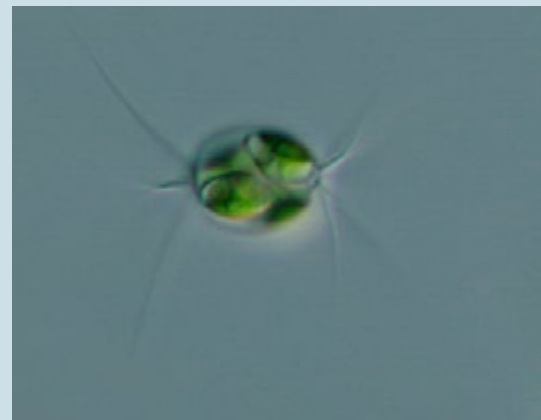


La ficoflora de un lago monomórfico en Michoacán, México



# LA FICOFLORA DE UN LAGO MONOMÍCTICO EN MICHOACÁN, MÉXICO

## ALGAL FLORA OF A MONOMIC TIC LAKE IN MICHOACÁN, MÉXICO

María del Rosario Ortega-Murillo\*, Rubén Hernández Morales, Octavio Vázquez Jarquín, Reyna Alvarado Villanueva y Marisol Martínez-Martínez.

Laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Díaz". Facultad de Biología, UMSNH.

Santiago Tapia # 403 Col. Centro, C.P. 58000

\*rosaormu@yahoo.com.mx

### RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio florístico realizado en la Alberca de Teremendo ubicado en municipio de Morelia en Michoacán, México, cuyo objetivo fue conocer la composición de las microalgas planctónicas y perifíticas de siete sitios de colecta durante el periodo 2010 al 2012. El plancton se recolectó con redes de 10 y 35 micras, el perifiton se obtuvo utilizando un cepillo de cerdas finas. Todo el material fue preservado con formol al 4% y analizado en el laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Díaz" de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana. Como resultado se registraron 136 especies, de las que las Bacillariophyta presentan los valores más altos de riqueza; del material determinado existen un total de 39 registros nuevos, de los cuales 10 son registrados por primera vez para México y 29 para Michoacán. Se presentan las descripciones e ilustraciones de estos nuevos registros.

*Palabras clave:* algas, distribución, lago monomíctico, riqueza, sustrato

### ABSTRACT

The results of a floristic survey in "La Alberca de Teremendo" located in the municipality of Morelia in Michoacán, México, aims to better understand the composition of planktonic and periphytic microalgae in 7 collection sites during the period 2010 to 2012. Plankton samples were collected with nets of 10 and 35 microns, periphyton was obtained using a fine brush. All the material was preserved with 4% formaldehyde and analyzed in the laboratory

of Aquatic Biology "J. Javier Alvarado Díaz" of the Faculty of Biology of the University of Michoacán. As a result, 136 species were recorded, of which the Bacillariophyta have the highest values of richness; the material determined a total of 39 new records, 10 of which are registered for the first time to Mexico and Michoacán there for 29. Descriptions and illustrations of these new records are presented.

*Keywords:* algae, distribution, monomictic lake, richness, substrate

### INTRODUCCIÓN

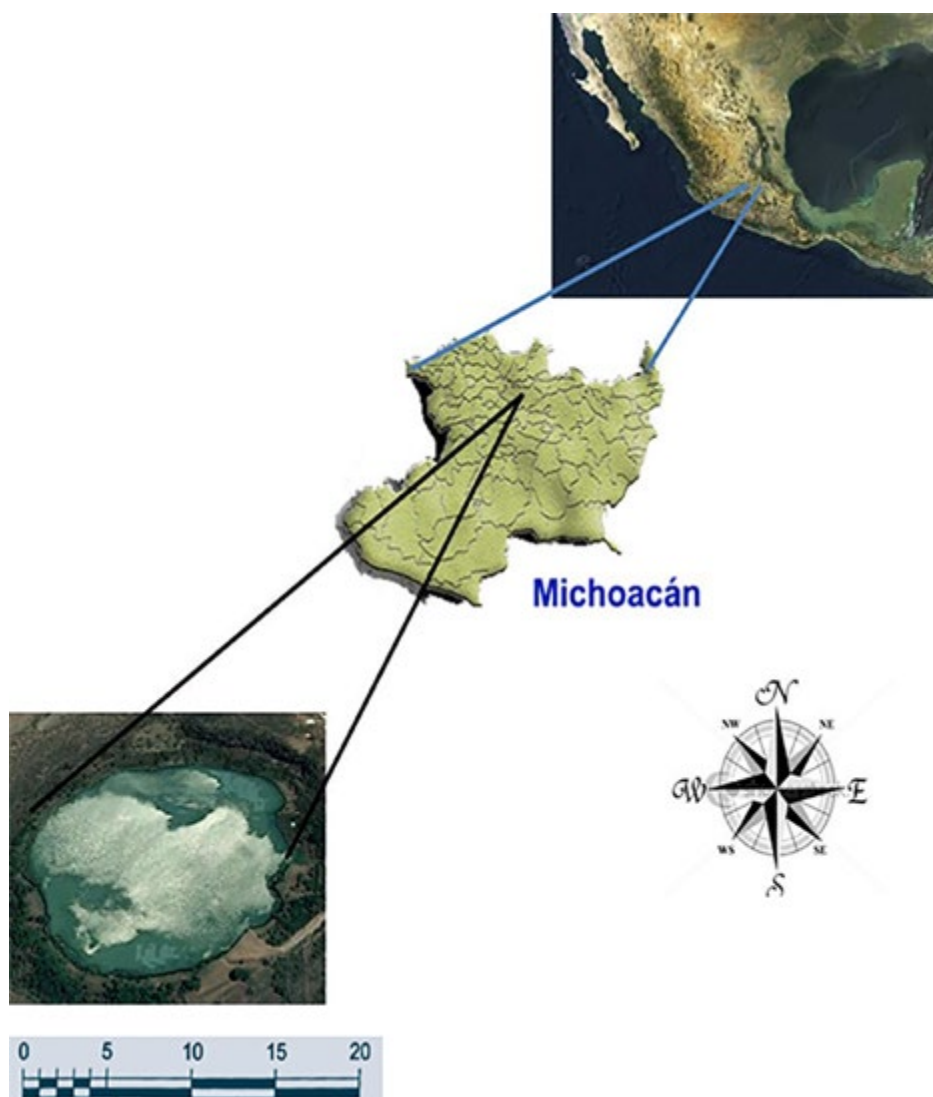
Los estudios de la ficoflora continental en México comenzaron en 1843 con las descripciones de especies realizadas por Ehrenberg y Agardh, desde entonces el conocimiento taxonómico de las algas ha crecido aunque con ritmo lento e irregular pues en muchas áreas geográficas del país no existen estudios sobre microalgas (Novelo y Tavera 2011, Oliva-Martínez *et al.* 2014). La documentación de la microflora acuática en México es todavía más importante en la actualidad, pues muchos ambientes se encuentran alterados por la contaminación antrópica, principal factor de que disminuya la diversidad y abundancia de la ficoflora. Tal es el caso de los lagos cráter en Michoacán, de los que poco se conoce de ellos tanto desde el punto de vista limnológico, como desde el conocimiento de los organismos que los habitan. Uno de estos lagos es "La Alberca" de Teremendo, que es un lago importante para la región y sus aguas son utilizadas para uso doméstico y agrícola. En el presente trabajo se analizó la composición de es-

pecies del fitoplancton y del perifiton tratando de cubrir la mayor parte de la diversidad ficológica.

### ÁREA DE ESTUDIO

El lago cráter conocido como La Alberca (Fig. 1), se sitúa en la localidad de Teremendo de los Reyes al noreste del municipio de Morelia, Michoacán, entre las coordenadas 19° 48' 23" N y 101° 27' 13" O, a una altitud de 2 100 m s.n.m. (SEP-UMSNH 2003); forma parte del Cinturón Volcánico Transmexicano (Garduño-Monroy *et al.* 1999), el tipo de rocas predominante en la localidad es de origen volcánico que corresponden a las formas basálticas de permeabilidad alta (SEP-UMSNH 2003, INEGI 1982), los suelos son de tipo Feozem háplico, con cantidades altas de arena, seguidas de limo, arcilla y de materia orgánica (SEP-UMSNH 2003). Presenta un clima

C ( $w_1$ ) ( $w$ ), templado subhúmedo con lluvias en verano (García 1988). Se localiza dentro de una cuenca endorreica, formando parte de la Región Hidrológica 12 Lerma-Chapala-Santiago (INEGI 1982). La vegetación circundante es bosque tropical caducifolio con una vegetación secundaria densa y zonas de cultivos (INEGI 2006). El lago tiene una profundidad de nueve metros, es considerado cálido monomítico, con buena oxigenación en la superficie, hipóxico (con poca cantidad de oxígeno) en el metalimnion y anóxico en el fondo, sus aguas son de color verde amarillento, alcalinas y se encuentran en un proceso de eutrofización acelerada (Cansino 2011; Carrillo 2012; Hernández 2011). El estudio se realizó con recolecciones mensuales de marzo de 2010 hasta febrero de 2012 en siete sitios distribuidos alrededor del cono volcánico (Cuadro 1, Fig. 2).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del lago cráter La Alberca de Teremendo, Morelia, Michoacán.

