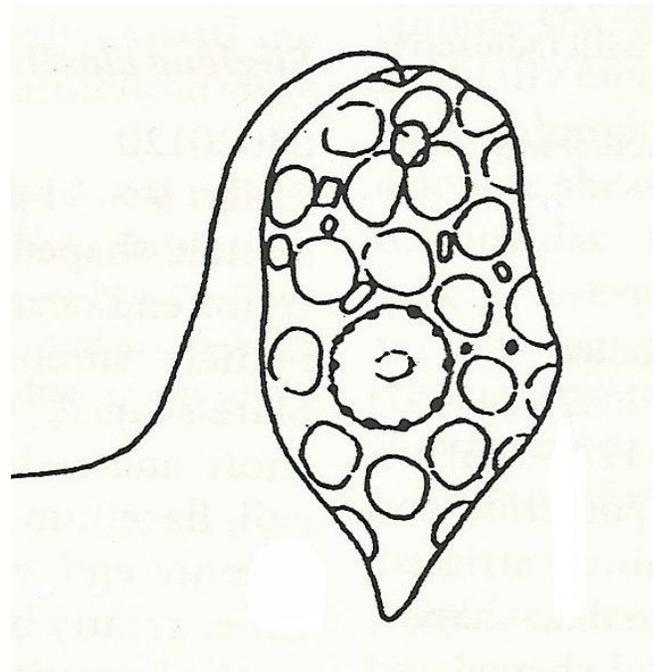
Células metabólicas de 25-46  $\mu\text{m}$  de largo por 7-15  $\mu\text{m}$  de ancho, cilíndrica a ovoide, parte anterior redondeada y parte posterior roma.

Película distintivamente estriada en espiral.

Los cloroplastos son numerosos en forma de disco sin pirenoides; gránulos de paramilo numerosos y pequeños en forma elipsoidal.

Flagelo de dos o tres veces más largo que la célula.

Cita e imagen: Wolowski, 2002: 158.



***Lepocinclis acus* (Müller) Marin et Melkonian**

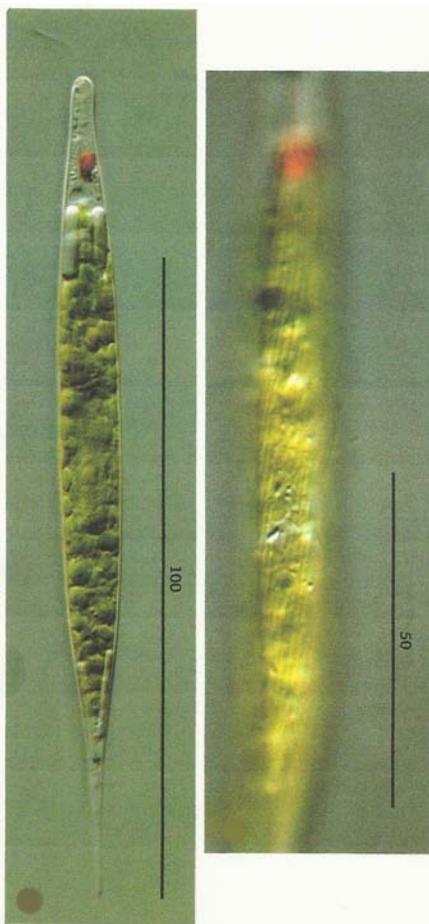
Células fusiformes, estrechándose hacia la parte anterior y mostrando un estigma, de 67-230  $\mu\text{m}$  de largo por 7-14  $\mu\text{m}$  de ancho; el flagelo es de un tercio del largo de la célula.

Los gránulos de paramilo cilíndricos y largos.

Cloroplastos numerosos y en forma de disco, carecen de pirenoides.

Las estriaciones peliculares son finas y siguen el eje longitudinal.

Cita e imagen: Ciuguela & Triemer, 2010: 66.



***Phacus acuminatus* Stokes**

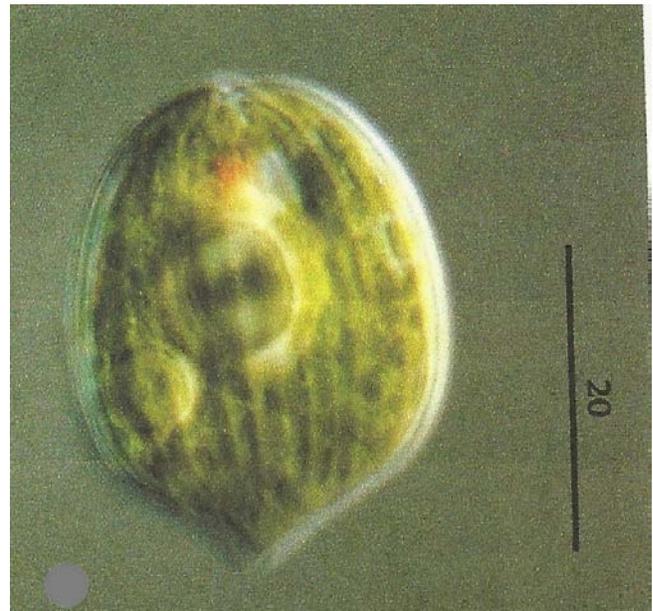
Células ovoides de 23-40  $\mu\text{m}$  de largo por 18-30  $\mu\text{m}$  de ancho, con un flagelo tan largo como la célula.

Con un estigma y numerosos cloroplastos en forma de disco y sin pirenoides, con dos gránulos de paramilo en forma de anillo.

Las estriaciones peliculares están longitudinalmente dispuestas.

Probablemente cosmopolita; se encuentra en varios tipos de cuerpos de agua dulce acuólicas oligo y mesotróficos, a veces en el mismo hábitat que Euglena y Lepocinclis.

Cita e imagen: Ciuguela & Triemer, 2010: 90.



### ***Trachelomonas hispida* (Stein) Deflandre**

Lóriga elipsoidal de 20-42  $\mu\text{m}$  de largo por 15-26  $\mu\text{m}$  de ancho, está ornamentada por unas espinas cortas, en contraste, la pared esta finamente punteada.

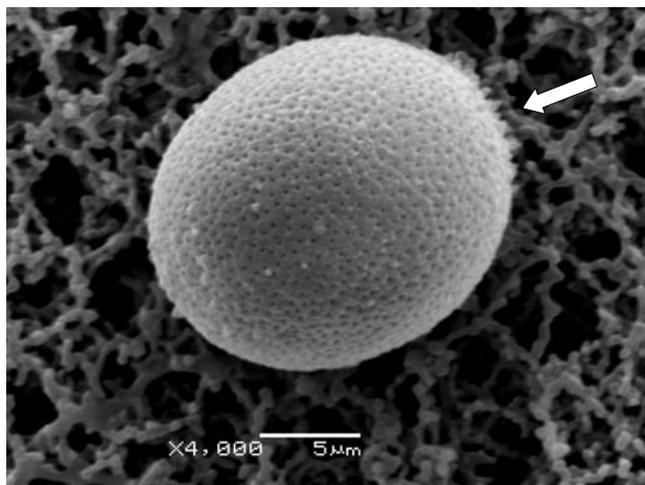
El poro apical, de 3-4  $\mu\text{m}$  de diámetro, está rodeado por un anillo doble cuyo borde externo tiene una corona con doce espinas (flecha).

El flagelo es de uno a dos veces el tamaño de la célula.

Cloroplastos de 8-10 en forma de platos, cada uno con un diplopirenoide.

Probablemente cosmopolita, planctónica de hábitats dulceacuícolas, indicadora de aguas limpias a moderadamente contaminadas.

Cita: Conforti & Tell, 1986: 55; John *et al.*, 2002: 175; Da *et al.*, 2009: 52; Ciugulea & Triemer, 2010: 154.



### ***Trachelomonas verrucosa f. irregularis* Deflandre**

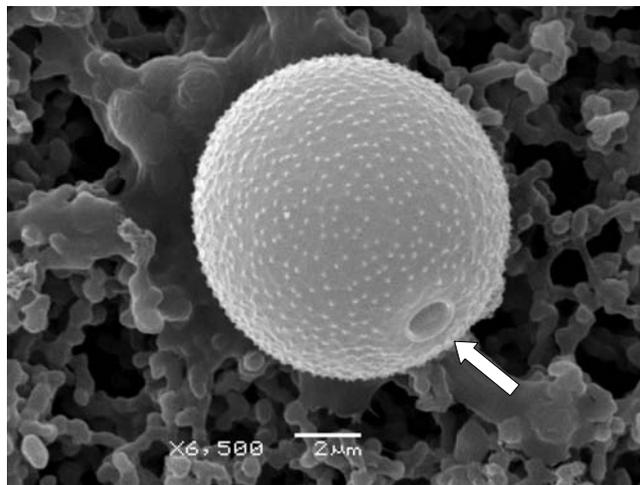
La lóriga esférica con un diámetro de 9-15  $\mu\text{m}$ . El poro flagelar tiene un diámetro de 1.5-2  $\mu\text{m}$ , rodeado por un engrosamiento anular (flecha).

Lóriga con pequeñas verrugas uniformemente distribuidas 300/100  $\mu\text{m}^2$ .

Los cloroplastos son grandes y en forma de platos, posee un estigma y tiene un color pardo claro.

Planctónica de varios cuerpos de agua dulceacuícolas; característica de Europa y Norteamérica.

Cita: John *et al.*, 2002: 179; Da *et al.*, 2009: 42; Ciuguela & Triemer, 2010: 178.



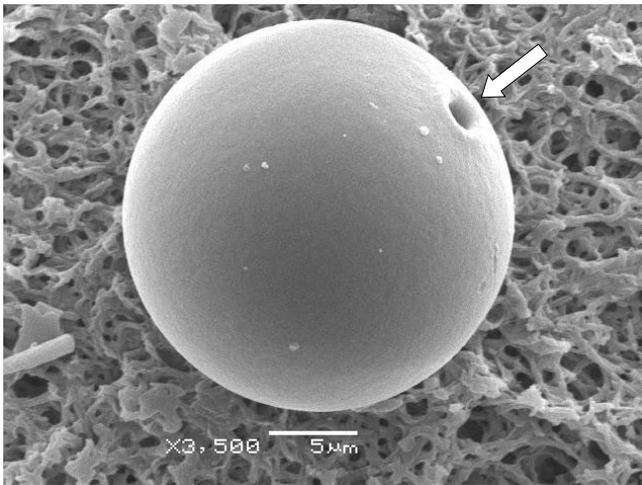
### ***Trachelomonas volvocina* Ehrenberg**

Lóriga esférica y lisa de 11-28  $\mu\text{m}$  de diámetro, con un cuello muy marcado (flecha), de 1  $\mu\text{m}$  de largo por 5  $\mu\text{m}$  de diámetro y una abertura de 4-4.5  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Con un flagelo largo; célula con varios gránulos de paramilo y haplopirenoides.

Ésta especie es considerada cosmopolita, de distintos hábitats dulceacuícolas, es indicadora de aguas meso y eutróficas.

Cita: John *et al.*, 2002: 179; Da *et al.*, 2009: 36; Ciuguela & Triemer, 2010: 180, 182, 183.

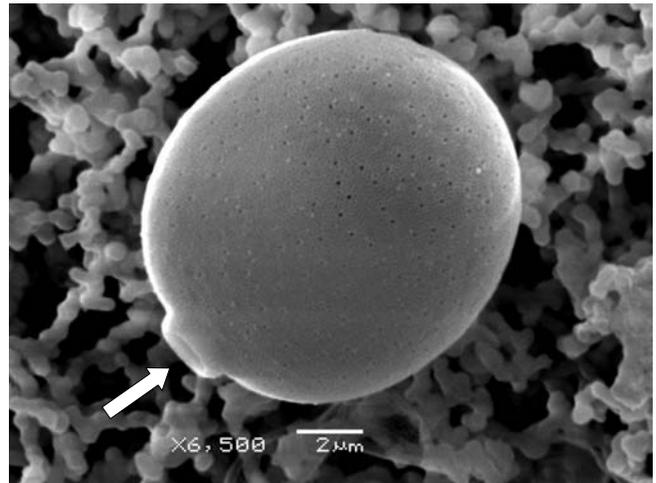


### ***Trachelomonas volvocina* var. *punctata* Playfair**

Lóriga de 14-21  $\mu\text{m}$  de largo por 13-20  $\mu\text{m}$  de ancho, con collar (flecha), estigma y dos cloroplastos, cada uno con un haplopirenoide.

Ésta especie es considerada cosmopolita, de distintos hábitats dulceacuícolas, es indicadora de aguas meso y eutróficas.

Cita: John *et al.*, 2002: 179; Da *et al.*, 2009: 36; Ciuguela & Triemer, 2010: 180, 182, 183.



## Chlorophyta

### ***Chlamydomonas globosa* Snow**

Células esféricas de 5-8  $\mu\text{m}$  de diámetro; sin papila y con un cloroplasto en forma de copa con pirenoide, estigma en la parte media.

Probablemente cosmopolita con amplio intervalo de hábitats, especialmente cerca de la superficie.

Cita e imagen: John, 2002: 308.



### ***Golenkinia radiata* (Chodat) Korshikov**

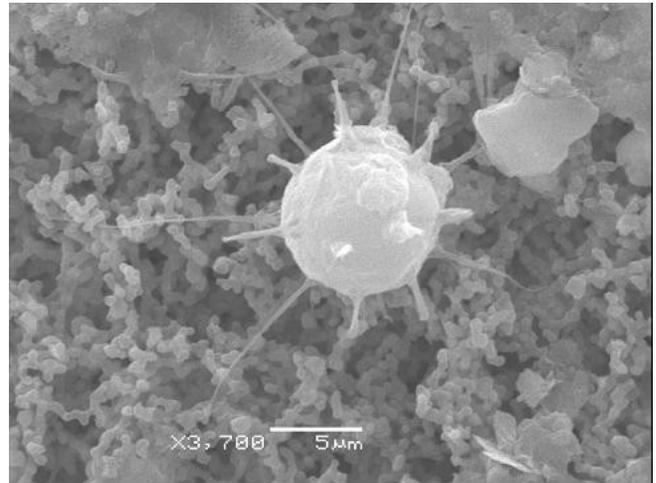
Células esféricas de 6-9  $\mu\text{m}$  de diámetro, de pared lisa o rugosa, con un mucilago difícil de ver.