**Cuadro 1.** Coordenadas de los sitios de colecta y sus características

Sitio de colecta	Coordenadas	Características
1	19° 48' 18.90" N 101° 27' 20.25" O	Ubicado en el litoral, cerca de la bomba del agua.
2	19° 48' 23.84" N 101° 27' 23.64" O	Se localiza en el litoral cerca de una huerta de aguacate.
3	19° 48' 30.39" N 101° 27' 21.09" O	Situado cerca de un cultivo de maíz.
4	19° 48' 32.18" N 101° 27' 13.20" O	Sitio ubicado en litoral, cerca de la placa histórica de la "Alberca" de Teremendo.
5	19° 48' 28.05" N 101° 27' 09.32" O	Localizado en la parte del litoral, cerca del escurrimiento de un manantial.
6	19° 48' 24.57" N 101° 27' 08.73" O	Situado junto al humedal de tular, cerca del litoral.
7	19° 48' 26.21" N 101° 27' 18.47" O	Localizado en el centro del cono lacustre.



**Figura 2.** Localización de los sitios en el espejo de agua. La Alberca de Teremendo, Michoacán.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La colecta del material ficológico se efectuó de dos maneras: el fitoplancton, se recolectó con una red cónica de 35 micrómetros de apertura de malla, en un arrastre horizontal, así como un filtrado de 6 L con una red de 10 micrómetros de apertura de malla (Hernández 2011); para obtener los organismos adheridos se raspó el sustrato con un cepillo de cerdas finas. Las muestras se depositaron en frascos de 50 ml, y se preservaron con formol al 4 %. Se transportaron en obscuridad al Laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Díaz" de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana, para su análisis posterior. Las muestras se incorporaron al Herbario Ficológico del Área de Limnología de dicho laboratorio, las muestras de fitoplancton tiene los registros EBUM 1968 al 2394 y las de perifiton tienen los registros EBUM 2494 al 2891. Se utilizó un microscopio compuesto marca Leitz para la determinación de las microalgas que se efectuó utilizando los criterios taxonómicos de Comas (1996), Tell y Conforti (1986), Dillard (1990), John *et al.* (2002), Komárek y Anagnostidis (2001, 2005) Krammer (2000 & 2002), Krammer y Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a & 1991b), Patrick y Reimer (1966 & 1975), Prescott y Vinyard (1982) y Round *et al.* (1990). El conjunto de especies determinadas se ordenó siguiendo el criterio de Guiry y Guiry (2015). Con respecto a las descripciones

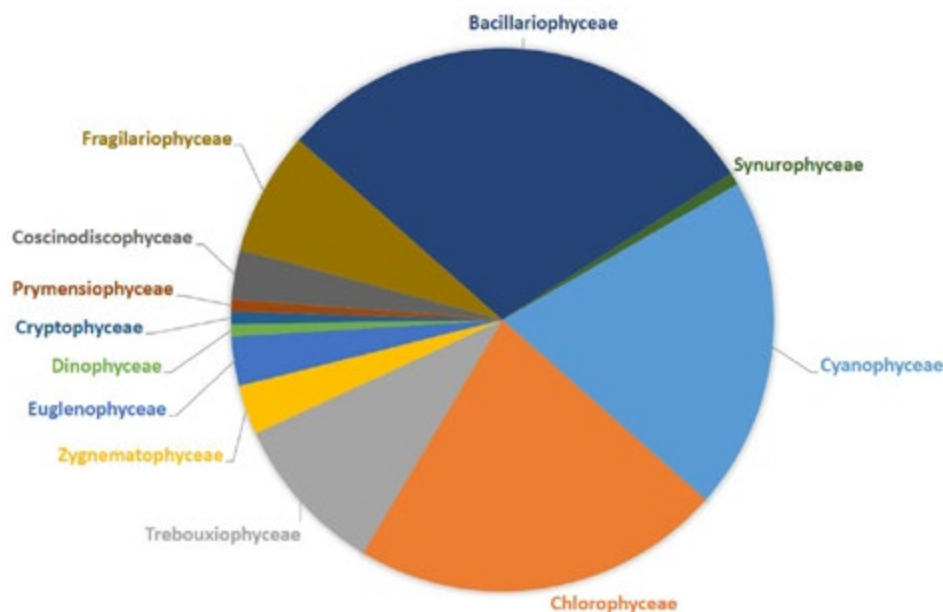
se consultó a Novelo (2012a y b). Para conocer los nuevos registros para México y Michoacán se consultó la base de datos Taxfich (LACET/bd 2015) existente en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## RESULTADOS

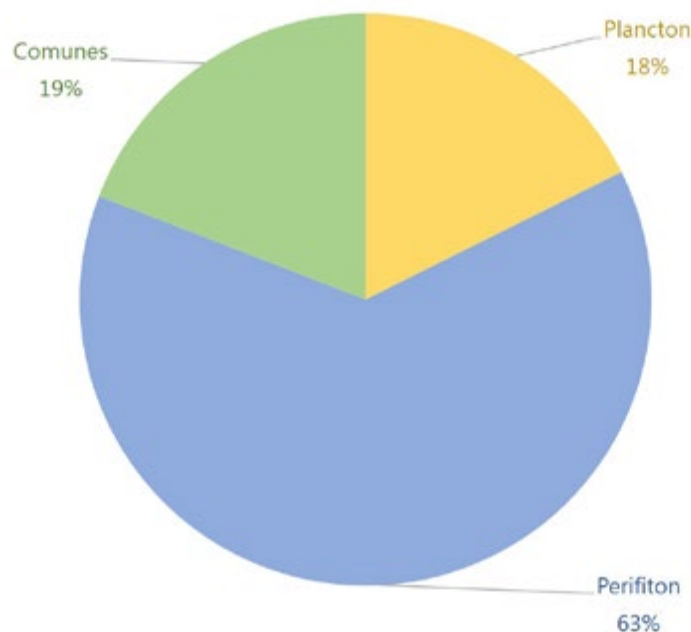
Se identificaron 136 especies (Cuadro 2) pertenecientes a 8 Divisiones y 12 clases.

La División Bacillariophyta presentó la mayor riqueza de especies (54), seguida de Chlorophyta (43), Cyanoprokaryota (27), Charophyta (4), Euglenophyta (4) mientras que Dinophyta, Cryptophyta, Prymnesiophyta y Heterokontophyta estuvieron representadas por una especie cada una (Fig. 3). Las clases Cyanophyceae y Bacillariophyceae presentaron la mayor cantidad de los 80 géneros determinados y *Gomphonema* fue el que tuvo la mayor cantidad de especies (9). Un porcentaje alto (82.3 %) de las especies determinadas se encuentra formando parte del perifiton, el porcentaje del plancton fue de 36.7 %, y un 19 % estuvo presente en ambas comunidades (Fig. 4).

La flora de algas de Teremendo es rica y comparte elementos con otras floras de la región, la mayoría de afinidad biogeográfica templada. Sin embargo contiene también especies novedosas que le confieren características particulares que se pueden deducir de la composición florística general, más del 28 % de los



**Figura 3.** Composición por clases de algas de La Alberca de Teremendo, Michoacán.



**Figura 4.** Proporción de especies en las comunidades planctónicas y perifíticas de La Alberca de Teremendo, Michoacán.

taxones determinados son nuevos registros para el Estado, lo que significa unas condiciones distintas a las que se han registrado en otras partes del estado. De las 136 especies determinadas, 10 corresponden a nuevos registros para México y 29 nuevos para Michoacán: 10 Cyanophyceae, 12 Chlorophyceae, 3 Trebouxiophyceae, 3 Zygnematomyceae, 2 Euglenophyceae, 1 Prymnesiophyceae, 1 Fragilariophyceae y 7 Bacillariophyceae (Fig. 5). La mayoría de las especies encontradas han sido ampliamente descritas e ilustradas en otras publicaciones de nuestro país y por ello las especies novedosas para el estado y el país se describen a continuación.

*Aphanocapsa* C. Naegeli

*Aphanocapsa planctonica* (G.M. Smith) Komárek & Anagnostidis (Fig. 6)

Colonias microscópicas, irregulares, con un mucilago homogéneo de color azulado. Las células son esféricas, verde azules, distribuidas homogéneamente en la colonia, sin aerotopos, miden 1.4-2.8 µm de diámetro. Organismo planctónico y perifítico. En lago de Teremendo se encontró formando parte de la vegetación acuática y rocas o guijarros sumergidos. Nuevo registro para Michoacán.

*Coelomoron* H. F. Buell

*Coelomoron pusillum* (van Goor) Komárek (Fig. 7)  
Colonias microscópicas esféricas de 15.4-19.4 µm

en diámetro. Las células son esféricas a ovaladas, las de la periferia son distintas a las centrales, de 2.8-4.2 µm de ancho por 1.4-2.8 µm de largo. Las células presentan granulaciones, sin aerotopos. Crece en cuerpos de agua con mucha materia orgánica, puede encontrarse formando parte del plancton o perifítica. En el lago cráter se encuentra adherida a la vegetación acuática. Nuevo registro para Michoacán.

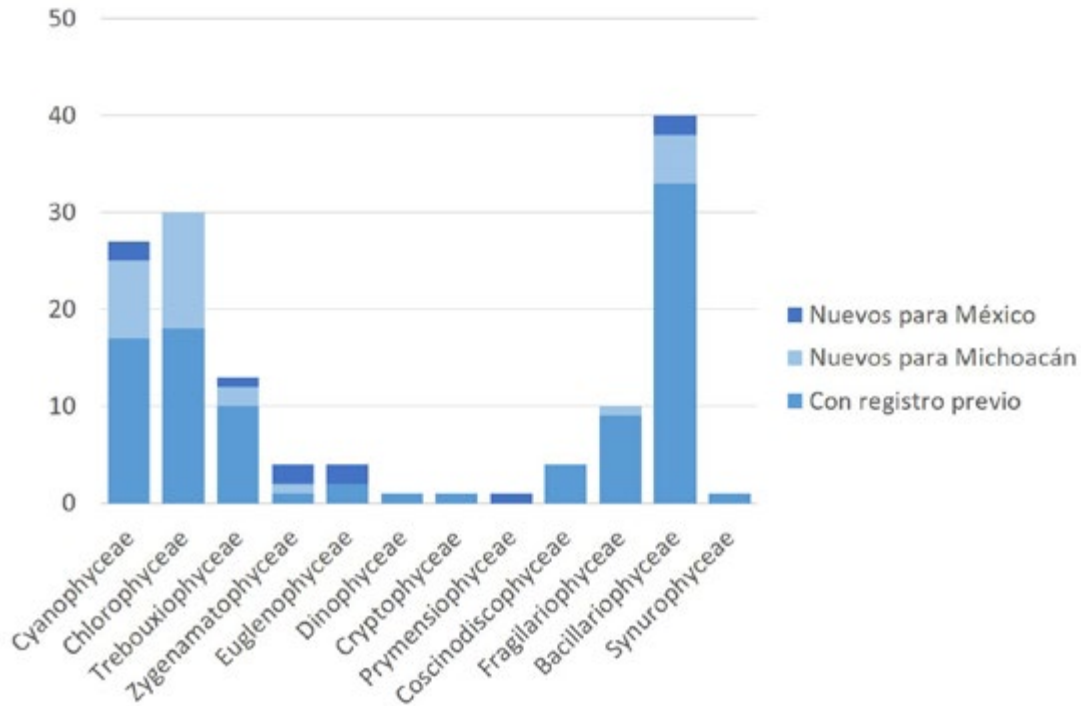
*Leptolyngbya* Anagnostidis & Komárek

*Leptolyngbya lurida* (Gomont) Anagnostidis & Komárek (Fig. 8)

Filamento flexuoso, no atenuado, ligeramente curvado hacia el final, con una vaina delgada, de color verde azulado a grisáceo. Las células miden 1.4-2.8 µm de ancho y 2.8-4.2 µm de largo; la forma de las células pueden ser rectangular a cuadrada; sin gránulos, con septos ligeramente estrechados. La célula apical es redondeada, sin caliptra. Esta especie se encuentra en cualquier tipo de cuerpo de agua dulce. En el lago de Teremendo se encontró como epilítica, epifítica, lignícola y en vidrios. Nuevo registro para Michoacán.

*Hydrococcus* Kützing

*Hydrococcus rivularis* Kützing (Fig. 9)  
Colonia de células pequeñas, de diferentes tamaños, las células miden 2.8-5.6 µm de color verde



**Figura 5.** Nuevos registros florísticos por clases de las algas de La Alberca de Teremendo, Michoacán.

azul; se desarrollan en diferentes direcciones en hileras de 10 células hasta hileras grandes. Especie epifítica de algas filamentosas y de la vegetación acuática que se encuentren en la orilla de los cuerpos de agua. En el lago de Teremendo se encontró en forma epifítica sobre todo cerca de los manchones de tule.

Nuevo registro para Michoacán.

*Spirulina* Turpin ex Gomont

*Spirulina corakiana* Playfair (Fig. 10)

Tricomatos solitarios, espiralados, de color azul-verde pálido, con un diámetro de 1.4 a 2.8  $\mu\text{m}$ . Células sin aerotopos ni gránulos, con contenido homogéneo. Célula apical redondeada.

Con una amplia distribución en los cuerpos agua salinos y dulceacuícolas, en el lago de Teremendo se encontró formando parte de las raíces de la vegetación acuática.

Nuevo registro para México. Presente en Australia, los Estados Unidos, Hungría y Rumania.

*Johanseninema* Hasler, Dvorak & Poulíková

*Johanseninema constrictum* (Szafer) Hasler, Dvorak, Poulíková (Fig. 11)

Filamento de color verde azul. Tricomatos solitarios o aglomerados en racimos, moniliformes, cortos,

de 44.8-64.4  $\mu\text{m}$  de largo, sin vainas. Las células son esféricas a ovaladas de 2.8-4.2  $\mu\text{m}$  de ancho 1.4-2.8  $\mu\text{m}$  de largo.

Se encuentra formando parte del perifiton. En el lago de Teremendo se localizó en forma epifítica.

Nuevo registro para México, ampliamente distribuido en el mundo.

*Komvophoron minutum* (Szafer) Anagnostidis & Komárek (Fig. 12)

Filamentos de color verde azulado. Tricomatos solitarios, rectos a ligeramente curvos, con constricciones en los septos, miden 50.4-72.8  $\mu\text{m}$  de largo, las células son más largas que anchas y miden 4.5-6.54  $\mu\text{m}$  de ancho. Célula apical atenuada, no capitada; el contenido de las células es homogéneo.

Es una especie bentónica, en ocasiones planctónica, en lagos y estanques. En el lago de Teremendo se encontró como epifítica, lignícola y en plástico.

Nuevo registro para Michoacán.

*Homoeothrix* (Bornet & Flahault ex Gomont) Kirchner

*Homoeothrix juliana* (Bornet & Flahault ex Gomont) Kirchner (Fig. 13)

Filamento simple o en grupos pequeños de color azul verde a verde amarillento, las células son más

anchas que largas, miden 8.4-14.0  $\mu\text{m}$  de ancho y 2.8-5.6  $\mu\text{m}$  de largo, el filamento se atenúa hacia la parte terminal y en ocasiones termina en un pelo delgado hialino. La célula basal mide 8.0-11.2  $\mu\text{m}$  de ancho. Con una vaina delgada que cubre a las células.

Especie perífítica sobre rocas y sumergida en lagos y estanques eutróficos, condiciones que presenta la Alberca de Teremendo, en este cuerpo de agua se encontró adherida a las rocas o guijarros cubiertos por agua.

Nuevo registro para Michoacán.

*Phormidium* Kützing ex Gomont

*Phormidium breve* (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek (Fig. 14)

Talo de color verde azul brillante formando películas; filamentos rectos o ligeramente curvados. Células cilíndricas de 4.2-5.6  $\mu\text{m}$  y de 5.6-8.4  $\mu\text{m}$  de largo, células con gránulos, la célula apical es redonda, sin caliptra.

Es una especie perífítica, en el lago de Teremendo se encontró en forma lignícola.

Nuevo registro para Michoacán.

*Phormidium corium* Gomont ex Gomont (Fig. 15)

Filamentos compactos, flexuosos, de color verde azul, con una vaina delgada. Las células son cilíndricas y miden 4.2-5.6  $\mu\text{m}$  de ancho y 4.2-5.9  $\mu\text{m}$  de largo; células granuladas, la célula apical aguda redondeada, sin caliptra.

Crece como perífítica, epilítica y epífítica en aguas corrientes y estancadas. En el lago de Teremendo crece adherida en las rocas o guijarros y plantas.

Nuevo registro para Michoacán.

*Pleodorina* W.R. Shaw

*Pleodorina californica* W.R. Shaw (Fig. 16)

Colonia esférica, ovoide o elipsoidal de 32 a 64 células dispuestas radialmente y cubiertas por una vaina mucilaginosas individual. En las colonias las células pequeñas se encuentran en el centro de la colonia mientras que las más grandes ocupan la periferia. Las células miden 11.2-23.8  $\mu\text{m}$ .

Cosmopolita, principalmente se desarrolla en lugares someros, como pozos o piscinas, puede encontrarse flotando o presentarse adherida algún sustrato, llega a formar florecimientos en la superficie de los cuerpos de agua y dan el tono verdoso al agua. En la Alberca de Teremendo se encontró epífítica.

Nuevo registro para Michoacán.

*Protoderma* Kützing

*Protoderma viride* Kützing (Fig. 17)

Talo formado por células que crecen radialmente

semejante a un disco, puede formar filamentos uniseriados o constituir un pseudoparénquima, irregular. Las células son de color verde con un pirenoide en el centro y llegan a medir de 4.2-5.6  $\mu\text{m}$  de ancho. Probablemente cosmopolita, aunque generalmente es epífítica sobre filamentos de algas y vegetación acuática, adherida a vidrios, plástico, también puede encontrarse flotando. En Teremendo se encontró epilítica.

Nuevo registro Michoacán.

*Tetraedron* Kützing

*Tetraedron triangulare* Korshikov (Fig. 18)

Célula solitaria, libre, triangular, con vértices simples que pueden ser pequeños o grandes. Mide 5.6-8.4  $\mu\text{m}$  de ancho. Células uninucleadas, con un cloroplasto parietal y un pirenoide central; la pared celular es lisa. Puede ser cosmopolita del plancton o está asociada en los sedimentos o vegetación acuática. En el lago de Teremendo se encontró en forma epífita y epilítica.