Espinas de 21-45  $\mu\text{m}$  de largo, generalmente menos de 15 por célula.

El plasto en forma de copa o esférico.

Probablemente cosmopolita y de amplia distribución en hábitats dulceacuícolas.

Cita: John, 2002: 357.



## ***Monactinus simplex* (Meyen) Buchheim**

Cenobio circular en su parte externa, con espacios intercelulares, de 4–32 células. Las células se organizan usualmente en círculos concéntricos con un espacio central (1).

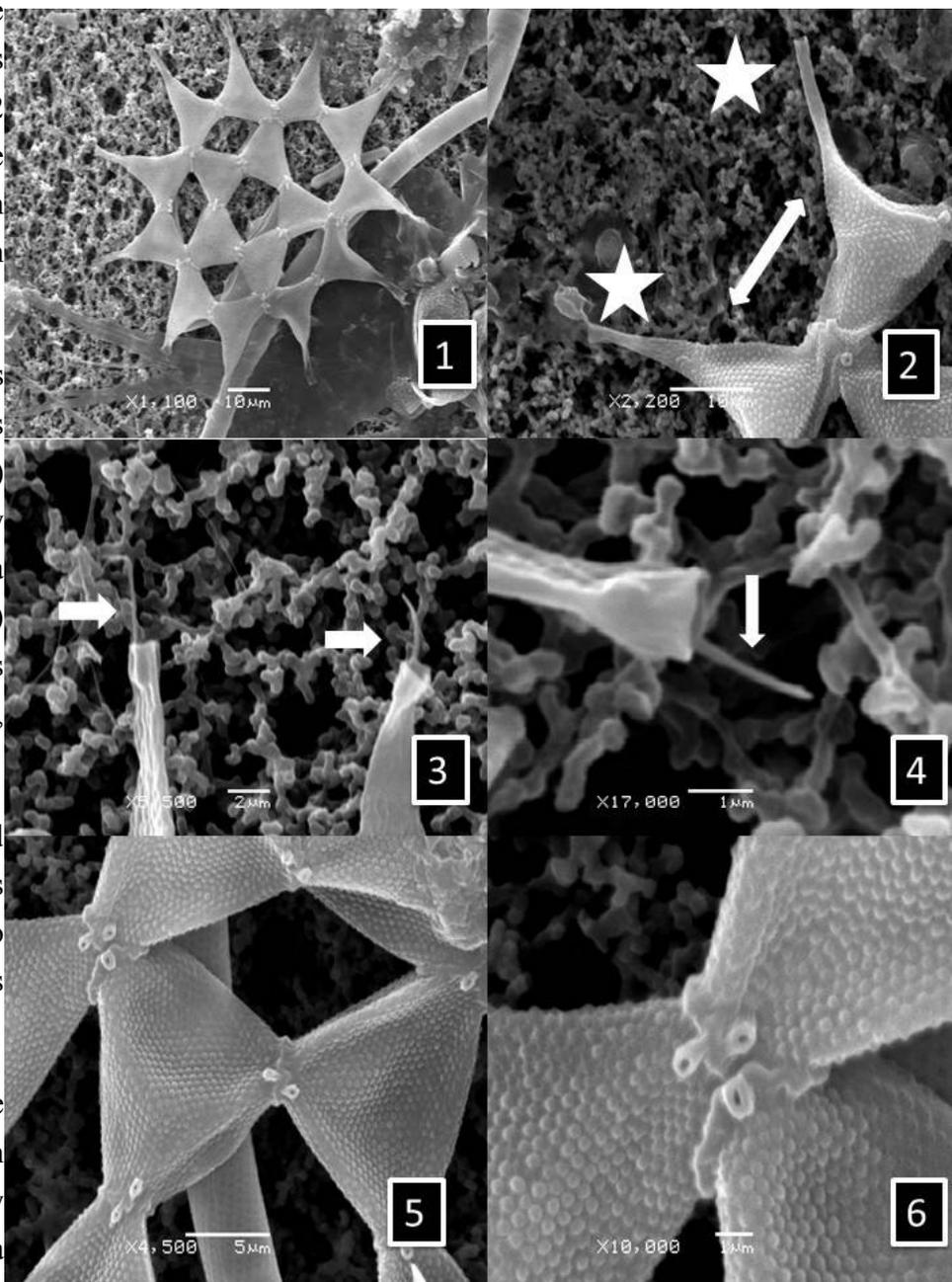
Las células marginales trapezoides o triangulares siempre con una lóbulo (2) (flecha) en la parte media y una proyección (estrella) la cual posee setas (3, 4) (flecha); células internas triangulares o poligonales (1, 5).

En MEB se observa la pared celular granular, con tres rosetas (tubos erectos, uno o varios entre las uniones de las células) (5, 6).

Planctónica dulceacuícola de amplia distribución; crece en ambientes mesotróficos y eutróficos de pH neutro a alcalino durante los meses de

verano en zonas templadas y a lo largo del año en zonas tropicales.

Cita: Comas, 1996: 40; Komárek & Jankovská, 2001: 32; John, 2002: 379; Buchheim *et al.*, 2005: 1048.

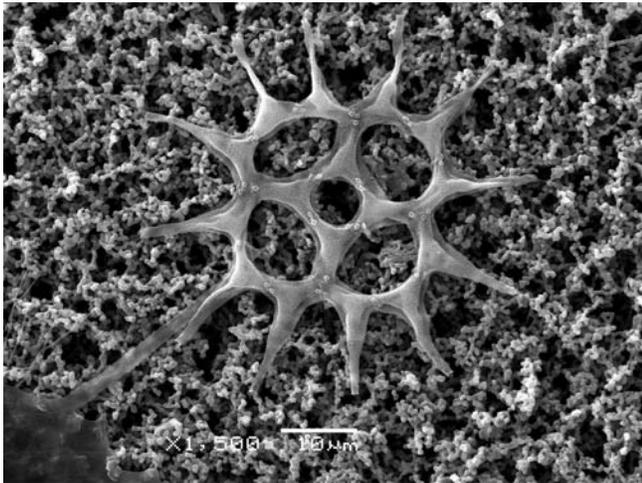


***Pediastrum simplex* var. *clathratum***  
**Schröter**

Cenobio siempre con perforaciones más grandes que el diámetro de la célula; pared celular finamente granular.

Planctónica dulceacuícola de amplia distribución; crece en ambientes mesotróficos y eutróficos de pH neutro a alcalino durante los meses de verano en zonas templadas y a lo largo del año en zonas tropicales.

Cita: Comas, 1996: 40; Komárek & Jankovská, 2001: 32; John, 2002: 379; Buchheim *et al.*, 2005: 1048.

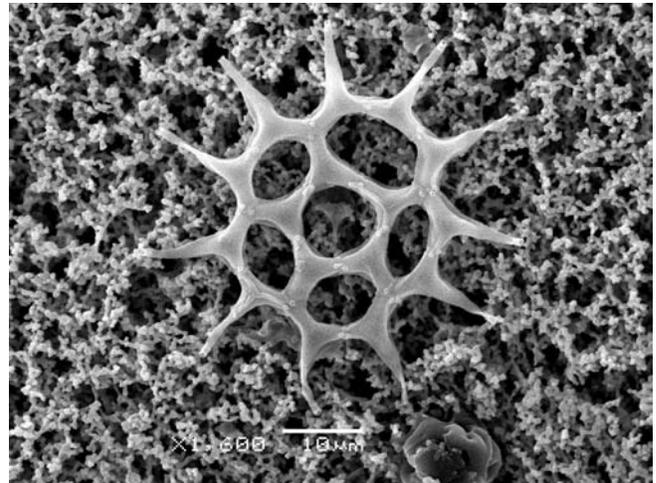


***Pediastrum simplex* var. *biwaense***  
**Fukushima**

Cenobio siempre con perforaciones más grandes que el diámetro de la célula; los lóbulos de las células marginales siempre están arqueados, pared celular finamente granular.

Planctónica dulceacuícola de amplia distribución; crece en ambientes mesotróficos y eutróficos de pH neutro a alcalino durante los meses de verano en zonas templadas y a lo largo del año en zonas tropicales.

Cita: Comas, 1996: 40; Komárek & Jankovská, 2001: 32; John, 2002: 379; Buchheim *et al.*, 2005: 1048.



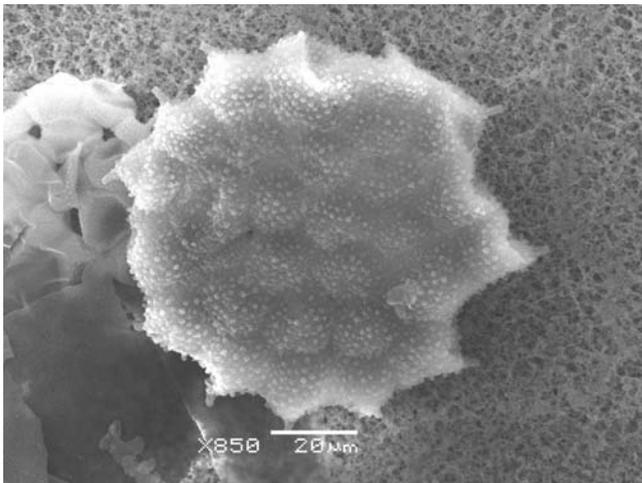
***Pseudopediastrum boryanum* var.  
*cornutum* (Raciborski) Sulek**

Cenobio de 110  $\mu\text{m}$  de diámetro y las células de 7-23  $\mu\text{m}$  de largo por 7-22  $\mu\text{m}$  de ancho.

Células poligonales internas organizadas en círculos concéntricos. Las células externas con dos lóbulos cilíndricos y estrechándose hacia un proceso hialino que termina abruptamente, una incisión profunda se localiza entre ellos, usualmente en forma de V o U.

La pared celular densamente granulada.

Cita: Komárek & Jankovská, 2001: 46, 48; Buchheim *et al.*, 2005: 1048.



***Stauridium tetras* (Ehrenberg) Buchheim**

Cenobio cuadrado de 4-16 células, sin espacios intercelulares. Las células internas son de tetra a hexagonales y se unen a las células vecinas por todo lo largo del margen lateral, pero todas tienen una incisión que alcanza la mitad de la célula.

Las células marginales son trapezoides y con una incisión en forma de U que alcanza la mitad de la célula. A cada lado de la incisión se encuentran dos procesos. La incisión divide la parte proximal de la célula en dos lóbulos que terminan en una concavidad en forma de V, las células se unen a las vecinas por todo lo largo de los márgenes laterales. La pared celular en forma de red y posee unas finas verrugas, las cuales son solo visibles bajo el aceite de inmersión o con MEB.

Es una de las especies más comunes del plancton, es característica de ambientes dulceacuícolas mesotróficos y eutróficos.

Cita: Komárek & Jankovská, 2001: 68; Buchheim *et al.*, 2005: 1051.

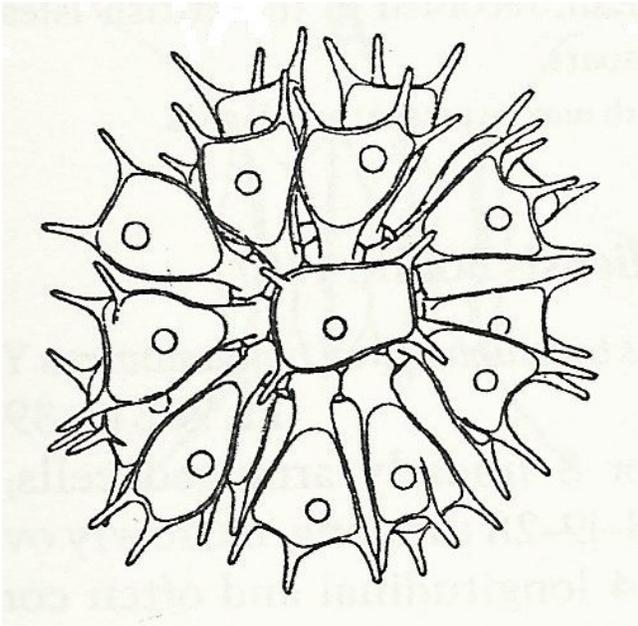


***Sorastrum americanum* (Bohlin) Schmidle**

Células de 5-20 µm de ancho y largo, las células son en forma de cuña, corazón o piramidal, el lado externo cóncavo con un par de espinas apicales en cada lado de la célula, la transición entre el pedúnculo y las células es gradual ya que del pedúnculo la célula se ensancha y obtiene una forma poligonal, a veces los lados de las células se unen para formar una abertura y perforan la esfera central.

Probablemente cosmopolita, planctónica de agua dulce.

Cita e imagen: John, 2002: 402.



***Dictyosphaerium tetrachotomum* Printz**

Colonias de 4-8 células, de forma esférica a irregular.

Células de 3-11 µm de largo por 3-9 µm de ancho, las células jóvenes son ovoides o casi triangulares, las células más viejas son en general de ovales a esféricas, a veces en grupos de cuatro, cada una de ellas unida lateralmente a una rama terminal del sistema tetracotómico (flecha).

Los cloroplastos en forma de copa.

Cita: John *et al.*, 2002: 349.



### ***Botryococcus braunii* Kützing**

Colonias compuestas por subcolonias que desarrollan tubos gelatinosos y conectados entre ellos por fragmentos de mucilago de color pardo y se disponen en forma más o menos radial. Células ovoides de 6-10  $\mu\text{m}$  de largo por 3-6  $\mu\text{m}$  de ancho, usualmente embebidas en la periferia del mucilago.

Probablemente cosmopolita, ampliamente distribuida en varios tipos de hábitats dulceacuícolas.

Cita: Comas, 1996: 57; John *et al.*, 2002: 332.



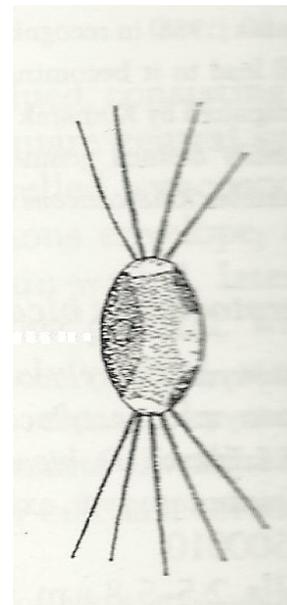
### ***Lagerheimia subsalsa* Lemmermann**

Células ovoides o elipsoidales de 5-16  $\mu\text{m}$  de largo por 3-9  $\mu\text{m}$  de ancho con ápices redondeados.

De dos a cinco espinas en cada ápice, las espinas miden de 2-20  $\mu\text{m}$  de largo, gradualmente se estrechan hasta terminar en una aguja recta o ligeramente curvada.

Probablemente cosmopolita. El número y tamaño de las espinas es variable y tal vez se deba a las condiciones ambientales en las que se encuentra. Faltan más estudios sobre el tamaño y número de espinas para diferenciar con precisión a *L. subsalsa*, *L. ciliata*, *L. citrifomis*, y *L. longiseta*.

Cita: John, 2002: 364.



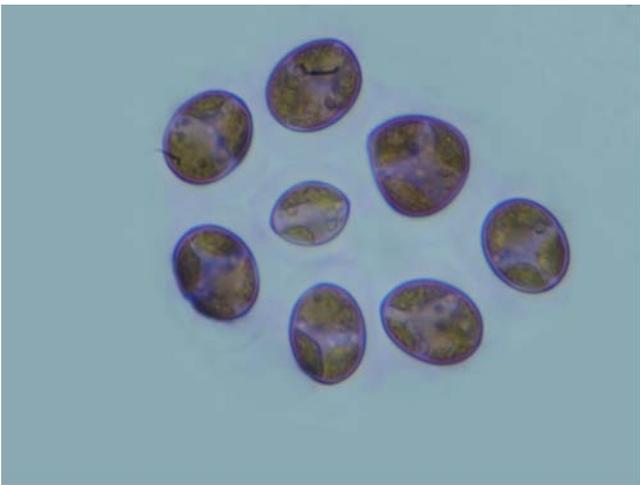
### ***Oocystis marsonii* Lemmermann**

Células solitarias o rara vez formando cenobios de 2, 4 u 8 células. Las células de 6-21  $\mu\text{m}$  de largo por 4-14  $\mu\text{m}$  de ancho, generalmente en forma ovoide, con cada ápice redondeado; la pared es gruesa; cloroplastos de 2-4, cada uno con un pirenoide.

Probablemente cosmopolita; planctónica y asociada con la superficie de diferentes hábitats dulceacuícolas.

Varios autores se cuestionan la validez de la especie ya que es muy parecida a *Oocystis lacustris*.

Cita: John, 2002: 374.



### ***Closteriopsis acicularis* (Smith) Belcher et Swale**

Células de 10-210  $\mu\text{m}$  de largo por 2-3  $\mu\text{m}$  de ancho, tienen forma de espigas rectas o ligeramente curvadas con ápices atenuados.

Cloroplastos en banda con 2-8 pirenoides.

Probablemente cosmopolita, planctónica de aguas dulces y asociada con plantas acuáticas.

Cita e imagen: John, 2002: 338.



***Kirchneriella lunaris* (Kirchner) Möbius**

Células en forma de hoz de 4-6  $\mu\text{m}$  de largo por 1-3  $\mu\text{m}$  de ancho, con pirenoide.

Ápices punteados a ligeramente redondeados.

Probablemente cosmopolita, del plancton dulceacuícola.

Cita e imagen: John, 2002: 361.

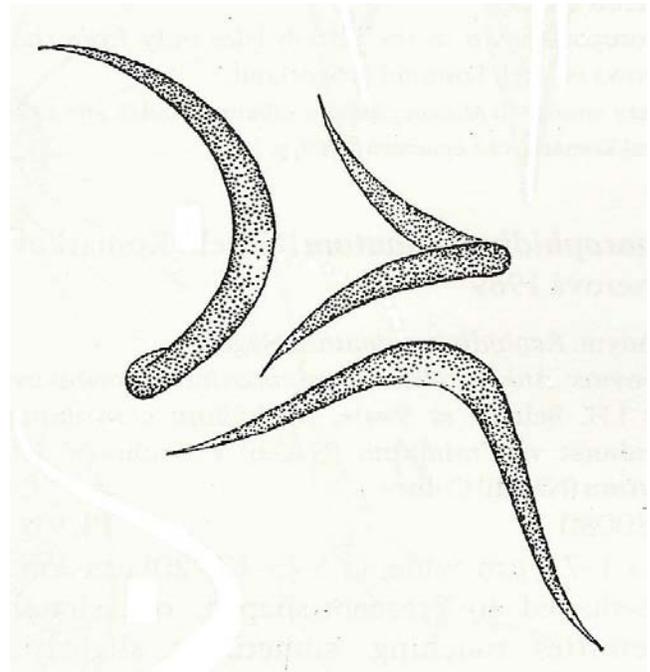


***Monoraphidium contortum* (Thuret)  
Komárková-Legnerová**

Células de 7-40  $\mu\text{m}$  de largo por 1-2 de ancho, en forma de espina, recta o más comúnmente en espiral, gradualmente se va estrechando hacia los ápices.

Probablemente cosmopolita, planctónica, común a lo largo de todo el año en distintos tipos de hábitats dulceacuícolas. Común en zonas mesotróficas y eutróficas.

Cita e imagen: John, 2002: 366.



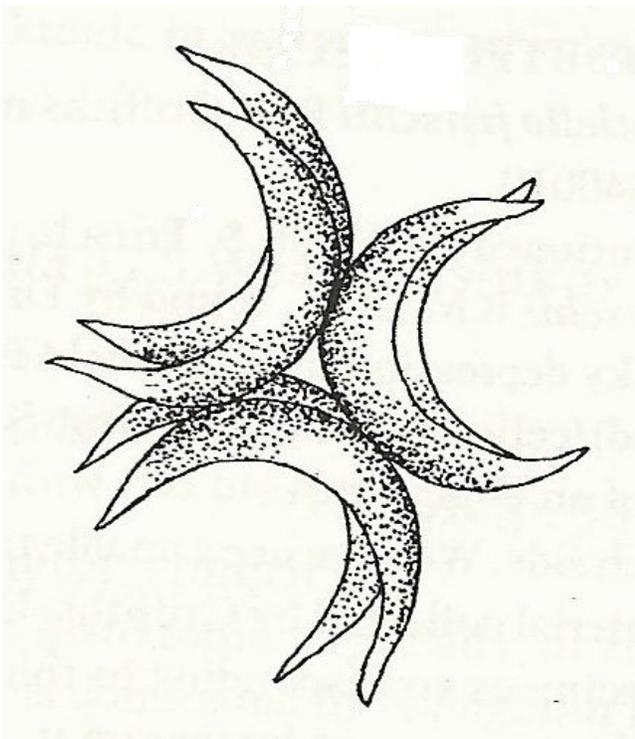
### ***Selenastrum bibraianum* Reinsch**

Cenobio de 4-16 células conectadas por sus lados internos, formando tétradas, encapsuladas en un mucilago.

Células de 16-40  $\mu\text{m}$  de largo por 1.5-3.5  $\mu\text{m}$  de ancho, en forma de media luna a curvada.

Probablemente cosmopolita, planctónica de diversos cuerpos de agua dulceacuícolas.

Cita e imagen: John, 2002: 399



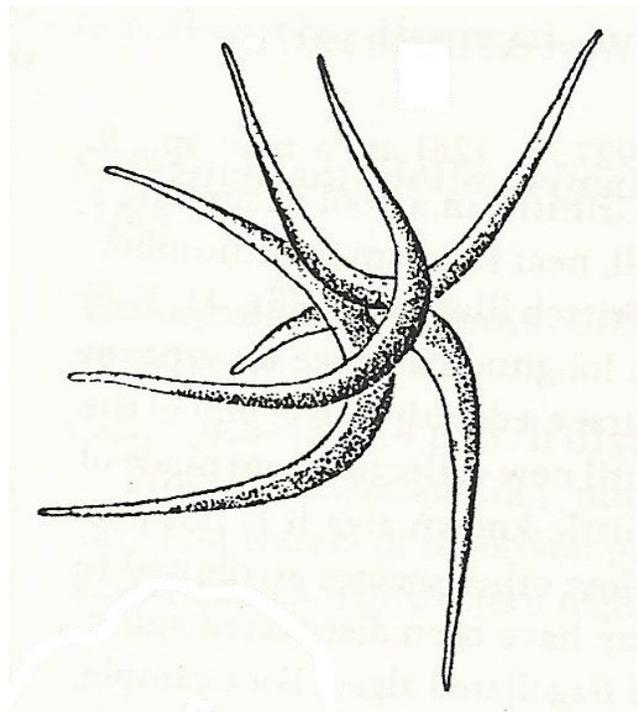
### ***Selenastrum gracile* Reinsch**

Cenobio de 2-8 células que se cruzan en varias direcciones y están encapsuladas por el mucilago.

Las células miden de 15-50  $\mu\text{m}$  de largo por 1-6  $\mu\text{m}$  de ancho, con forma semicircular y estrechándose hacia los ápices.

Probablemente cosmopolita, planctónica de varios cuerpos de agua dulceacuícolas.

Cita e imagen: John, 2002: 399



### ***Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs**

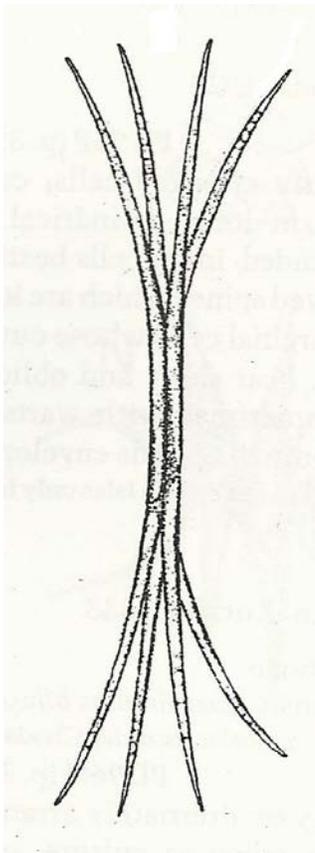
Colonias de 2–8 células fusiformes, usualmente unidas por los lados convexos y posee una envoltura mucilaginosa, a veces en paquetes de células paralelas.

Las células son de 20-160  $\mu\text{m}$  de largo por 1–7  $\mu\text{m}$  de ancho, tienen forma de aguja o sigmoidea.

Probablemente cosmopolita, planctónica de amplios hábitats acuáticos dulceacuícolas.

Conocida por ser tolerante a la contaminación orgánica.

Cita e imagen: John, 2002: 330

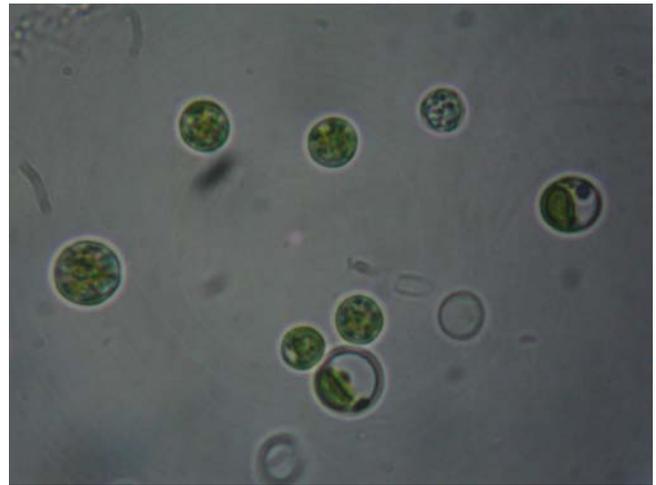


### ***Chlorella minutissima* Fott et Nováková**

Células esféricas de 1-3  $\mu\text{m}$  de diámetro; cloroplasto en forma de copa; pirenoide inconspicuo.

Probablemente cosmopolita; se encuentra en varios tipos de hábitats dulceacuícolas.

Cita: John, 2002: 335.



### ***Tetraedron minimum* (Braun) Hansgirg**

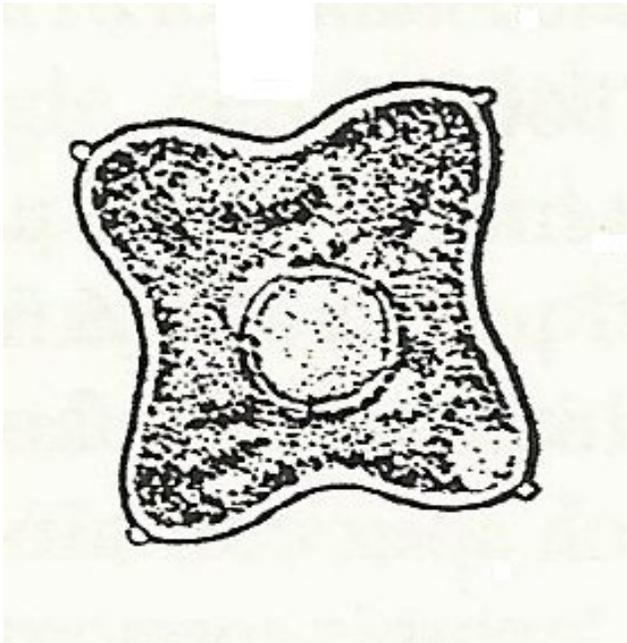
Células de 4 lados, aplanadas y en forma de cojín, de 5-25  $\mu\text{m}$  de ancho, las células jóvenes tienen sus lados opuestos cóncavos por el contrario las células viejas los tienen convexos.

A veces cada esquina tiene de 1-5 dientes que terminan en un engrosamiento de la pared, dando la forma de una papila.

Las paredes celulares son gruesas y lisas.

Probablemente cosmopolita, ampliamente distribuida y muy común en el plancton de ambientes dulceacuícolas.

Cita e imagen: John, 2002: 405.