Nuevo registro para Michoacán.

*Coelastrum* Nägeli

*Coelastrum pseudomicroporum* Korshikov (Fig. 19)

Cenobio esférico de 8 a 32 células, las células son tetraédricas, con el vértice exterior alargado y redondeado, miden 7.0-7.8  $\mu\text{m}$  de ancho. Con cloroplasto parietal y un pirenoide.

Generalmente de agua dulce tanto en un ríos como en lagos, formando parte del plancton o adherida algún sustrato. En la Alberca de Teremendo se encontró epilítica.

Nuevo registro para Michoacán.

*Desmodesmus bicaudatus* (Dedusenko) Tsarenko

(Fig. 20)

Cenobio con células en arreglo lineal o alternado, formado por 2 o 4 células, elipsoidales con polos redondeados. Mide 10.0  $\mu\text{m}$  de ancho y 12.0  $\mu\text{m}$  de largo. Con una espina larga en los márgenes de las células externas. Cloroplasto parietal con un pirenoide en el centro.

Cosmopolita, generalmente en el plancton aunque puede encontrarse adherida. En la Alberca de Teremendo se encontró epífítica y epilítica.

Nuevo registro para Michoacán, mencionado como *Scenedesmus bicaudatus* en otros estados de México.

*Desmodesmus microspina* (Chodat) Tsarenko

(Fig. 21)

Cenobio formado por 2 o 4 células arregladas en una fila, la forma de las células es cilíndrica, con polos redondeados. Células de 2.0-5.8  $\mu\text{m}$  de ancho y 5.8-14  $\mu\text{m}$  de largo. Con un cloroplasto parietal y



un pirenoide; en los bordes de las células externas presenta una pequeña espina en cada polo. Puede ser cosmopolita, encontrándose en ríos o lagos, en el plancton o asociada algún sustrato. En la Alberca de Teremendo se encontró lignícola. Nuevo registro para Michoacán.

*Desmodesmus opoliensis* var. *mononensis* (Chodat) Hegewald (Fig. 22)  
Cenobios constituido por 4 a 8 células alineadas o alternadas, rectas, fusiformes y unidas por la parte apical de la célula; los extremos atenuados, polos más o menos truncados en las células externas; en los polos de las células marginales se presentan dos espinas. Las células miden 5.2-19.6  $\mu\text{m}$  y un ancho de 2.8-5.0  $\mu\text{m}$ . Las espinas son de 10.0-18.0  $\mu\text{m}$  de largo. Cada célula con un cloroplasto parietal y un pirenoide. Cosmopolita, sobre todo planctónica pero también se encuentra asociada algún sustrato. En el lago de Teremendo se encontró en las rocas o guijarros. Nuevo registro para Michoacán.

*Desmodesmus spinosus* (Chodat) Hegewald (Fig. 23)  
Cenobio de 2 a 4 células arregladas en una hilera, la forma de las células es cilíndrica, con los polos redondeados. Las dimensiones son 2.8-5.8  $\mu\text{m}$  de ancho y de 6.0-15.0  $\mu\text{m}$  de largo. Con un cloroplasto parietal y un pirenoide, en los bordes de las células externas presenta más de una espina, la cual mide hasta 2  $\mu\text{m}$  de largo. Presente en cualquier ambiente acuático, puede encontrarse en el plancton o estar asociada algún sustrato. En La Alberca de Teremendo se encontró asociada al perifiton pero en un sustrato artificial (vidrio). Nuevo registro para Michoacán.

*Tetradasmus* Smith  
*Tetradasmus wisconsinensis* G.M. Smith (Fig. 24)  
Cenobios de cuatro células fusiformes a esféricas con un pequeño espacio en el centro. Miden 8.0-32.0  $\mu\text{m}$  de largo y 3.0-13.5  $\mu\text{m}$  de ancho. Presentan un cloroplasto parietal y un pirenoide. Probablemente cosmopolita, regularmente formando parte del plancton, pero puede estar asociada con algún sustrato y con el contenido de nutrientes. En el lago de Teremendo se encontró perifítica, asociada con la vegetación acuática, madera y rocas o guijarros. Nuevo registro para Michoacán.

*Ankistrodesmus* Corda  
*Ankistrodesmus fusiformis* Corda (Fig. 25)  
Cenobios de 2, 4 o más células, usualmente unidas

por lados convexos si se encuentran curvadas, forma paquetes con células más o menos paralelas o en ángulos rectos entre si, encerradas en una envoltura mucilaginosa. Las células fusiformes angostas, ligeramente curvas o sigmoides, reduciéndose gradualmente en ápices agudos. Las células miden 2.8-7.0  $\mu\text{m}$  de ancho y 20.0-165.0  $\mu\text{m}$  de largo. Probablemente cosmopolita, con una amplia distribución en los cuerpos de agua dulce acuáticas, planctónica aunque está asociada a los detritus o sedimentos de la vegetación acuática, es indicadora de contaminación por materia orgánica. En Teremendo estuvo asociada a la vegetación acuática. Nuevo registro para Michoacán.

*Monoraphidium* Komárkova-Legnerová  
*Monoraphidium irregulare* (G.M. Smith) Komárkova-Legnerová (Fig. 26)  
Células solitarias, usualmente 10 veces más largas que anchas, de forma alargada y puntiaguda, recta o ligeramente curva o torcidas hasta formar un espiral (por arriba de 1.5 vueltas), adelgazándose gradualmente hacia los ápices. Mide 2.8-5.2  $\mu\text{m}$  de ancho y 7.0-40.0  $\mu\text{m}$  de largo. Cosmopolita en el plancton aunque puede estar asociada a diferentes sustratos de diferentes tipos de sistemas dulceacuícolas, se le asocia con aguas templadas. En la Alberca de Teremendo se encontró en el perifiton como epifítica, lignícola, epilítica y en el vidrio. Nuevo registro para Michoacán.

*Monoraphidium komarkovae* Nygaard (Fig. 27)  
Células solitarias, rectas o ligeramente curvas adelgazándose finamente hacia los polos, miden 2.8-4.2  $\mu\text{m}$  de ancho y 25.2- 65.0  $\mu\text{m}$  de largo. Con un cloroplasto parietal y un pirenoide. Cosmopolita, con una distribución amplia, puede encontrarse formando parte del plancton o estar asociada algún sustrato. En el lago de Teremendo se encontró como epilítica. Nuevo registro para Michoacán. Registrado como *Monoraphidium setiforme* (Nygaard) Komárkova-Legnerová en otros estados de México

*Chloroidium* Nadson  
*Chloroidium ellipsoideum* (Gerneck) Darienko, Gustavs, Mudimu, Menendez, Schumann, Karsten, Friedl & Proschold (Fig. 28)  
Célula de forma elipsoidal, que mide de 1.4-12.6  $\mu\text{m}$  de ancho y de 2.8-15.4  $\mu\text{m}$  de largo, con un cloroplasto parietal que no llega a cubrir toda la célula y un pirenoide, el cual se encuentra asociado con muchos gránulos de almidón. Probablemente cosmopolita, frecuente en el

plancton aunque también asociada algún sustrato del cuerpo de agua dulceacuícola. Para el lago de Teremendo se encontró en forma epilítica.

Nuevo registro para México.

Aunque la especie que es el basónimo (*Chlorella ellipsoidea* Gerneck) fue incluida en la familia Chlorellaceae, Darienko *et al.* (2010) muestran que se trata de un grupo independiente de las otras familias reconocibles en la clase Trebouxiophyceae, sin embargo no asignan ninguna categoría supragenérica para ese clado. Desde el punto de vista sistemático, cumple con las características de la familia Chlorellaceae.

#### *Lagerheimia* Chodat

*Lagerheimia genevensis* (Chodat) Chodat (Fig. 29)  
Células solitarias de forma elipsoidal, ovoides o subcilíndricas que miden 2.8-8.4  $\mu\text{m}$  de ancho y 4.2-15.4  $\mu\text{m}$  de largo, con 2 espinas apicales de hasta 4.2  $\mu\text{m}$  de largo. Con un cloroplasto parietal, en ocasiones con un pirenoide y muchos gránulos de almidón.

Probablemente cosmopolita o de amplia distribución en el medio dulceacuícola, común en el plancton pero asociada a la vegetación acuática, rara vez abundante, sin embargo puede llegar a formar poblaciones densas. En lago de Teremendo se encontró como epifítica. Nuevo registro para Michoacán.

*Lagerheimia longiseta* (Lemmermann) Printz (Fig. 30)  
Células solitarias de forma ovoide que mide 4.2-8.4  $\mu\text{m}$  de ancho y 8.4-21.0  $\mu\text{m}$  de largo, con 6-10 espinas curvas, apicales, que miden hasta 56  $\mu\text{m}$  de largo. Con un cloroplasto parietal y un pirenoide. Posiblemente cosmopolita, con una amplia distribución tanto en el plancton como asociada algún sustrato. En Teremendo se encontró en forma epilítica y lignícola.

Nuevo registro para Michoacán.

#### *Closterium* Nitzsch ex Ralfs

*Closterium acutum* var. *variabile* (Lemmermann) Kreiger (Fig. 31)

Células angostas rectas o ligeramente curvas a sigmoideas, que miden 2.8-5.6  $\mu\text{m}$  de ancho y 50.4-150.0  $\mu\text{m}$  de largo. Cloroplasto parietal y varios pirenoides. Se le considera cosmopolita, puede encontrarse planctónica en el litoral de los lagos, aunque puede estar asociado al sustrato. En la Alberca de Teremendo se encontró en forma lignícola.

Nuevo registro para México. Con amplia distribución en el mundo.

*Closterium archerianum* Cleve ex Lundell (Fig. 32)  
Células fuertemente arqueadas, el centro ligeramen-

te abultado, ápices atenuados y polos redondeados; mide 18.2- 28.0  $\mu\text{m}$  de ancho y 249.2-495.6  $\mu\text{m}$  de largo. Dos cloroplastos axiales con 3 o 4 costillas y 5 a 10 pirenoides en hilera. La pared presenta bandas estriadas centrales y una vacuola en los extremos de la célula.

Cosmopolita, acidófila, constituye parte del plancton aunque se puede asociar con algún sustrato en el litoral de los cuerpos de agua dulce. En el lago de Teremendo se encontró en forma epilítica y lignícola. Nuevo registro para México. Tiene una amplia distribución en el mundo.

*Closterium setaceum* Ehrenberg ex Ralfs (Fig. 33)  
Células fusiformes a lanceolados en la región central y ápices alargados y curvos en la parte distal; mide 8.4-14.0  $\mu\text{m}$  de ancho y 229.0-448.0  $\mu\text{m}$  de largo. Con un cloroplasto ocupando la parte central ensanchada y dos a tres pirenoides en hilera. Con 8 estrías finas en 10  $\mu\text{m}$  y vacuolas con cristales en los extremos de la célula.

Cosmopolita característica de cuerpos de agua ácidos, planctónica en aguas con poca cantidad de nutrimentos pero en sistemas acuáticos coloreados de color café debido a la concentración de material húmico en la superficie. En La Alberca de Teremendo se encontró asociada a los troncos de leña existentes en la superficie.

Nuevo registro para Michoacán.

#### *Euglena* Ehrenberg

*Euglena velata* Klebs (Fig. 34)  
Las células metabólicas, elongadas a ovals, miden 25.2-28.0  $\mu\text{m}$  de ancho y 89.6-114.8  $\mu\text{m}$  de largo; el periplasto presenta estrías helicoidales. Abundantes cloroplastos discoideos a ovals lobados a estrellados, dentro de cada cloroplasto se presentan pirenoides rodeados por dos capas de paramylon. Los cuerpos de paramylon son numerosos y cortos, dispersos en el citoplasma. Flagelos de la misma longitud del cuerpo de la célula.

Se encuentra en pequeños cuerpos de agua como estanques, drenajes. En el lago de Teremendo se encontró en el epilíton, en el sitio cerca de donde llega la materia orgánica.

Nuevo registro para México. Presente en Brasil, los Estados Unidos y Europa.

#### *Phacus* Dujardin

*Phacus skujae* Skvortzov (Fig. 35)  
Células irregularmente elípticas, redondeada en la parte anterior y aguda en la parte terminal, con una torsión ligera. Miden 5.6-16.8  $\mu\text{m}$  de ancho y 14.0-30.8  $\mu\text{m}$  de largo. En el periplasto las estrías

son longitudinales, numerosos cloroplastos discoideos y de uno a tres anillos de paramilon. Cosmopolita ya que ocurre en lagos, presas, pozos, y pequeños ríos, formando parte tanto del plancton como del perifiton. En la Alberca de Teremendo se encontró en el perifiton en forma epilítica y lignícola. Nuevo registro para México. Presente en Brasil, Europa e Indonesia.

*Chrysochromulina* Lackey

*Chrysochromulina parva* Lackey (Fig. 36)  
Células bilateralmente simétricas, de forma esféricas a ovoides y aplanadas, miden 2.8-8.4  $\mu\text{m}$  de ancho y 2.5-5.0  $\mu\text{m}$  de grosor. Cada célula con 2 cloroplastos, los pirenoides son difíciles de observar. Flagelos no observados en el material fijado. Cosmopolita ya que presenta una amplia distribución en lagos, pozos y estanques, en ocasiones es difícil observarla por su extrema fragilidad. En el lago de Teremendo se encontró epifítica sobre todo en los sitios donde hay tule. Nuevo registro para México. De amplia distribución en el mundo.

*Ctenophora* (Grunow) D.M. Williams & F.E. Round  
*Ctenophora pulchella* (Kützing) D.M. Williams & F.E. Round (Fig. 37)  
Células solitarias, con frústulas lineares ligeramente curvadas en vista valvar, en vista conectiva rectangulares. Los ápices se adelgazan progresivamente; miden 10.0-100.0  $\mu\text{m}$  de largo y 2.5-4.0  $\mu\text{m}$  de ancho. El área axial es estrecha, mientras que el área central es usualmente lisa y pequeña llega a formar un círculo formando un engrosamiento visible. Las estrías son paralelas con una densidad de 15-18 en 10  $\mu\text{m}$ . Presente en el litoral de los lagos y con alto contenido de minerales, bentónica. En el lago de Teremendo, se encontró en forma lignícola y epifítica. Nuevo registro para Michoacán, como especie fósil fue registrada con el nombre *Synedra pulchella* Ralfs ex Kützing en otros estados de México.

*Frustulia* Rabenhorst

*Frustulia rhomboides* var. *capitata* (Mayer) R.M. Patrick (Fig. 38)  
Células solitarias, con valvas romboides a lanceoladas y ápices que se estrechan bruscamente pero con polos redondeados, miden 42.0-159.6  $\mu\text{m}$  de largo y 9.8 -30.8  $\mu\text{m}$  de ancho. Las áreas axial y central son estrechas pero evidentes. Las estrías son perpendiculares al rafe al centro de la valva, y radiadas en los ápices. Las estrías de 20-28 en 10  $\mu\text{m}$ . Presente en cualquier ambiente dulceacuícola o

húmedo, bentónico. En la Alberca de Teremendo se encontró formando parte del plancton, además se detectó formando parte del perifiton, en sustrato artificial (plástico). Nuevo registro para Michoacán.

*Kobayasiella* (Cleve) Lange-Bertalot

*Kobayasiella subtilissima* (Cleve) Lange-Bertalot (Fig. 39)

Células solitarias con valvas lineares a ligeramente lanceoladas, con los ápices redondeados, miden 18.2-37.8  $\mu\text{m}$  de largo y 4.2-7.0  $\mu\text{m}$  de ancho. Tanto el área axial como el central delgadas, esta última puede presentar las estrías cortas. Rafe filiforme recto que no llega hasta los bordes de las frústulas, el poro central es grueso. Las estrías se ordenan de manera radial y ligeramente curvas, 39 a 40 en 10  $\mu\text{m}$ . Bentónica adherida a la vegetación acuática. En el Lago de Teremendo se encontró epifítica, epilítica y lignícola. Nuevo registro para Michoacán, registrada como *Navicula subtilissima* Cleve en otros estados de México.

*Navicula* Bory de Saint-Vicent

*Navicula pseudolanceolata* Lange-Bertalot (Fig. 40)  
Células solitarias con valvas lanceoladas con ápices redondeados; miden 25.9-50.4  $\mu\text{m}$  de largo y 5.6-8.4 de ancho  $\mu\text{m}$ , de 20-30 líneas en 10  $\mu\text{m}$ , el área axial es estrecha con un engrosamiento hacia el centro de la valva, el área central es angosta, lanceolada, con estrías centrales acortadas regularmente, una estría central más larga; el rafe es recto y ligeramente curvo en los polos, termina en una bifurcación. De aguas corrientes o estancadas, bentónica con mucho movimiento. En la Alberca de Teremendo se encontró epifítica, cerca de los manchones de tule. Nuevo registro para México. Distribución principalmente templada: los Estados Unidos, Europa, Rusia.

*Neidium* Pfitzer

*Neidium affine* var. *amphirhynchus* (Ehrenberg) Cleve (Fig. 41)

Valvas elipsoidales a ovaladas, con polos redondeados; miden 19.6-79.8  $\mu\text{m}$  de largo y 7.0-16.8  $\mu\text{m}$  de ancho. El área central es ligeramente amplia, mientras que el área axial es angosta; rafe filiforme, recto y curvo en los polos, en el centro las terminaciones proximales curvas en forma de gancho. Las estrías son punteadas, cortas en el centro de la valva, radiales, en una densidad de 21-30 en 10  $\mu\text{m}$ . Con una distribución amplia, crece abundante en

aguas ligeramente ácidas. En la Alberca de Teremendo se encontró formando parte del perifiton sobre plástico.

Nuevo registro para Michoacán.

*Amphora* Ehrenberg ex Kützing

*Amphora delicatissima* Krasske (Fig. 42)

Frústulas solitarias, con un plano transapical rómbico, en vista conectiva con forma elípticas; mide 5.6-19.6  $\mu\text{m}$  de largo y 2.8-7.0  $\mu\text{m}$  de ancho. El área axial es estrecha, carece de área central. El rafe es fino, recto hacia la parte ventral, con poros centrales más o menos grandes. Las estrías dorsales son evidentes y lineadas, 26-29 en 10  $\mu\text{m}$ , mientras que las ventrales son pequeñas o poco evidentes y faltan en el área central.