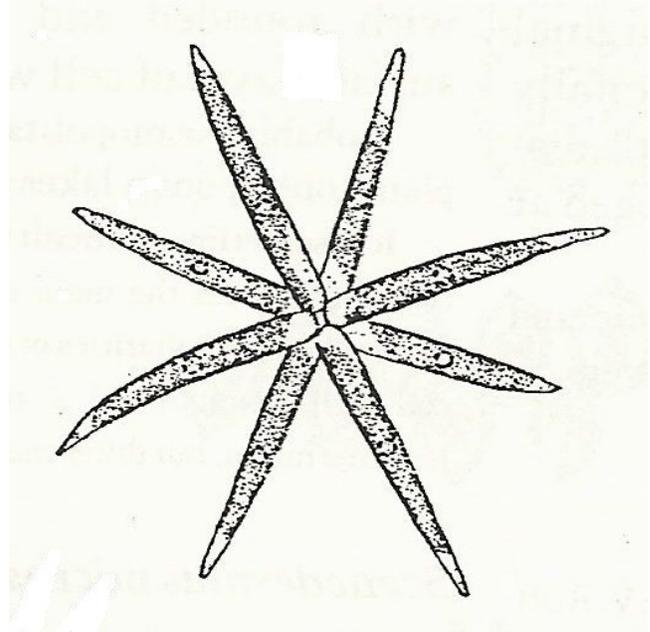
### ***Actinastrum hantzschii* Lagerheim**

Cenobio de 4-8 células dispuestas radialmente, formando en conjunto un asterisco.

Las células tienen de 7–25  $\mu\text{m}$  de largo por 2–6  $\mu\text{m}$  de ancho, tienen forma cilíndrica y estrechándose hacia los ápices; cloroplastos con un solo pirenoide parietal.

Probablemente cosmopolita, planctónica de aguas dulces ricas en nutrientes, pero no es muy abundante.

Cita e imagen: John, 2002: 328.

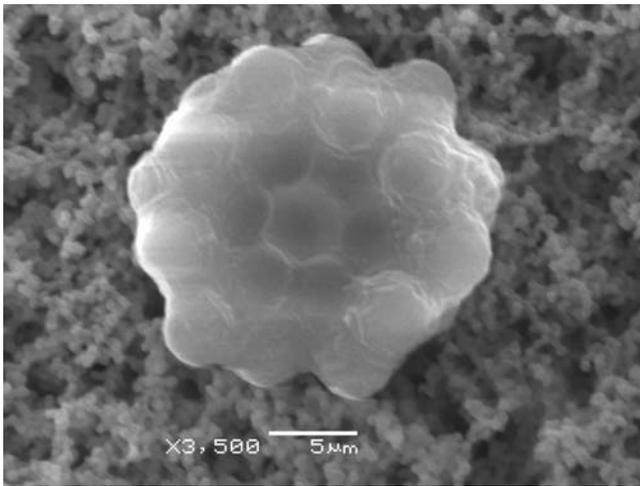


### ***Coelastrum microporum* Nägeli**

Cenobio esférico de 4-16 células, el diámetro de ellas es de 4-11  $\mu\text{m}$ , esféricas a ovoides, unidas sin proyecciones conectivas; espacios intercelulares pequeños de forma triangular o rectangular.

Probablemente cosmopolita, de varios hábitats dulceacuícolas.

Cita: John, 2002: 340.

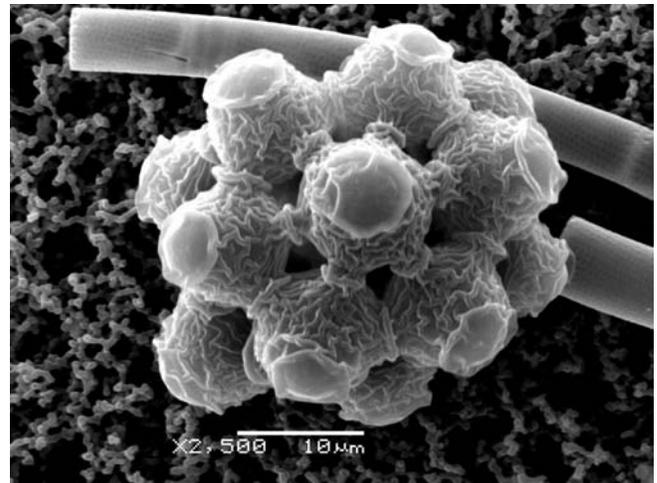


### ***Coelastrum pulchrum* Schmidle**

Cenobio esférico de 8-16 células con espacios triangulares amplios, células conectadas a las vecinas por medio de 5 ó 6 proyecciones laterales truncadas, cada célula posee una proyección polar roma.

Probablemente cosmopolita, de varios hábitats dulceacuícolas.

Cita: John, 2002: 340.



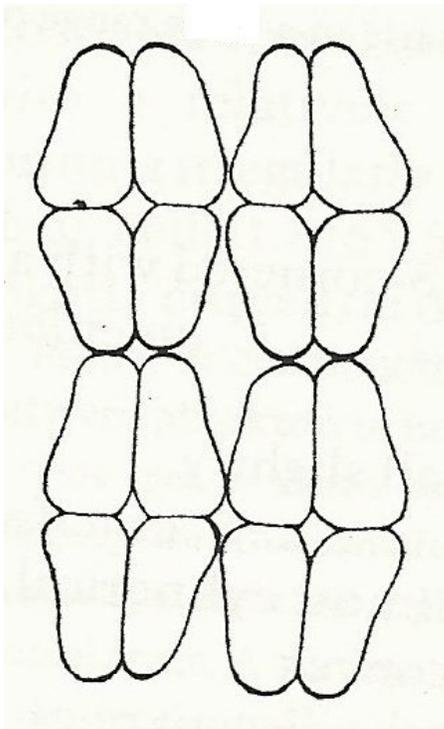
### ***Crucigeniella crucifera* (Wolle) Komárek**

Cenobio romboidal con lados ligeramente cóncavos, de 14-16  $\mu\text{m}$  de largo por 9-11  $\mu\text{m}$  de ancho, espacios internos pequeños y rectangulares.

Células de 5-9  $\mu\text{m}$  de largo por 3-5  $\mu\text{m}$  de ancho, romboides, con los lados externos cóncavos y los internos rectos, ápices romos.

Probablemente cosmopolita.

Cita e imagen: John, 2002: 345.



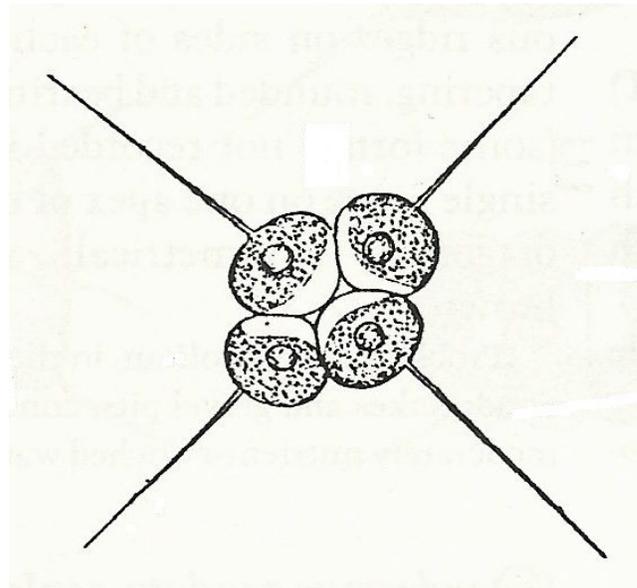
### ***Tetrastrum elegans* Playfair**

Cenobio cuadrado de 4-17  $\mu\text{m}$  de ancho y un pequeño espacio intracelular.

Células ovoides de 2-9  $\mu\text{m}$  de ancho y una larga espina que sobresale de la superficie convexa de cada célula. Con un plasto parietal con un pirenoide.

Probablemente cosmopolita, planctónica de lugares dulceacuícolas.

Cita e imagen: John, 2002: 406.

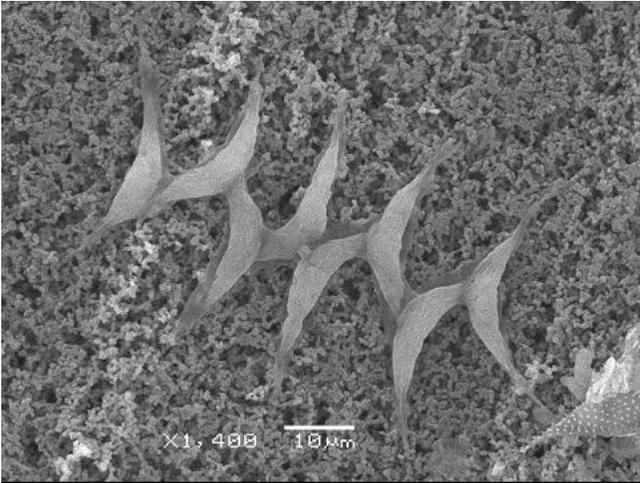


### ***Scenedesmus bernardii* Smith**

Cenobio de 2-16 células en dos hileras, organizadas en zig-zag, cada célula se une por su ápice a la parte media de la célula adyacente; células en forma de arco y teniendo de 7-48  $\mu\text{m}$  de largo por 2-7  $\mu\text{m}$  de ancho.

Probablemente cosmopolita, es una de las especies más comunes en el plancton dulceacuícola de diversos ambientes.

Cita: John, 2002: 388.



### ***Desmodesmus armatus* (Chodat) Hegewald**

Cenobio de 2-8 células arregladas de forma lineal o alternada.

Las células son de 7-17  $\mu\text{m}$  de largo por 3-10  $\mu\text{m}$  de ancho, son de forma cilíndrica u ovoide-cilíndrica, estrechándose hacia los ápices redondeados, las células internas poseen unos pequeños dientes y costillas longitudinales continuas en la porción media, las células externas tienen una espina en cada uno de los lados marginales.

Probablemente cosmopolita, de diversos cuerpos de agua dulceacuícolas meso y eutróficos.

Cita: John, 2002: 388.



### ***Scenedesmus circumfusus* Hortobágyi**

Cenobio de 2-4 células organizadas de forma lineal.

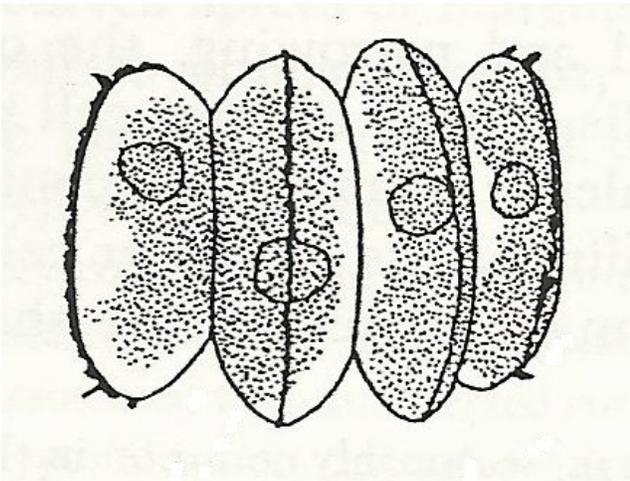
Células de 8-17  $\mu\text{m}$  de largo por 2-6  $\mu\text{m}$  de ancho, de forma ovoide, con ápices redondeados y teniendo 1 ó 2 dientes cortos, una línea longitudinal de dientes en cada lado de las células.

Las células externas tienen unas espinas cortas en los ápices o cercanos a ellos.

Probablemente cosmopolita, planctónica de diversos cuerpos de agua dulce acuícolas.

Muy probablemente sea una forma ecológica de *Scenedesmus armatus*.

Cita e imagen: John, 2002: 390.



### ***Scenedesmus semipulcher* Hortobágyi**

Cenobio de 4 células organizadas de forma lineal.

Células de 8-13  $\mu\text{m}$  de largo por 2-4  $\mu\text{m}$  de ancho, de forma elipsoidal o cilíndrica, con una costilla longitudinal.

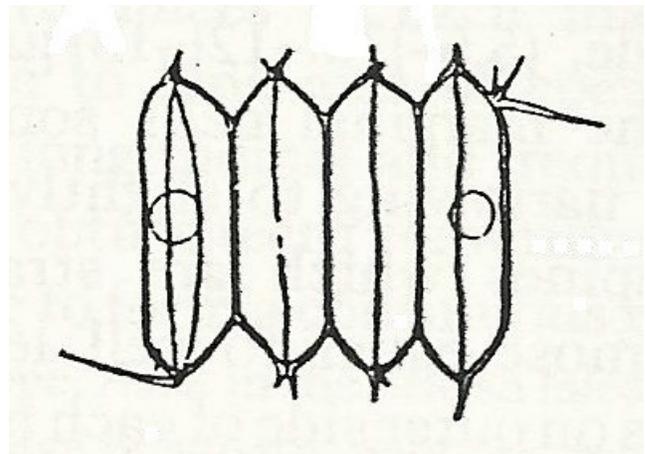
Las células marginales con ápices redondeados y a veces cada uno con pequeños dientes y una espina principal diagonalmente simétrica.

La pared celular es lisa, verrugosa o granular, a veces formando costillas.

Probablemente cosmopolita, planctónica de varios cuerpos de agua dulce acuícolas.

Posiblemente sea una forma ecológica de *Scenedesmus armatus*.

Cita e imagen: John, 2002: 397.



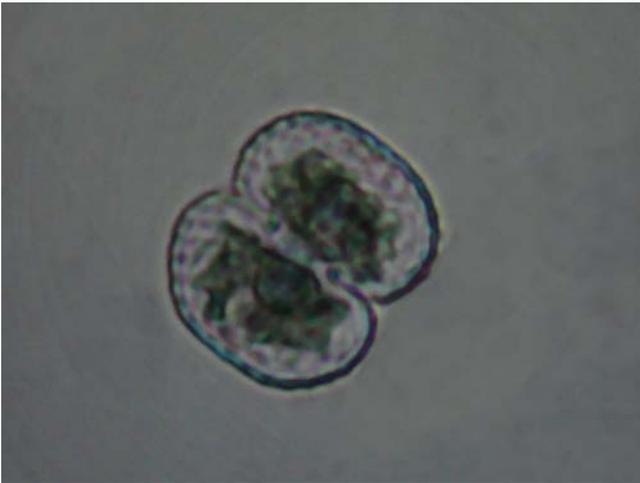
### ***Cosmarium blytii* Wille**

Células de 10-19  $\mu\text{m}$  de largo por 7-16  $\mu\text{m}$  de ancho; sinus profundo y estrecho.

Semicélulas trapezoides a circulares con los apéndices tetracrenados, los dos externos aplanados, los márgenes laterales tricrenados también aplanados y con la crenación superior más grande; en vista frontal con una o dos líneas de gránulos dentro de los márgenes y una papila central distintiva.

Cosmopolita de pH ácido a alcalino (5-8).

Cita: John, 2002: 536.



### ***Staurastrum gracile* Ralfs**

Células triradiadas, de 30-36  $\mu\text{m}$  de largo por 45-60  $\mu\text{m}$  de ancho, con un sinus abierto, el istmo es de 8-10  $\mu\text{m}$  de ancho. Hemicélula ovada en vista frontal, subcircular en vista lateral, márgenes crenulados y procesos que terminan en cuatro espinas. Pared celular granulada, excepto en la región media

Cosmopolita, ampliamente distribuido en diversos cuerpos de agua dulce acuícolas meso y eutróficos.

Cita: John, 2002: 569.



## DISCUSIÓN

### **Variables físico-químicas**

#### **Temperatura**

La oscilación de la temperatura ambiental corresponde a un clima cálido húmedo con abundante lluvia en verano y parte del otoño según García (1988). La temperatura mínima (19 °C) fue registrada durante el invierno, época en la cual los vientos del norte provocan la disminución de la temperatura ambiental, en contraste con la temporada de secas donde se registró el valor máximo (30 °C). Vázquez *et al.* (2007) señalan este mismo patrón para los lagos cráter de la región de Los Tuxtlas. La temperatura superficial del agua osciló entre 22 a 29°C que lo catalogan como un cuerpo de agua tropical (Reid & Wood, 1976). Tavera (1996) registró en promedio 27°C, por su parte Komárková-Legnerová & Tavera (2003) indicaron 29°C; la temperatura mínima que registramos correspondió a la temporada de nortes durante enero del 2011.

#### **Transparencia**

La transparencia varió entre 0.5 y 1 m, por lo que se considera que el lago tiene poca transparencia. Tavera (1996) y Komárková & Tavera (2003) señalan valores promedio de 0.3 y 0.6 m respectivamente; en contraste nuestros datos tuvieron un promedio de 0.7 m. Vázquez *et al.* (2007) indican las mismas condiciones para los lagos Chalchoapan, Verde y Mogo ubicados en la región de Los Tuxtlas y los cuales son considerados eutróficos donde las Cyanoprokaryota también son dominantes. Lo mismo ocurre en varios lagos de Buenos Aires, Argentina, donde especies de los géneros *Anabaena*, *Microcystis* y *Merismopedia* son las más dominantes (Izaguirre & Vinocur, 1994). Torres-Orozco & Pérez-Rojas (1995) muestran que la transparencia del lago de Catemaco se debe a la presencia de materia orgánica y a la cantidad de plancton en la columna de agua, ya que los sólidos suspendidos son escasos. El valor máximo coincidió con la temporada de lluvias, las cuales aclaran el agua del lago (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995); en discordancia con la época de secas en la cual se registró el valor más bajo de 0.5 m.

#### **Alcalinidad total y pH**

Los valores de alcalinidad total en el área de estudio fueron bajos, es decir, inferiores a 70 mg CaCO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> (Wetzel, 2001); esto se debe a que el lago se encuentra en el macizo volcánico de Los Tuxtlas, una región donde abunda el granito, rocas ígneas y es pobre en carbonatos (Pérez-Rojas *et al.*, 1993). Estos

valores, indican que la reserva alcalina es así mismo baja, y en consecuencia, no tiene capacidad amortiguadora. El valor promedio del pH fue 8.1, este dato no es resultado de una elevada reserva alcalina, sino se debe a la actividad fotosintética del fitoplancton que se registró, el cual consume elevadas cantidades de CO<sub>2</sub>, por lo tanto disminuye la concentración de éste y provoca el incremento del pH (Reid & Wood, 1976; Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995; Izaguirre & Vinocur, 1994; Verver & Vargas, 2005). En contraste, el valor mínimo (6.9) se registró en la temporada de lluvias, posiblemente como resultado de una disminución del fitoplancton y un arrastre de materiales orgánicos de la cuenca, cuyos procesos de mineralización y respiración generan CO<sub>2</sub> y por tanto se acidifica el medio con baja capacidad amortiguadora (Rodier, 1981).

### **Dureza total**

La dureza total permite clasificar las aguas del lago como suaves (50-96 mg CaCO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup>) (Rodier, 1981), Los valores más alto y mínimo fueron registrados en la temporada de secas y de nortes, respectivamente. Dado que la dureza total es una estimación de los cationes polivalentes en el agua, principalmente Ca y Mg, la fluctuación observada en el estudio podría asociarse con fenómenos de concentración en secas (valores más altos) y de dilución en temporada de nortes, asociado con lluvias traídas por estos vientos, los cuales, se pueden considerar una intrusión del norte, es decir, de zona templada, donde las estaciones transcurren de manera diferente a la zona tropical, es decir, en el clima templado del norte llueve en invierno y es seco en verano, por lo que es común que en México los nortes promuevan humedad en el ambiente (Torres-Orozco *et al.*, 1996).

### **Oxígeno disuelto**

Debido a los valores obtenidos de oxígeno disuelto (6 a 11 mg l<sup>-1</sup>), se reconoce este ambiente como bien oxigenado (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995). El valor más bajo se registró durante la temporada de lluvias, las cuales arrastran materia orgánica al lago y el oxígeno disuelto disminuye debido a la degradación de ésta (Torres-Orozco & Pérez-Rojas, 1995). En contraste, en la temporada de secas se registró el valor más alto. Tavera (1996) indicó, para el área de estudio durante el año 1993, un promedio de O<sub>2</sub> disuelto de 9 mg l<sup>-1</sup>, al igual que el valor promedio del presente estudio. Vázquez *et al.* (2007) muestran datos promedio que van de 7 a 13 mg l<sup>-1</sup> en lagos eutróficos de la zona de Los Tuxtlas; se trata de valores relativamente elevados, donde oscila entre el 80% (subsaturación) y el 130% (sobresaturación). Considerando que hubiera más datos de sobresaturación, podemos indicar que el lago está emitiendo oxígeno a la atmósfera, lo que es característico de los lagos eutróficos.

Aunque el estudio no consideró la toma de muestras en profundidad, el registro de estos valores de sobresaturación, nos apunta a que el fondo será microaerofílico o anóxico durante los períodos cortos de estratificación, característica en lagos eutróficos polimícticos, como indicó Tavera (1996) para el lago de Catemaco.

## **Nutrientes y Clorofila *a***

Fueron considerados solamente los datos de nitratos, amonio, fosfatos y clorofila *a* obtenidos durante el 2011, ya que para los otros muestreos la técnica de valoración no fue suficientemente precisa, debido a que en un inicio fueron tomadas las muestras y pasó un lapso prolongado para que los análisis se procesaran y dieran resultados fidedignos, por ello se decidió realizarlos *in situ* con apoyo de un espectro HACH modelo DR 2800 (APHA *et al.*, 1995).

### **Nitratos**

Los valores de nitratos para el lago de Catemaco son considerados altos (0.45 a 0.85 mg l<sup>-1</sup>) (Wetzel, 2001). Tavera (1996) y Komárková & Tavera (2003) registraron datos promedio de 0.006 y 0.04 mg l<sup>-1</sup> respectivamente. Durante la temporada de lluvias, Pérez (1994) y Torres-Orozco & Pérez-Rojas (1995) señalan valores máximos de 0.84 mg l<sup>-1</sup>, este incremento se puede explicar porque los suelos de los alrededores son lavados y aportan nitrógeno en forma de nitratos a través de los fertilizantes utilizados en la zona y el aporte de las descargas de aguas residuales vertidas en la cuenca (SEDESOL, 1993). Vázquez *et al.* (2007) mencionan datos promedio de los lagos eutróficos Verde, Mogo y Chalchoapan con 1.1, 1.4 y 1.6 mg l<sup>-1</sup> respectivamente. Comparando esta información se aprecia que el lago de Catemaco tiene menos nitratos que los lagos eutróficos de la región de Los Tuxtlas y se acercan más a los lagos mesotróficos Majahual y Manatiales con valores de 0.6 y 0.8 mg l<sup>-1</sup>.

### **Amonio**

Así mismo el amonio tuvo valores altos (0.18 a 0.23 mg l<sup>-1</sup>) (Wetzel, 2001). Pérez (1994) y Torres-Orozco & Pérez-Rojas (1995) mencionan que el valor promedio de amonio para el lago de Catemaco fue de 0.14 mg l<sup>-1</sup>. También indican que la temporada de lluvias registra los valores más bajos de este compuesto, esto se debe a que la lluvia diluye las concentraciones de amonio. Vázquez *et al.* (2007) indican valores promedio de 0.5, 0.8 y 2.1 para los lagos eutróficos Verde, Mogo y Chalchoapan respectivamente.

### **Ortofosfatos**

Los ortofosfatos del lago de Catemaco registraron valores extremadamente altos (2.3 a 3.2 mg l<sup>-1</sup>)

(Wetzel, 2001). Vázquez *et al.* (2007) mencionan que los lagos eutróficos Chalchoapan, Verde y Mogo reconocieron 0.9, 1.5 y 1.8 mg l<sup>-1</sup> respectivamente en ambientes de la región de Los Tuxtlas. En contraste, Tavera (1996) y Komárková & Tavera (2003) indicaron valores promedio de 0.01 mg l<sup>-1</sup>; Pérez (1994) y Torres-Orozco & Pérez-Rojas (1995) señalan 0.14 mg l<sup>-1</sup>. Estas diferencias tan marcadas entre los resultados se pueden deber a diferentes aspectos, uno de ellos son las descargas de aguas residuales que recibe el lago y otro se explica con la sensibilidad de la técnica utilizada para cuantificar estos nutrimentos (SEDESOL, 1993). Cabe mencionar que la estación Oeste (Agaltepec) fue la que registró el valor más alto, esto posiblemente se deba a las descargas de aguas residuales de la población ribereña de Catemaco.

El coeficiente de Redfield indica que la proporción entre el nitrógeno y fósforo común en el fitoplancton del Atlántico Norte es de 1P:16N (Ramos-Escobedo & Vázquez, 2001); lo anterior señala que una proporción similar en los nutrientes del agua favorecerá el crecimiento del fitoplancton cuya relación será semejante. En el lago de Catemaco esta relación se aleja extremadamente, ya que tiene 3P:1N. Considerando el criterio de Grimm & Fisher (1986) y Elwood *et al.* (1981) (P:N < 10, el nitrógeno es limitante; P:N > 20, el fósforo es limitante), por tanto, queda claro que el lago de Catemaco, está limitado el nitrógeno; lo cual coincide con los ambientes dulceacuícolas de Los Tuxtlas, y que caracteriza a muchos cuerpos de agua tropicales ubicados en la zona volcánica, pues son áreas con aportes de P (Ramos-Escobedo & Vázquez, 2001).

### **Clorofila a**

Los niveles de clorofila *a* son clasificados como altos (42 y 158 µg l<sup>-1</sup>) (OECD, 1982). Tavera (1996) y Komárková & Tavera (2003) registraron valores promedio de 60 y 58 µg l<sup>-1</sup> respectivamente; así mismo Torres-Orozco & Pérez-Rojas (1995) indican que el valor promedio es de 40 µg l<sup>-1</sup>. El resultado promedio de clorofila *a* en el presente estudio fue de 106 µg l<sup>-1</sup>, este dato indica que el lago de Catemaco es un ambiente en estado eutrófico con base en el criterio de OECD (1982). Estas concentraciones elevadas de clorofila *a* se deben a las grandes cantidades de organismos fotosintéticos que hay en el lago, especialmente el fitoplancton, que a su vez, son en gran parte los responsables de los altos valores de pH y de las concentraciones de oxígeno disuelto que alcanzan niveles de sobresaturación (Izaguirre & Vinocur, 1994; Verver & Vargas, 2005).

### **Composición del fitoplancton**

La composición de la comunidad fitoplanctónica registrada en el presente trabajo estuvo dominada por las Chlorophyta, seguida de Bacillariophyta y Cyanoprokaryota; resultados también observados en los

lagos mesotróficos de Majahual y Manantiales de la región de los Tuxtlas, Veracruz por Vázquez *et al.* (2007).

En el área de estudio, Tavera (1996) y Komárkova & Tavera (2003) investigaron durante el período 1993-1995 el fitoplancton, donde la diversidad específica de los diferentes grupos taxonómicos fueron Chlorophyta (46%) seguidas de las Cyanoprokaryota (36%) y Bacillariophyta (17%). Por su parte, para el período 2009-2011 evaluado por el autor se reconoció que las Chlorophyta siguen siendo las de mayor riqueza específica (45%), seguida de las Bacillariophyta con 22% y en tercer lugar las Cyanoprokaryota con el 16%. Por primera vez se citan en el área de estudio a Cryptophyta, Euglenophyta, Dinophyceae y Xanthophyta.

Una explicación para estos nuevos registros es que muchos fitoflagelados se requieren estudiar vivos, ya que estos organismos son frágiles y difícilmente se conservan con formol al 4% por largos períodos de tiempo (Boltovskoy, 1973). Otra razón por la cual se obtuvieron nuevos registros se puede atribuir a las zonas de muestreo, principalmente en el lado Norte (Nancyaga) ya que éste sitio no fue evaluado previamente. Esta zona es muy distinta a todo el lago, particularmente fue el sitio con menor pH y la presencia de *Eichhornia crassipes* (lirio acuático) el cual permite albergar en sus raíces una gran cantidad de organismos perifíticos (Round, 1981; Izaguirre & Vinocur, 1994), por lo que Nancyaga fue la zona con más diversidad fitoplanctónica y donde más fitoflagelados se encontraron.

Como se mencionó previamente, en los últimos años, las Cyanoprokaryota han quedado desplazadas por las diatomeas. Paerl (1988) explica que cuando existe un rompimiento de la estratificación térmica, éste provoca que las Cyanoprokaryota se encuentren en condiciones adversas dentro de la columna de agua, lo que propicia una pérdida en la dominancia. Adicionalmente a esto Vázquez *et al.* (2007) indican que el incremento en la velocidad del viento y la disminución de la temperatura se asocia con la reducción de *Microcystis aeruginosa*. Esto podría explicar la ausencia de *Microcystis wesenbergii* durante el período 2009-2011 cuando se registró una temperatura promedio en el agua de 24 °C, en contraste con 29 °C durante el período 1993-1995.