Con una distribución principalmente templada está presente en ríos, bentónica. En la Alberca de Teremendo se encontró en forma lignícola.

Nuevo registro para Michoacán.

*Halamphora* (Cleve) Levkov

*Halamphora coffeaeformis* (C. Agardh) Levkov (Fig. 43)

Valvas con forma elíptica angosta y los ápices alargados y redondeados y protuberantes en vista conectiva. En vista valvar con forma semielíptica. Miden 12.0-60.2  $\mu\text{m}$  de largo y 9.8-19.6 de largo. El área axial es muy estrecha, mientras que el área central es redondeada y pequeña. El rafe es muy fino, recto, terminando en el borde de las valvas. Presenta 17-25 estrías en 10  $\mu\text{m}$ , las dorsales son radiales y carece o son pequeñas las de la parte ventral.

Se encuentra formando parte del bentos, en ocasiones presenta un tallo de mucílago, ligeramente móvil. En el lago de Teremendo se encontró como lignícola.

Nuevo registro para Michoacán. Registrada también como *Amphora coffeaeformis* (Agardh) Kützing en otros estados de México.

*Nitzschia* Hassall

*Nitzschia sociabilis* Hustedt (Fig. 44)

Valvas lanceoladas, con polos agudos, cortos, de 19.6-60.2  $\mu\text{m}$  de largo y 4.2-5.6  $\mu\text{m}$  de ancho. Con 9-12 fíbulas en 10  $\mu\text{m}$  regularmente dispuestas, sin nódulo central visible. Las estrías son poco visibles en el microscopio fotónico.

Bentónica que forma tubos mucilaginosos, aunque puede encontrarse en el plancton con cierta frecuencia. En el lago de Teremendo se encontró en el plancton.

Nuevo registro para México. Con amplia distribución en el mundo.

## DISCUSIÓN

El presente estudio muestra que hay una presencia predominante de las Bacillariophyceae por su mayor riqueza de especies; Margalef (1983) y Round *et al.* 1990, mencionan que es un grupo que puede estar presente en una gran diversidad de ambientes y condiciones y en tanto que nuestro estudio incluye la diversidad del fitoplancton y del perifiton no es raro que sea el grupo mejor representado. En México se conocen alrededor de 1288 especies de diatomeas de agua dulce en el país (Novelo 2012), de las cuales para el lago cráter están presentes 54, lo que refleja que el esfuerzo de documentar las dos comunidades ha enriquecido significativamente el número de registros por tratarse de una sola localidad. En los resultados resalta que el mayor número de especies corresponden al grupo de las pennales o birrafiadas de las que Darley (1987) y Round *et al.* 1990 mencionan que la mayoría son perifíticas o bentónicas y se localizan formando parte del litoral. Una de las características de los organismos pennados es que se encuentran adheridos algún sustrato debido al desarrollo de algún sistema de sostén o anclaje, como la presencia de pedúnculos gelatinosos, tubos delgados o vainas gelatinosas así como las secreciones mucilaginosas de *Nitzschia*, *Navicula* y *Gomphonema*, entre otros. Las otras siete Divisiones algales estuvieron representadas con menos especies, en el caso de Cryptophyta, Dinophyta, Prymnesiophyta y Heterokontophyta las especies encontradas son conocidas como estenoicas o de hábitats restringidos y su distribución no parece ser común en las regiones tropicales, particularmente el caso de *Chrysochromulina parva*, una especie de afinidad templada y con potencialidad tóxica (Hansen *et al.* 1994). Podemos suponer que su hábitat ha sido alterado o se crearon condiciones adecuadas para que aparecieran en el lago de Teremendo (Ezcurra 1990) y aunque todavía raras, las especies de estas divisiones contribuyen en aumentar la diversidad a través de su riqueza.

El número de especies que son nuevos registros para el estado de Michoacán es relevante, pues se trata de la zona que cuenta con el número más alto de especies en todo el país (Novelo y Tavera 2011), el hecho de encontrar en un sitio 29 especies no registradas previamente tiene implicaciones en la florística (pues puede tratarse de un sitio con un cambio constante en su composición específica), en la ecología (pues puede tratarse de un sitio en el que las condiciones ambientales están propiciando el desarrollo de algas no existentes en otros sitios cercanos) y en la biogeografía de las algas (pues

la mayoría de las especies que se registran como novedades son de afinidades templadas). De las 10 especies registradas por primera vez en México, son de resaltar *Closterium acutum* var. *variabile*, *Cl. archerianum*, *Euglena velata*, *Phacus skujae* y *Chrysochromulina parva*, que han sido registradas en ambientes templados y ocasionalmente en los trópicos; en los casos de *Spirulina corakiana*, *Johanseninema constrictum*, *Chloroidium ellipsoideum*, *Navicula pseudolanceolata*, *Nitzschia sociabilis* son especies poco registradas en el mundo y fácilmente se pasan por alto si no se observa el material con aumentos altos pues es posible confundirlas con otras especies.

El lago cráter de Teremendo es un cuerpo de agua que se encuentra en proceso de eutrofización con cambios recientes en las comunidades algales (Cansino 2011, Carrillo 2012, Hernández 2011). Las respuestas de las algas a los cambios de condiciones del medio las convierte en finos sensores de la calidad del agua (Pereira *et al.* 2000; Ruiz *et al.* 2007), por ello, el registro adecuado de la composición de especies y su monitoreo puede ser una herramienta útil en la evaluación de la calidad del agua y de los impactos que en ella tiene la actividad humana.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Coordinación de Investigación Científica, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por los recursos destinados a este trabajo y al Dr. Eberto Novelo por las facilidades prestadas para la realización del mismo.

## REFERENCIAS

- Cansino N., R. 2011. Evaluación de la calidad del agua y el estado trófico en el lago cráter de Teremendo, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 71 pp.
- Carrillo T., N. 2012. Evaluación térmica y de los atributos ópticos en tres lagos cráter del estado de Michoacán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 130 Pp.
- Comas, A. G. 1996. *Las Chlorococcales dulceacuícolas de Cuba*. Biblioteca Phycologica. J. Cramer, Stuttgart - Berlin.
- Darienko, T., Gustavs, L., Opayi, M., Rad Menendez, C., Schuman, R., Karsten, U., Friedl, T., and Pröschold, T. 2010. *Chloroidium*, a common terrestrial coccoid green alga previously assigned to *Chlorella* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta). *European Journal of Phycology* 45: 79-95
- Darley, W. M. 1987. *Biología de las algas. Enfoque fisiológico*. Ed. Limusa, México.
- Dillard, G. E. 1990. *Freshwater Algae of the Southeastern United States. Part. 7. Pigmented Euglenophyceae*. Bibliotheca Phycologica 106. J. Kramer, Stuttgart - Berlin.
- Ezcurra E. 1990. ¿Por qué hay tantas especies raras? La riqueza y rareza biológica en las comunidades naturales. *Ciencias* Número especial 4: 82-88.
- García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Larios, S.A., México.
- Garduño-Monroy. V. H., P. Corona-Chávez, I. Israde-Alcantara, L. Mennella, E. Arreygue, B. Bigoggero y S. Chiesa. 1999. *Carta Geológica de Michoacán. Escala 1:250,000*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2015. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (consultada el 1 de junio de 2015).
- Hanson, L.R., Kristiansen, J. & Rasmussen, J.V. 1994. *Potential toxicity of the freshwater Chrysochromulina species C. parva (Prymnesiophyceae)*. *Hydrobiologia* 287: 157- 159.
- Hernández M., R. 2011. Fitoplancton de los lagos cráter de Michoacán, México. Tesis de Maestría. Facultad de Biología Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, 249 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1982. *Carta geológica. E14-A12. Coeneo de La libertad. (1:50,000)*. INEGI, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (INEGI). 2006. *Anuario Estadístico del Estado de Michoacán*. INEGI, México.
- John, M.D., B.A. Whitton y A.J. Brook. 2002. *The freshwater algae flora of the British Isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Komárek, J. y K. Anagnostidis. 2001. *Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales*. Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 19/1. Gustav Fischer, Jena.
- Komárek, J. y K. Anagnostidis. 2005. *Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales*. Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 19/2. Elsevier, München.
- Krammer, K. 2000. *The genus Pinnularia. Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*. Volume 1. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Rugell.
- Krammer, K. 2002. *Cymbella. Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*. Volume 3. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Rugell.
- Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1986. *Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae*. Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1988. *Bacillariophyceae. Teil 2: Bacillariaceae, Ephitemiaceae, Surirellaceae*. Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/2. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1991a. *Bacillariophyceae. Teil 3: Centrales, Fragillariaceae, Eunotiaceae*.

- Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/3. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1991b. *Bacillariophyceae. Teil 4: Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Teil 4.* Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/4. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Laboratorio de Algas Continentales. Ecología y Taxonomía (LACET). Bases de datos de algas continentales - Taxfich accesible en: <http://lacet.meridion.mx/bd.html> (consultado el 1 de junio de 2015).
- López-Mendoza, Z., Tavera, R. y Novelo, E. 2015. El fitoplancton de un canal de Xochimilco y la importancia de estudiar ecosistemas acuáticos urbanos. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 18:13-28.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ediciones Omega. S. A., Barcelona.
- Novelo, E. 2012a. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Cyanoprocaryota. Fascículo 90. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 96 pp.
- Novelo, E. 2012b. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Bacillariophyceae. Fascículo 102. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 230 pp.
- Novelo E. y R. Tavera. 2011. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológica* 21: 333-341.
- Oliva-Martínez M.G., J.L. Godínez-Ortega y C.A. Zúñiga-Ramos. 2014. Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 554-561.
- Patrick, R. y Ch. Reimer. 1966. *The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii Volume 1, Part 1.* Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia.
- Patrick, R. y C. Reimer W. 1975. *The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Volume 2, Part 1.* Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia.
- Pereira I., G. Reyes & V. Kramm. 2000. Cyanophyceae, Euglenophyceae, Chlorophyceae, Zygnematophyceae y Charophyceae en arrozales de Chile. *Gayana Botanica* 57: 29-53.
- Prescott, W.G., C.E. de M. Bicudo y W.C. Vinyard 1982. *A synopsis of North American Desmids. Part II. Desmidiaceae: Placodermae. Section 4.* University of Nebraska Press, Lincoln.
- Round, F. E., R. Crawford M. y D. Mann G. 1990. *The Diatoms. Biology and Morphology of the genera.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Ruiz J., K. Junes y M.I. La Torre. 2007. Flora algal del río Chillón en la provincia de Lima, Perú. *Biologist (Lima)* 5: 43-51.
- SEP-UMSNH. 2003. *Atlas geográfico de Michoacán.* Secretaría de Educación Pública en Michoacán y Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo. Segunda Edición. Editora EDDISA, México.
- Tell, G. y V. Conforti. 1986. *Euglenophyta pigmentadas de la Argentina.* BibliothecaPhycologica. 75, J. Cramer, Berlin-Stuttgart.

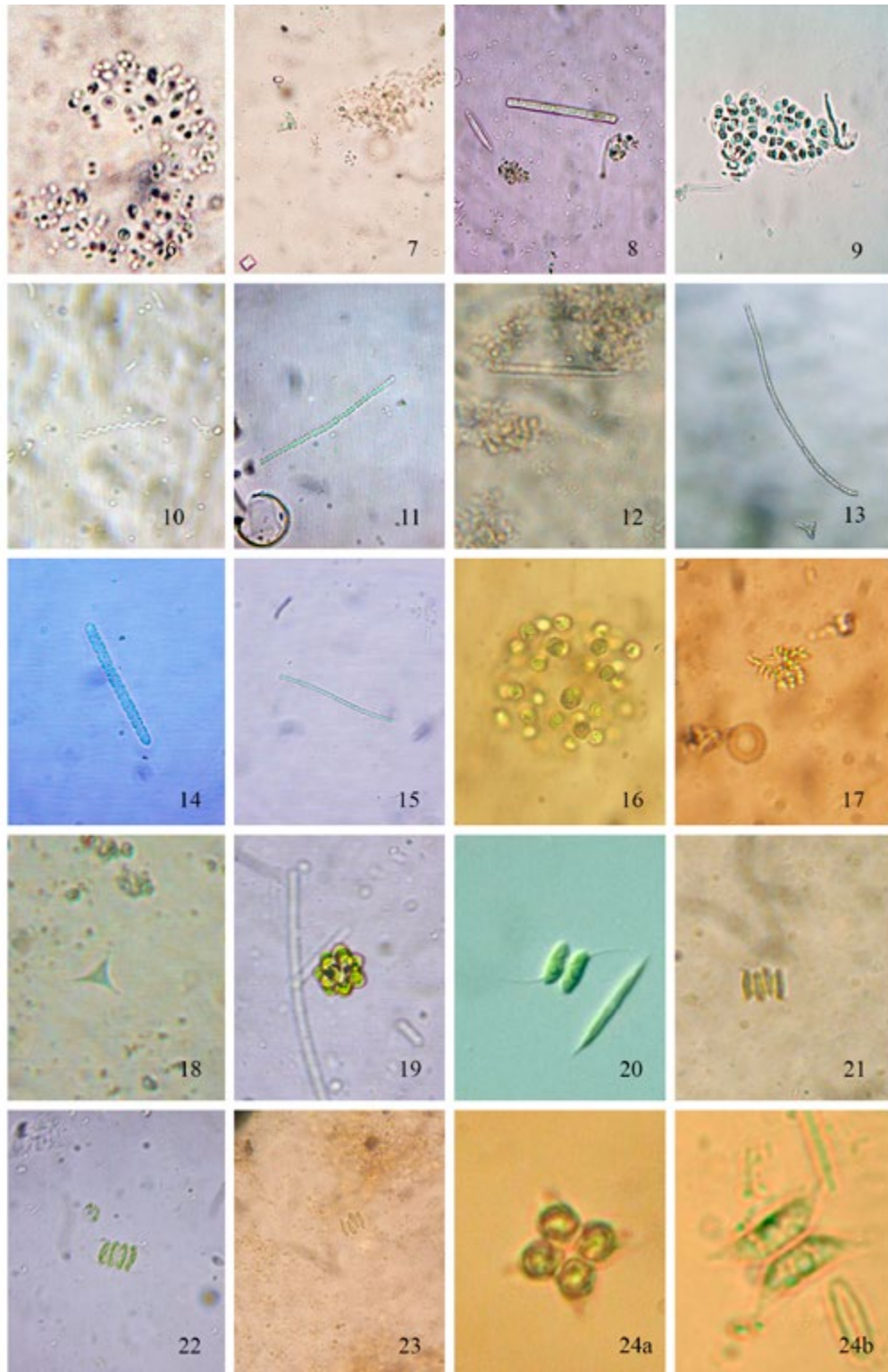
Recibido: 15 de junio de 2015

Revisado: 7 de octubre de 2015

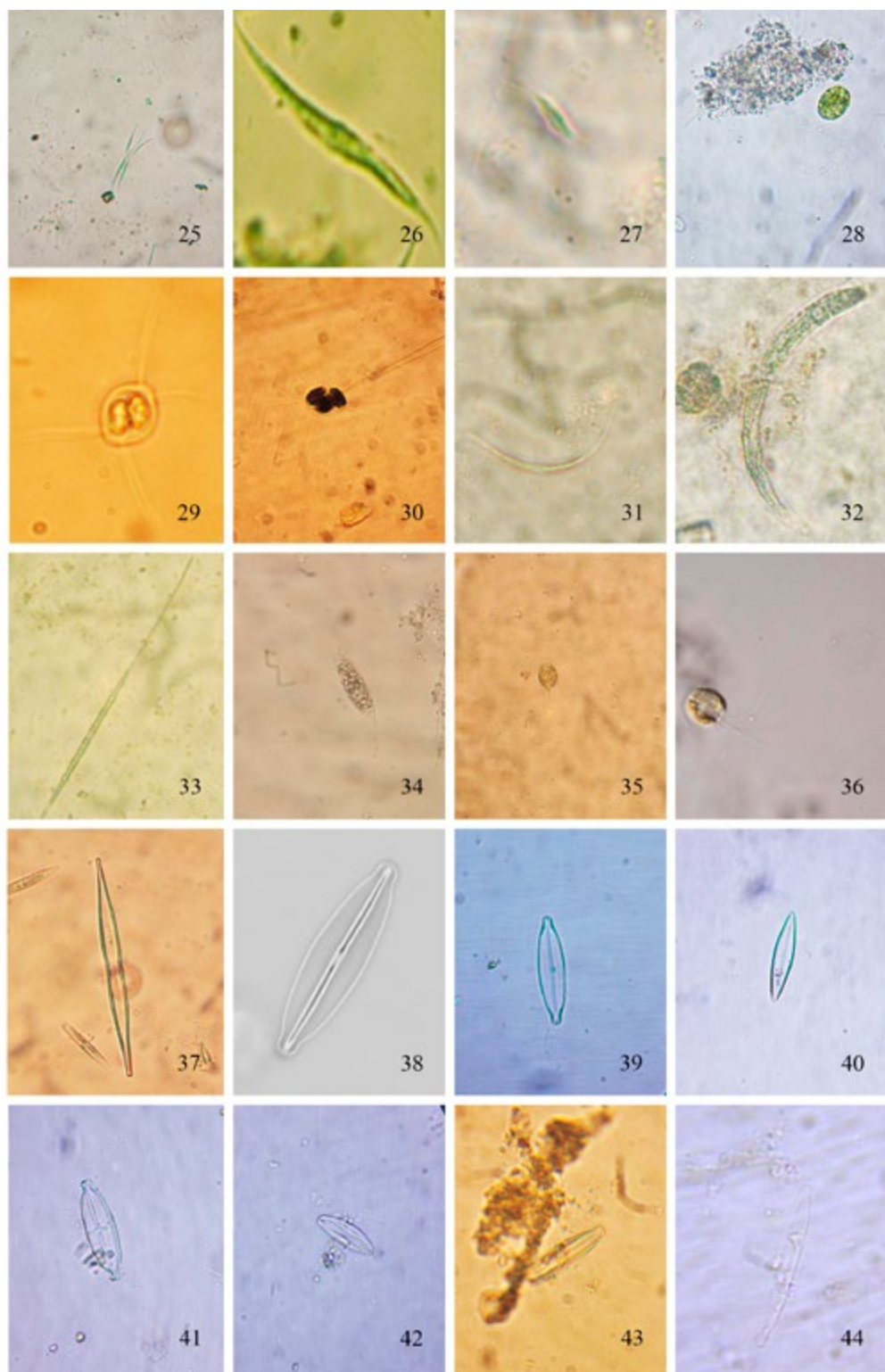
Corregido: 17 de octubre de 2015

Aceptado: 22 de octubre de 2015

Revisores: E. Novelo y dos revisores anónimos.