La composición del fitoplancton a través de los últimos 18 años ha registrado 86 especies (Tavera, 1996; Komárek & Komárková-Legnerová, 2002; Komárková-Legnerová & Tavera, 2003 y presente estudio). De ellas 27 *taxa* corresponden a especies con presencia continua, mientras 21 no se observaron durante el periodo 2009-2011, por ejemplo *Microcystis wesenbergii*. También se reconocieron 38 nuevos registros para el área de estudio. En general, la riqueza específica del fitoplancton se cataloga entre baja a moderada (Izaguirre & Vinocur, 1994; Gaytan-Herrera *et al.*, 2011).

El fitoplancton del lago de Catemaco, expone marcadas diferencias ficoflorísticas con los lagos Majahual, Manatiales, Chalchoapan, Verde y Mogo de Los Tuxtlas, ya que solo ocho especies se comparten en estos lagos eutróficos y mesotróficos de la región (*Merismopedia tenuissima*, *Crucigeniella crucifera*, *Stauridium tetras*, *Scenedesmus acuminatus*, *Desmodesmus armatus*, *Tetraedron minimum*, *Aulacoseira granulata* y *Cocconeis placentula*).

### **Revisión de la taxonomía de *Aulacoseira ambigua* en Catemaco**

Tavera (1996) y Komárková-Legenerová & Tavera (2003) indicaron con base en observaciones en ML el posible registro de *Aulacoseira* cf. *italica*. Sin embargo, nuestras observaciones taxonómicas según los criterios de Siver & Kling (1996) y basadas en MEB indican que se trata de *Aulacoseira ambigua* y los principales caracteres taxonómicos se observan en las láminas 1 y 2.

En la lámina 1, *Aulacoseira ambigua*: presenta por lo menos una rimoportula a un lado del collum (c), área hialina ornamentada con pequeños depósitos de sílice. El ringleiste somero y grueso (d). Hileras de areolas alternando con costillas, cada costilla termina en espinas del mismo tamaño. Las hileras de areolas ligeramente o fuertemente curvadas hacia la derecha (c). Espinas de unión de forma triangular y espinas terminales bicúspides (b). En Contraste, *A. italica* se caracteriza por espinas de unión digitiformes (flecha gruesa negra) y sus numerosas protuberancias de sílice (flechas delgada negra) a lo largo de todas sus costillas (lámina 1a) (Siver & Kling, 1996).

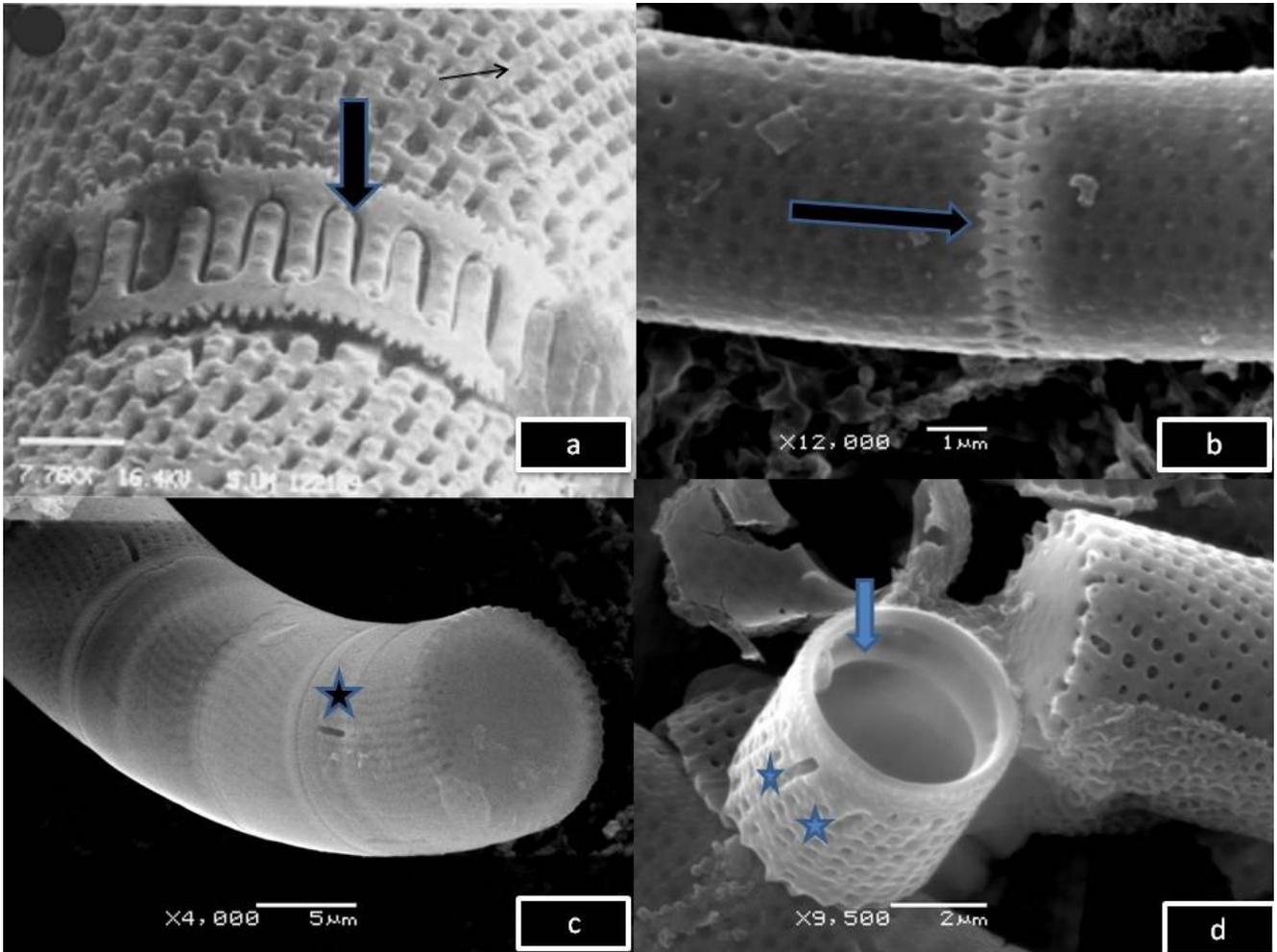


Lámina 1: Lámina 1. a) *A. itálica*: detalle de las espinas de unión (imagen de Siver & Kling, 1996). b) *A. ambigua*: detalle de las espinas de unión. c) *A. ambigua*: filamento con rimoportulas cerca del collum (estrellas). d) Ringleiste (flecha) y rimoportulas (estrella). Fotos b, c y d originales.

También se observaron auxosporas de *Aulacoseira ambigua*, las cuales se registraron en secas y lluvias. Le Cohu (1991) menciona que las auxosporas se forman cuando los filamentos empiezan a curvarse y tienen entre 5 y 7  $\mu\text{m}$  de ancho, cabe mencionar que estos se encontraron curvados en los tres muestreos, por lo que el lago de Catemaco ofrece las condiciones ideales para que esta especie siempre esté en temporada de reproducción. Los filamentos que se derivan de estas auxosporas poseen entre 16 y 18  $\mu\text{m}$  de ancho, lo que explica por qué se observaron distintas amplitudes en las valvas de *A. ambigua* (lámina 2 a). Le Cohu (1991) indica que las auxosporas inician en forma de burbuja adjuntas por la epivalva a la célula madre (lámina 2b), posteriormente se separan de ella y el proceso de división celular empieza con el alargamiento del cingulum (lámina 2, c y d).

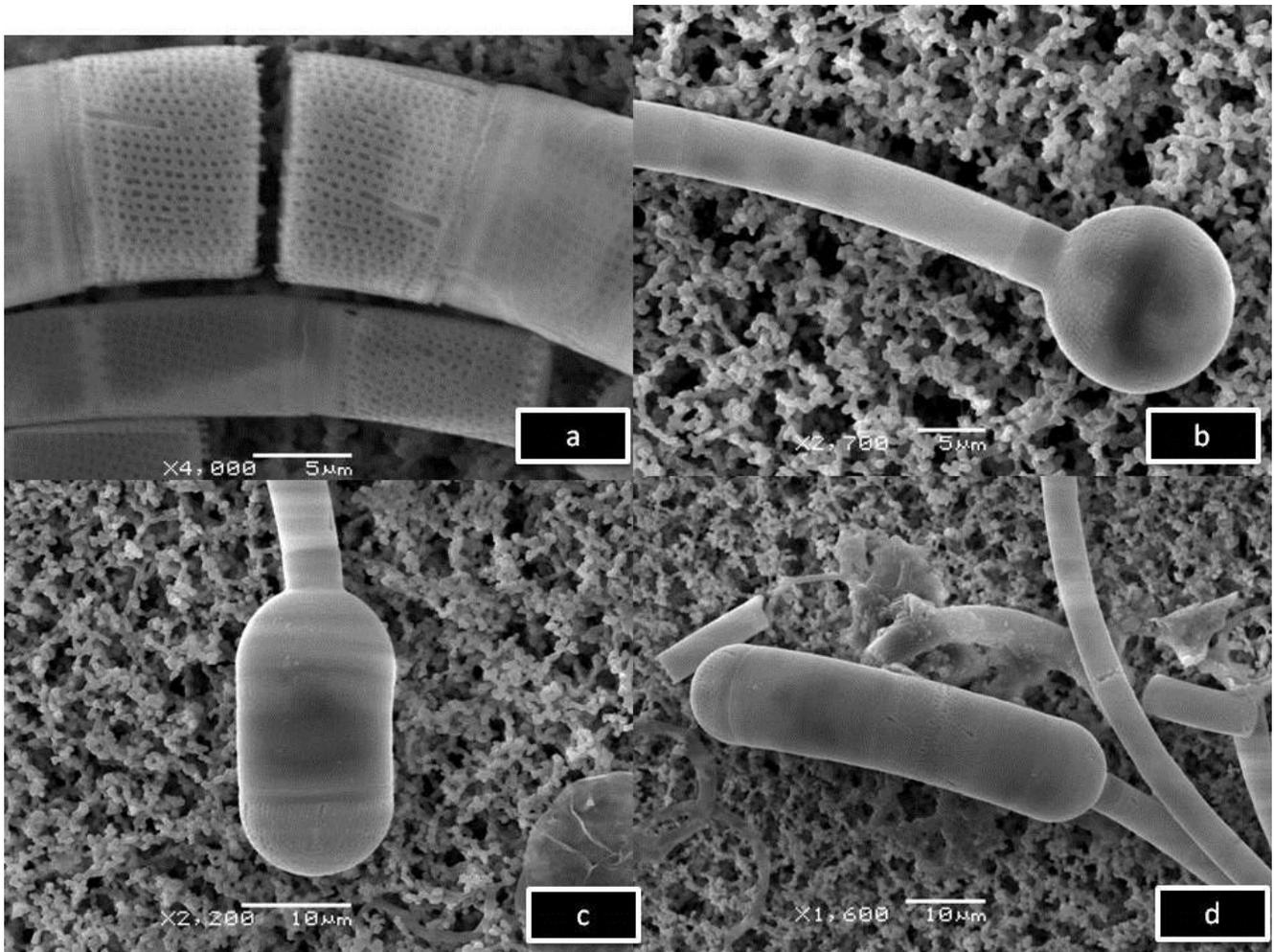


Lámina 2: *Aulacoseira ambigua* a) filamentos en etapa post auxospora (arriba) y pre-auxospora (abajo) b), c) y d) desarrollo de la auxospora (originales).

### **Abundancia del fitoplancton**

Pollinher (1986), menciona que la abundancia varía de acuerdo a las lluvias y los vientos, por lo que esto puede explicar las variaciones en la cuantificación del fitoplancton, el cual osciló entre  $6.2 \times 10^6$ ,  $6.3 \times 10^6$  y  $4.3 \times 10^6$  organismos  $\text{ml}^{-1}$  durante las temporadas de secas, lluvias y nortes respectivamente. Esta información muestra que las temporadas de lluvias y secas son muy semejantes. En contraste, hay una tendencia hacia la disminución en el último muestreo, que se distinguió de los otros debido a la temporada de nortes, por lo que las cuantificaciones se vieron reducidas en comparación con los otros períodos de muestreo.

En comparación con los datos de Tavera (1996), nuestros resultados indican un crecimiento en la cantidad de organismos  $\text{ml}^{-1}$ , ya que paso de unas decenas de miles a millones, principalmente en el

grupo de Cyanoprokaryota, esto se relaciona con el aumento de los nutrientes, los cuales amplían la abundancia de este grupo, así como el pH básico, las temperaturas elevadas, la baja transparencia y la mezcla constante de las aguas (Izaguirre & Vinocur, 1994; Dokulil & Teubner, 2000; Prospero, 2002). Es importante recalcar el número de especies encontradas por estación y compararlas con la abundancia, ya que resalta el hecho de que la zona este (La Joya) fue la que registró la mayor cantidad de organismos ml<sup>-1</sup>, en contraste, fue la que menos riqueza específica tuvo, sin contar la zona centro, (ya que en este lugar no se registró perifiton); y el caso contrario ocurrió en la zona norte, debido a que esta área fue la que contó con más especies, sin embargo, su abundancia fue la menor, la baja abundancia de la zona norte (Nancyaga) posiblemente se deba a la competencia que hay entre el fitoplancton con las algas perifíticas, las cuales se asocian con macrófitas tales como: *Eichhornia crassipes* (lirio acuático) y *Pistia stratiotes* (lechuga de agua) (Izaguirre & Vinocur, 1994).

### **Dominancia de especies y eutrofización**

La dominancia de especies se ajusta a lo mencionado por Tavera (1996) y Berry & Lind (2010) ya que *Cylindrospermopsis catemaco* y *C. philipinensis* fueron los *taxa* dominantes junto a *Pseudanabaena limnetica*, la cual se encontró en todos los muestreos y fue la más abundante; al hablar de la eutrofización, Wetzel (2001) expone que éste proceso comienza con una especie dominante de Cyanoprokaryota y una baja riqueza específica, (Izaguirre & Vinocur, 1994) en el área de estudio fue *Pseudanabaena limnetica*, lo que indica que el lago de Catemaco es un ambiente en estado eutrófico, esto es corroborado por Robarts (1985), Izaguirre & Vinocur (1994), Jones (1994), Pizzolon *et al.* (1999), Dokulil & Teubner (2000), Torres-Orozco & Pérez-Rojas (1995) y Komárková-Legnerová & Tavera (2003), entre otros, quienes comentan que la dominancia del grupo Cyanoprokaryota es un rasgo característico de los ambientes eutróficos; sumado a esto, varias especies que se encontraron en el lago son características de lugares meso y eutróficos, tales son los casos de *Merismopedia tenuissima*, *Crucigeniella crucifera*, *Stauridium tetras*, *Scenedesmus acuminatus*, *Desmodesmus armatus*, *Tetraedron minimum*, *Aulacoseira granulata* y *Cocconeis placentula* (Tavera, 1996; John *et al.*, 2002; Komárková-Legnerová & Tavera, 2003; Wehr & Sheath, 2003; Vázquez *et al.*, 2007), de las cuales *Merismopedia tenuissima*, *Scenedesmus acuminatus* y *Aulacoseira granulata* fueron especies constantes en el presente estudio.

Se debe mencionar, que el lago de Catemaco es el primer ambiente dulceacuícola de México en el cual se ha registrado cylindrospermopsina (Berry & Lind, 2010) una toxina que puede afectar la salud humana, esto se debe a las grandes cantidades de organismos pertenecientes al género *Cylindrospermopsis*, el cual es resultado de los altos niveles de nitratos; este *taxa* se distingue por tener una célula especializada llamada heterocito, la cual se encarga de fijar el nitrógeno que se encuentra en

el medio (Komárek *et al.*, 2003) y ya que el lago posee una gran concentración de este elemento, estas especies se benefician y por lo tanto se registraron como dominantes a lo largo de todo el muestreo, con lo que podemos inferir que los niveles de nitratos se mantienen altos a lo largo de todo el año.

Por otro lado, no se presentaron especies temporales, lo que sugiere que las variables físico-químicas del agua no variaron lo suficiente a lo largo del año como para beneficiar o perjudicar a alguna especie. La época de nortes fue la que registró mayor diversidad de diatomeas, la mayoría bentónicas (Vázquez *et al.*, 2006), las cuales fueron suspendidas por los fuertes vientos (Reynolds, 1994), éstas fueron clasificadas como raras debido a su baja abundancia y frecuencia, sin embargo, es necesario realizar un muestreo mensual a lo largo de un año para poder asegurar si estas especies son raras o temporales.

### **Variación de la riqueza específica**

Tavera (1996) indica que el número de especies del grupo Cyanoprokaryota fue de 17, siendo las más abundantes *Cylindrospermopsis catemaco* y *C. philipinensis*; Komárek & Komárková-Legnerová (2002) mencionan 13 especies para éste grupo, Komárková-Legnerová & Tavera (2003) señalan que son 16. Los resultados de éste trabajo difieren con los de los otros autores ya que sólo se registraron diez especies de Cyanoprokaryota y *Pseudanabaena limnetica* fue la más abundante con  $9.5 \times 10^6$  filamentos  $\text{ml}^{-1}$ , las razones de estos cambios se han discutido anteriormente.

Para Chlorophyta, Tavera (1996) señala 22 especies de las que destacan *Closteriopsis acicularis* y *Ankistrodesmus falcatus*, además de cinco especies de *Pediastrum* y cinco de *Scenedesmus*, donde los *taxa* dominantes fueron *Scenedesmus acuminatus* y *S. lefevrii*, Komárková-Legnerová & Tavera (2003) registraron 20 especies. En el presente estudio se determinaron 29, encontrando tres de *Pediastrum* y cuatro de *Scenedesmus*, donde *Monactinus simplex* y *Coelastrum pulchrum* fueron las más abundantes.

En cuanto al grupo Bacillariophyta, Tavera (1996) menciona ocho especies, sobresaliendo *Aulacoseira* cf. *italica* y *A. granulata* por su abundancia, Komárková-Legnerová & Tavera (2003) también registraron ocho especies. Los resultados del período 2009-2011 variaron, con 13 especies y destacó *Aulacoseira ambigua* por su abundancia y frecuencia ( $8.7 \times 10^4$  filamentos  $\text{ml}^{-1}$ ), así como el registro de estructuras de auxosporas, resultado de la reproducción sexual.

## CONCLUSIONES

1. Las variables físico-químicas se mantienen relativamente estables a lo largo de todo el año, los datos de hace 18 años muestran que las variables se han mantenido; a excepción de los valores de ortofosfatos, los cuales han aumentado considerablemente.
2. En el lago de Catemaco se lograron determinar siete Divisiones, 50 géneros y 64 especies, sobresale las Chlorophyta con el 45% de las especies.
3. De los 64 *taxa*, 38 son nuevos registros para la zona, destaca que la mayoría de estos son fitoflagelados, los cuales fueron colectados en la zona norte del lago, que no había sido registrada previamente.
4. El análisis de frecuencia versus abundancia demostró tres especies dominantes: *Pseudanabaena limnetica*, *Cylindrospermopsis catemaco* y *C. philipinensis*; 21 *taxa* fueron constantes, 40 fueron raras y no se registraron especies temporales.
5. La dominancia de *Cylindrospermopsis catemaco* y *C. philipinensis* posiblemente se deba a las grandes cantidades de nitrógeno en el lago.
6. Con base en los datos de pH, sobresaturación de oxígeno, nitratos, amonio, ortofosfatos, clorofila *a*, comunidad fitoplanctónica y dominancia de especies se puede establecer que el lago de Catemaco es un ambiente eutrófico.

## REFERENCIAS

- Adame, MM F., Alcocer, J. & Escobar, E. 2008. Size-fractioned phytoplankton biomass and its implications for the dynamics of an oligotrophic tropical lake. *Freshwater biology* 53: 22-31.
- APHA, AWWA, WPCF. 1995. *Standar methods for the examination of water and waste water*. American Public Health. 20a ed. Washington, USA. 1269 pp.
- Arredondo, J. L. & Aguilar, C. 1987. Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas, realizadas en lagos mexicanos, con especial énfasis en su ictiofauna. *In: De La Lanza, E. G. & García, C. J. L. 2002. Lagos y presas de México*. Ed. AGT. México, DF. 680 pp.
- Bartram, J., Carmichel, W. W., Chorus, I., Jones, G. & Skulberg, O. M. 1999. Chapter 1: Introduction. *In: M. C. Calijuri & A. C. A. Dos Santos. 2001. Hydrobiologia* 445: pp 11.
- Berger, W. H. 1989. Global maps of ocean productivity. *In: Figueroa, T. M. G. Santos, Z. D. & Velasco-González, A. A. 2008. Ficoflora de Xochimilco, parte 1: Diatomeas y Clorofitas*. UAM-Xochimilco. México, D. F. 116 pp.
- Berry, J. P. & Lind, O. 2010. First evidence of “paralytic shellfish toxins” and cylindrospermopsin in a Mexican freshwater system, Lago Catemaco, and apparent bioaccumulation of the toxins in “teogolo” snails (*Pomacea patula catemacensis*). *Toxicon* 55: 930-938.
- Billard, C. & Chretiennot-Dinet, M. J. 1995. Métodos para el estudio de los fitoflagelados. *In: Manual de Métodos Ficológicos*. K. Alveal, M. E. Ferrario, E. C. Oliveira & E. Sar. (eds). Universidad de Concepción. Concepción, Chile. pp 25-54.
- Boltovskoy, A. 1973. Taxonomía y Morfología de los Dinoflagelados: Métodos de Trabajo. *In: Manual de métodos ficológicos*. K. Alveal, E. Ferrario, C. Oliveira & E. Sar (eds). 1995. Ed. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. pp. 55-82.
- Boltovskoy, A. 1976. Técnica simple para la preparación de microinvertebrados tecados y loricados lábiles para su examen con el microscopio electrónico de barrido. *In: Manual de métodos ficológicos*. K. Alveal, E. Ferrario, C. Oliveira, & E. Sar (eds). 1995. Ed. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. pp. 119-138.
- Buchheim, M., Buchheim, J., Carlson, T., Braband, A., Hepperle, D., Krienitz, L., Wolf, M & Hegewald, E. 2005. Phylogeny of the Hydrodictyaceae (Chlorophyceae) inferences from rDNA Data. *Journal Phycology* 41: 1039-1054.
- Ciuguela, I. & Triemer, R. E. 2010. *A color atlas of photosynthetic euglenoids*. Ed. Michigan State University. Michigan, E. U. A. 204 pp.

- Comas, G. A. 1996. *Las Chlorococcales dulceacuícolas de Cuba. Biblioteca Phycologica , Band 99.* J. Cramer. Berlin. Stuttgart. 192 pp.
- Conforti, V. & Tell, G. 1986. Ultraestructura de la Loriga de *Trachelomonas* Defl. (Euglenophyta) en Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). *Nova Hedwigia* 43 (1-2): 45-79.
- Crawford, R. M. 1981. The diatom genus *Aulacoseira* Thwaites: its structure and taxonomy. *Phycologia* 20(2): 174-192.
- Cronberg, G. 2005. *Photo guide to Cyanobacteria Workshop on Biology and Taxonomy of Cyanobacteria.* Institute of Ecology/Limnology. University of Lund, Sweden. 32 pp.
- Cronberg, G. & Annadotter, H. 2006. *Manual on aquatic cyanobacteria a photo guide an a synopsis of their toxicology. Intergovernmental oceanographic commission of UNESCO, International Society for the study of harmful algae.* 106 pp.
- Da, K. P., Mascarell, G. & Couté, A. 2009. Étude au microscope électronique à balayage du genre *Trachelomonas* (Euglenophyta) dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *Cryptogamie, Algol.* 30 (1): 31-90.
- De La Lanza, E. G. & García, C. J. L. 2002. *Lagos y presas de México.* Ed. AGT. México, DF. 680 pp.
- Desikachary, T.V. 1959. *Cyanoprokaryota.* Indian Council of Agricultural Reserch. New Delhi. 299 pp.
- Dillard, G. E. 2000. *Freshwater Algae of the Southeastern United States.* Bibliotheca Phycologica. Band 106. J. Cramer. Berlin. 155 pp.
- Dirzo, R. & Miranda, A. 1992. El límite boreal de la selva tropical húmeda en el continente Americano: contracción de la vegetación y solución de una controversia. *Interciencia* 16: 240-247.
- Dokulil, M. T & Teubner, K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia* 438: 1-12.
- Elwood, J. W., Newbold, J. D., Trimble, A. F. & Stark, R. W. 1981. The limiting role of phosphorus in a woodland stream ecosystem: effects of P enrichment on leaf decomposition and primary producers. *In: Major ions, nutrients and primary productivity in volcanic neotropical streams draining rainforest and pasture catchments at Los Tuxtlas, Veracruz, México.* M. Ramos-Escobedo & G. Vázquez. *Hydrobiologia* 445: 67-76.
- Feldman, J. (s/a). Biologie végétale. Les relations des végétaux avec les autres êtres vivants. La reproduction sexués. *In: Ortega, M. M., Godínez, J. L., Garduño, S. G. & Oliva, M. M. G. 1995. Ficología de México. Algas continentales.* Ed. AGT. México, DF. 221 pp.

- Ferrario, M. E., Sar, E. & Sala, S. E. 1995. Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas. *In: Manual de Métodos Ficológicos*. K. Alveal, M. E. Ferrario, E. C. Oliveira & E. Sar. (eds). Universidad de Concepción. Concepción, Chile. pp. 1-24.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, E. García. México. 217 pp.
- Gaytan-Herrera, M. L., Martínez-Almeida, V., Oliva-Martínez, M. G., Duran-Díaz, A. & Ramírez-García, P. 2011. Temporal variation of phytoplankton from the tropical reservoir Valle de Bravo, Mexico. *Journal of Environmental Biology* 32 (1): 117-126.
- Grimm, N. B. & Fisher, S. G. 1986. Nitrogen limitation in a Sonoran desert stream. *In: Major ions, nutrients and primary productivity in volcanic neotropical streams draining rainforest and pasture catchments at Los Tuxtlas, Veracruz, México*. M. Ramos-Escobedo & G. Vázquez. *Hydrobiologia* 445: 67-76.
- González, M. A., Parra, O. O. & Cifuentes, A. S. 1995. Técnicas de Cultivo de Microalgas en Laboratorio. *In: Manual de Métodos Ficológicos*. K. Alveal, E. Ferrario, C. Oliveira & E. Sar (eds). Ed. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. pp. 219-274.
- Gualtero-Leal, D. M. 2007. *Composición y abundancia de las algas bénticas de cinco sistemas lóticos de Puerto Rico*. Tesis de Maestría. Universidad de Puerto Rico. 137 pp.
- Guillard, R. L. 1975. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. *In: Manual de métodos ficológicos*. K. Alveal, E. Ferrario, C. Oliveira, & E. Sar (eds). Ed. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. pp 233-234.
- Harris, G. P. & Baxter, G. 1996. Interannual variability in phytoplankton biomass and species composition in a subtropical reservoir. *In: M. C. Calijuri & A. C. A. Dos Santos Hydrobiologia* 445: pp 12.
- Izaguirre, I & Vinocur, A. 1994. Typology of shallow lakes of the Salado River basin (Argentina), based on phytoplankton communities. *Hidrobiologia* 277: 49-62.
- John, D. M. 2002. Phylum Chlorophyta. *In: The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. D. M. John, B. A. Whitton & A. J. Brook. (eds). Ed. Cambridge. Cambridge, Reino Unido. pp 287-612.
- John, M. D. Whitton B. A. & Brook, A. J. 2002. *The freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification guide to freshwater and terrestrial Algae*. Ed. Cambridge. Cambridge, Reino Unido. 702 pp.

- Johnson, L. R. 2002. Phylum Xantophyta (Yellow-Green Algae). *In: The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. D. M. John, B. A. Whitton & A. J. Brook. (eds). Ed. Cambridge. Cambridge, Reino Unido. pp 245-270.
- Jones, G. J. 1994. Cyanobacterial research in Australia. *In: Dokulil, M. T & Teubner, K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. Hydrobiologia*. 438: 1-12.
- Komárek, J. 2003. Coccoid and colonial. Cyanobacteria. *In: Freshwater algae of North America. Ecology and classification*. J. D. Wehr & R. G. Sheath. (eds). Aquatic Ecology Series. Academic Press. Oxford, U. K. pp 59-116.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1999. *Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales*. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band, 19/1. Fischer. Stuttgart. 548 pp.
- Komárek, J. & Jankovská, V. 2001. *Review of the Green Algal Genus Pediastrum; Implication for Pollen-analytical Research*. Bibliotheca Phycologica. Band 108. J. Cramer. Berlin. 127 pp.
- Komárek, J. & Komárková-Legnerová, J. 2002. Contribution to the knowledge of planktic cyanoprokaryotes from central Mexico. *Preslia, Praha*. 74:207-233.
- Komárek, J., Komárková, J. & Kling, H. 2003. Filamentous Cyanobacteria. *In: Freshwater algae of North America. Ecology and classification*. J. D. Wehr & R. G. Sheath. (eds). Aquatic Ecology Series. Academic Press. Oxford, U. K. pp 117-196.
- Komárková-Legnerová, J. & Tavera, R. 1996. Cyanoprokaryota (Cyanobacteria) in the phytoplankton of Lake Catemaco (Veracruz, Mexico). *Algological Studies* 83: 403-422.
- Komárková-Legnerová, J. & Tavera, R. 2003. Steady State of Phytoplankton assemblage in the Tropical Lake Catemaco (Mexico). *Hydrobiologia* 502: 187-196.
- Kumar, H. D. & Sing, H. N. 1979. *A text book on algae*. The MacMillan Press LTD. Hong Kong. 216 pp.
- Lawson, L. L. & Rushforth, S. R. 1975. *The Diatom flora of the Provo River, Utah, USA*. Bibliotheca Phycologica, Band 17, J. Cramer, Germany. 149 pp.
- Le Cohe, R. 1991. Morphologie des valves et du cingulum chez *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Simonsen (Bacillariophycées). Quelques observations sur les phases pré- et postauxospore. *Nova Hedwigia* 53: 409-421.
- Lewis, J. M. & Dodge, D. 2002. Phylum Pyrrophyta (Dinoflagellates). *In: The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. D. M. John, B. A. Whitton & A. J. Brook. (eds). Ed. Cambridge. Cambridge, Reino Unido. pp. 186-207.

- Lorenzen, C. J. 1967. Determination of Chlorophyll and phaeo-pigments: Spectrophotometric equations. *In: Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales y agua de mar*. Rodier, J (ed). Ed. Omega. Barcelona, España. Pp 658-659.
- Lowe, R. 2010. *Ephitemia adanata*. *In: Diatoms of the United States*. Retrieved October 06, 2011, from: [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/ephitemia\\_adnata](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/ephitemia_adnata)
- Martín Del Campo, R. 1938. Nota acerca de algunos peces del lago de Catemaco. *In: Lagos y presas de México*. G. De La Lanza & J. García. 2002. Ed. AGT. México, DF. 213-252 pp.
- Maidana, N. I. 1985. *Contribución al Estudio Taxonómico de las Diatomeas (Bacillariophyceae) de la Provincia de Misiones, República Argentina*. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 275 pp.
- Miller, R. R. & Van Conner, J. 1997. Peces de Catemaco. *In: Lagos y presas de México*. G. De La Lanza & J. García. 2002. Ed. AGT. México, DF. 213-252 pp.
- Miranda, F. & Hernández, E. X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *In: Lagos y presas de México*. G. De La Lanza & J. García (Eds). 2002. Ed. AGT. México, DF. 213-252 pp.
- Moreno, J. L. 2003. Fitoplancton *In: Manual para la colecta, el manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de la calidad del agua*. G. De La Lanza & S. Hernández (eds). Ed. AGT. México. pp 43-108.
- Moziño, J. 1870. La erupción del volcán de San Martín Tuxtla (Veracruz), ocurrida en el año de 1793. *In: Las aguas interiores de México, conceptos y casos*. G. De la Lanza (ed). Ed. AGT. México, D. F. pp. 212-232.
- Naranjo-García, E. & García-Cubas, F. 1985. Algunas consideraciones sobre el género *Pomacea* (Gastropoda. Pilidae) en México y Centroamérica. *In: Carreón-Palau, L., Uria-Galicia, E., Espinosa-Chávez, F. & Martínez-Jerónimo, F. 2003. Desarrollo morfológico e histológico del sistema reproductor de Pomacea patula catemacensis (Baker 1922) (Mollusca, Caenogastropoda: Ampullaridae). Rev. Chil. Hist. Nat. 76 (4): 665-680.*
- Naz, M. & Turkmen, M. 2005. Phytoplankton biomass and species composition of Lake Gölbası (Hatay-Turkey). *In: Rodríguez, A. Variación espacio-temporal del fitoplancton en el lago Tezozómoc, Azcapotzalco*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. pp 29.
- Novarino, G. 2002. Phylum Cryptophyta (Cryptomonads). *In: The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. D. M. John, B. A.

- Whitton & A. J. Brook. (eds). Ed. Cambridge. Cambridge, Reino Unido. pp. 180-185.
- Novelo, E. 1998. *Floras ficológicas del Valle de Tehuacán, Puebla*. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 599 pp.
- Novelo, E., Tavera, R. & Ibarra, C. 2007. *Bacillariophyceae from Karstic Wetlands in Mexico*. Ed. J. Cramer. Berlin, Stuttgart, Alemania. 136 pp.
- OECD.1982. Eutrophication of Waters. Monitoring Assesment and Control. *In*: Oliva, M. M. G., Rodríguez, R. A., Lugo, V. A. & Sánchez, R. M. R. 2008. Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. *Hidrobiológica*. 18 (1): 1-13.
- Ortega, M. M., Godínez, J. L., Garduño, S. G. & Oliva, M. M. G. 1995. *Ficología de México. Algas continentales*. Ed. AGT. México, DF. 221 pp.
- Paerl, H. W. 1988. Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine and inland waters. *In: Las aguas interiores de México. Conceptos y casos*. De la Lanza, G. (Ed.). AGT. México. pp. 215-232.
- Pérez, C. L. E. 1994. *Variación espacio-temporal de los nutrimentos en el lago de Catemaco, Ver., a través de un ciclo anual*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. Campus Iztapalapa. México, DF. 25 pp.
- Pérez-Rojas, A. & Torres-Orozco, R. B. 1992. Geomorfología y batimetría del lago de Catemaco, Veracruz, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM*. 19 (2): 17-22.
- Pérez-Rojas, A., Torres-Orozco, B. & Márquez-García, A. Z. 1993. Los sedimentos recientes del lago de Catemaco, Veracruz, México. *In: De La Lanza, E. G. & García, C. J. L. 2002. Lagos y presas de México*. Ed. AGT. México, DF. 680 pp.
- Pizzolon, L., Tracanna, B., Prosperi, C. & Guerrero, J. M. 1999. Cyanobacterial blooms in Argentinean inland waters. *In: Dokulil, M. T & Teubner, K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. Hydrobiologia*. 438: 1-12.
- Pollinher, U. 1986. Phytoplankton periodicity in a subtropical lake (Lake Kinneret, Israel). *Hydrobiologia* 138: 127-138.
- Popovský, J. & Pfiester, L. A., 2008. *Dinophyceae (Dinoflagellida)*. Süßwasserflora von Mitteleuropa Freshwater of Central Europe. H. Ett, J. Gerloff, H. Heynig y D. Mollenhauer (Eds.). Band 6. Spektrum. Akademischer Verlag. Germany. 272 pp.
- Potapova, M. 2009. *Navicula lanceolata*. *In: Diatoms of the United States*. Retrieved October 05, 2011, from: [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/navicula\\_lanceolata](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/navicula_lanceolata).

- Prescott, G. W. 1982. Algae of the western great lakes area. Otto Koeltz Science Publishers. Alemania. 977 pp.
- Prosperi, C. H. 2002. Composición del fitoplancton del embalse San Roque. *Revista de Tecnología y Ciencia de la Universidad Tecnológica Nacional* 13: 8-10.
- Ramos-Escobedo, M. & Vázquez, G. 2001. Major ions, nutrients and primary productivity in volcanic neotropical streams draining rainforest and pasture catchments at Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Hydrobiologia* 445: 67-76.
- Reid, G. K. & Wood, R. D. 1976. *Ecology of inland waters and estuaries*. Ed. D. Van Nostrand Company. 2a ed. New York, USA. 485 pp.
- Reynolds, C. S. 1994. The long, the short and the stalled: On the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. *Hydrobiologia* 289: 9-21.
- Robarts, R. S. 1985. Hypertrophy, a consequence of development. In: Dokulil, M. T & Teubner, K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia*. 438: 1-12.
- Rodier, J. 1981. *Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales y agua de mar*. Ed. Omega. Barcelona, España. 1059 pp.
- Round, F. E. 1981. *The ecology of the algae*. Syndicate of the University of Cambridge. Gran Bretaña. 653 pp.
- Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G. 1990. *The diatoms. Biology & Morphology of the genera*. Cambridge University Press. Great Britain. 747pp.
- Sant'Anna, C. L., Azevedo, M. T. P., Senna, P. A. C., Komárek, J. & Komárková, J. 2004. Planktic Cyanobacteria from Sao Paulo State, Brazil: Chroococcales. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 213-227.
- SEDESOL. 1993. Problemática Ambiental de la Región de los Tuxtlas, Veracruz. In: Pérez, C. L. E. 1994. *Variación espacio-temporal de los nutrimentos en el lago de Catemaco, Ver., a través de un ciclo anual*. Tesis de Licenciatura. Laboratorio de Hidrobiología. UAM-Iztapalapa. México, DF. 25 pp.
- Silva, L., H., S. 1999. Phytoplankton in an eutrophic reservoir (Lake Monte Alegre). Ribeirao Preto, Sao Paulo, Brazil. *Rev. Brasil. Biol.* 59 (2): 281-303.
- Siver, P. A. & Kling, H. 1997. Morphological observations of *Aulacoseira* using scanning electron microscopy. *Can J. Bot.* 75: 1807-1835.
- Suárez M. E., Segura, L. & Fernández, M. A. 1985. Diversidad y abundancia del plancton en la

- Laguna de Catemaco, Veracruz durante un ciclo anual. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM* 13: 313-316.
- Tavera, R. L. 1996. *Phytoplankton of the tropical Lake Catemaco*. Ph. D. Thesis. Univ. of South Bohemia. Faculty of Biological Sciences. Czech Republic. 63 pp.
- Torres-Orozco, B. R. & Pérez-Rojas, R. 1995. El Lago de Catemaco. *In: Lagos y presas de México*. G. De La Lanza & J. García (eds). Ed. AGT Editor. México, D.F. 213-252 pp.
- Torres-Orozco, B. R., Jiménez-Sierra, C. & Pérez-Rojas, A. 1996. Some limnological features of three lakes from Mexican neotropics. *Hydrobiologia* 431 (2): 91-99.
- Torres-Orozco, B. R. & Zanatta, S. A. 1998. Species composition, abundance and distribution of zooplankton in a tropical eutrophic lake: Lake Catemaco, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 46 (2): 103-114.
- Vázquez, G. D. 1995. *Variación estacional en la abundancia de especies fitoplanctónicas del lago de Catemaco, Veracruz*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México, D. F. 64 pp.
- Vázquez, G. H., Díaz-Pardo, E., Gutiérrez-Hernández, A., Doadrio, V. I. & Sostoa, A. 2006. Los Ríos y los Lagos. *In: Los Tuxtlas: El Paisaje de la Sierra*. S. Guevara, J. Laborde & G. Sánchez-Ríos (eds). Ed. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, Veracruz, México. pp. 201-230.
- Vázquez, G., Caballero M., Lozano, S. & Rodríguez, A. 2007. Lagos cráter de la región de los Tuxtlas: limnología, flora algal y estudio paleolimnológico de la deforestación reciente. *In: Las aguas interiores de México. Conceptos y casos*. De la Lanza, G. (Ed.). Ed. AGT. México. pp. 215-232.
- Verver y Vargas, G. J. 2005. Dinámica espacio-temporal de los parámetros físicos y químicos y su relación con la clorofila *a* en un lago urbano eutrófico. *In: M. Oliva, A. Rodríguez, A. Lugo, & R. Sánchez. Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. Hidrobiológica* 18 (1): 1-13.
- Vicente, E. 2005. *Protocolos de Muestreo y Análisis para el Fitoplancton. En la serie Metodología para el Establecimiento y el Estado Ecológico*. Directiva Marco del Agua. Confederación Hidrográfica del Ebro. Comisaría del Agua. España. 36 pp.
- Villafañé, V. E. & Reid, F. M. H. 1995. Métodos de microscopia para la cuantificación del fitoplancton *In: Manual de Métodos Ficológicos*. K. Alveal, E. Ferrario, C. Oliveira & E. Sar (eds). Ed. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. pp. 169-185.

- Wehr, J. D. & Sheath, R. G. 2003. *Freshwater Algae of North America. Ecology and classification*. Ed. Academic. USA. 918 pp.
- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Ed. Academic Press. 3a ed. 1006 pp.
- Wetzel, R. G. & Likens, G. R. 1979. *Limnological Analyses*. Saunders. Filadelfia, EUA. 357 pp.
- Whitton, B. A. 2002. Phylum Cyanophyta (Blue-Green Algae/Cyanobacteria). *In: The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. D. M. John, B. A. Whitton & A. J. Brook. (eds). Ed. Cambridge. Cambridge, Reino Unido. pp. 25-122.
- Wolowski, K. 2002. Phylum Euglenophyta (Euglenoids). *In: The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. D. M. John, B. A. Whitton & A. J. Brook. (eds). Ed. Cambridge. Cambridge, Reino Unido. pp. 144-179.

### **Direcciones electrónicas consultadas**

- <http://ucjeps.berkeley.edu/INA.html>
- <http://westerndiatoms.colorado.edu/>
- <http://www.algaebase.org/>
- <http://www.cyanodb.cz/>