**Figuras 6-24.** 6. *Aphanocapsa planctonica*; 7. *Coelomonon pusillum*; 8. *Leptolyngbya lurida*; 9. *Hydrococcus rivularis*; 10. *Spirulina coriakana*; 11. *Johanseninema constrictum*; 12. *Komvophoron minutum*; 13. *Homoeothrix juliana*; 14. *Phormidium breve*; 15. *Phormidium corium*; 16. *Pleodorina californica*; 17. *Protoderma viride*; 18. *Tetradron triangulare*; 19. *Coelastrum pseudomicroporum*; 20. *Desmodesmus bicaudatus*; 21. *Desmodesmus microspina*; 22. *Desmodesmus opoliensis* var. *mononen-sis*; 23. *Desmodesmus spinosus*; 24. *Tretradesmus wisconsinensis* (a: vista apical, b: vista lateral).



**Figuras 25-44.** 25. *Ankistrodesmus fusiformis*; 26. *Monoraphidium irregulare*; 27. *Monoraphidium kormakovae*; 28. *Chlorodinium ellipsoideum*; 29. *Lagerheimia genevensis*; 30. *Lagerheimia longiseta*; 31. *Closterium acutum* var. *variabile*; 32. *Closterium archerianum*; 33. *Closterium setaceum*; 34. *Euglena velata*; 35. *Phacus skujae*; 36. *Chrysochromulina parva*; 37. *Ctenophora pulchella*; 38. *Frustulia rhomboides* var. *capitata*; 39. *Kobayasiella subtilissima*; 40. *Navicula pseudolanceolata*; 41. *Neidium affine* var. *amphirhynchus*; 42. *Amphora delicatissima*; 43. *Halamphora coffeaeformis*; 44. *Nitzschia sociabilis*.



**Cuadro 2.** Flora de La Alberca de Teremendo, Michoacán. Reg = Registros; \* = nuevos registros para Michoacán; \*\* = nuevos registros para México; + = presencia.

Reg	Taxones	Plancton	Perifiton
<b>CYANOPROKARYOTA</b>			
<b>Cyanophyceae</b>			
	<i>Aphanocapsa elachista</i> West & West	+	
	<i>A. incerta</i> (Lemmermann) Cronberg & Komárek	+	
*	<i>A. planctonica</i> (G.M. Smith) Komárek & Anagnostidis		+
	<i>Arthrospira platensis</i> (Gomont) Geitler		+
	<i>Chroococcus dispersus</i> (Keiss) Lemmermann	+	+
	<i>C. limneticus</i> Lemmermann	+	
	<i>C. minor</i> (Kützing) Nägeli	+	
*	<i>Coelomoron pusillum</i> (Van Goor) Komárek		+
*	<i>Homoeothrix juliana</i> (Bornet & Flahault ex Gomont) Kirchner		+
*	<i>Hydrococcus rivularis</i> Kützing		+
**	<i>Johanseninema constrictum</i> (Szafer) Hasler, Dvorak & Poulíková		+
*	<i>Komvophoron minutum</i> (Skuja) Anagnostidis & Komárek		+
*	<i>Leptolyngbya lurida</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek		+
	<i>Limnothrix quasiperforata</i> (Skuja) Umezaki & M. Watanabe	+	+
	<i>Merimospedia glauca</i> (Ehrenberg) Kützing	+	+
	<i>M. punctata</i> Meyen		+
	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	+	+
	<i>M. smithii</i> Komárek & Anagnostidis		+
	<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh		+
	<i>O. ornata</i> Kützing ex Gomont		+
	<i>Phormidium tergestinum</i> (Kützing) Anagnostidis & Komárek		+
*	<i>P. breve</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek		+
*	<i>P. corium</i> Gomont ex Gomont		+
	<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	+	+
**	<i>Spirulina corakiana</i> Playfair		+
	<i>Synechocystis minuscula</i> Voronichin	+	
	<i>S. pevalekii</i> Ercegovic	+	+
<b>CHLOROPHYTA</b>			
<b>Chlorophyceae</b>			
	<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Tsarenko	+	+
	<i>A. dimorphus</i> (Turpin) Tsarenko		+
	<i>A. obliquus</i> (Turpin) Hegewald & Hanagata		+
	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	+	+

*	<i>A. fusiformis</i> Corda		+
	<i>A. nanoselene</i> Skuja	+	
	<i>Chlamydomonas globosa</i> J.W. Snow	+	
*	<i>Coelastrum pseudomicroporum</i> Korshikov		+
	<i>Desmodesmus arthrodesmiformis</i> Schröder	+	+
*	<i>D. bicaudatus</i> (Dedusenko) Tsarenko		+
	<i>D. dispar</i> Brébisson	+	
*	<i>D. microspina</i> (Chodat) Tsarenko		+
	<i>D. opoliensis</i> Richter	+	+
*	<i>D. opoliensis</i> var. <i>mononensis</i> (Chodat) Hegewald		+
	<i>D. protuberans</i> (Fritsch & Rich) Hegewald		+
*	<i>D. spinosus</i> (Chodat) Hegewald		+
	<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek	+	
	<i>Kirchneriella obesa</i> (West) West & West	+	
	<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda	+	
	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	+	+
	<i>M. griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	+	+
*	<i>M. irregulare</i> (G.M. Smith) Komárková-Legnerová		+
*	<i>M. komarkovae</i> Nygaard		+
*	<i>Pleodorina californica</i> W.R. Shaw		+
*	<i>Protoderma viride</i> Kützing		+
	<i>Scenedesmus obtusus</i> f. <i>disciformis</i> (Chodat) Compère		+
	<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann	+	
*	<i>Tetrademus wisconsinensis</i> G.M. Smith		+
	<i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg	+	+
*	<i>T. triangulare</i> Korshikov		+

### Trebouxiophyceae

	<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim		+
	<i>Botryococcus terribilis</i> Komárek & Marvan	+	
	<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck		+
**	<i>Chloroidium ellipsoideum</i> (Gerneck) Darienko <i>et al.</i>		+
	<i>Closteriopsis acicularis</i> (Chodat) Belcher & Swale	+	+
	<i>C. longissima</i> (Lemmermann) Lemmermann		+
	<i>Crucigeniella rectangularis</i> (Nägeli) Komárek	+	
	<i>Didymogenes anomala</i> (G.M. Smith) Hindák	+	
	<i>Keratococcus bicaudatus</i> (A. Braun) Petersen		+
*	<i>Lagerheimia genevensis</i> (Chodat) Chodat		+
*	<i>L. longiseta</i> (Lemmermann) Printz		+

	<i>L. subsalsa</i> Lemmermann	+	
	<i>Oocystis solitaria</i> Wittrock	+	+
<b>CHLOROPHYTA</b>			
<b>Zygnematophyceae</b>			
**	<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i> (Lemmermann) Krieger		+
**	<i>C. archerianum</i> Cleve ex Lundell		+
*	<i>C. setaceum</i> Ehrenberg ex Ralfs		+
	<i>Staurastrum smithii</i> ( G.M. Smith) Telling	+	
<b>EUGLENOPHYTA</b>			
<b>Euglenophyceae</b>			
	<i>Euglena acus</i> (O.F. Müller) Ehrenberg		+
**	<i>E. velata</i> Klebs		+
**	<i>Phacus skujae</i> Skvortzov		+
	<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) F. Stein		+
<b>DINOPHYTA</b>			
<b>Dinophyceae</b>			
	<i>Peridinium inconspicuum</i> Lemmermann	+	+
<b>CRYPTOPHYTA</b>			
<b>Cryptophyceae</b>			
	<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg	+	+
<b>PRYMNESIOPHYTA</b>			
<b>Prymnesiophyceae</b>			
**	<i>Chrysochromulina parva</i> Lackey		+
<b>BACILLARIOPHYTA</b>			
<b>Coscinodiscophyceae</b>			
	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen		+
	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	+	
	<i>C. ocellata</i> Pantocsek	+	
	<i>Stephanodiscus niagarae</i> Ehrenberg		+
<b>Fragilariophyceae</b>			
*	<i>Ctenophora pulchella</i> (Kützing) D.M. Williams & Round		+
	<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i> (Rabenhorst) Rabenhorst		+
	<i>F. capucina</i> ssp. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot		+
	<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) D.M. Williams & Round	+	+
	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	+	+
	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M. Williams & Round	+	+
	<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams & Round		+
	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal		+

	<i>U. delicatissima</i> var. <i>angustissima</i> (Grunow) Aboal & P.C. Silva	+	
	<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Compère		+
<b>Bacillariophyceae</b>			
	<i>Achnanthes depressa</i> (Cleve) Hustedt	+	
	<i>Achnanthidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki		+
	<i>A. minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki		+
*	<i>Ampora delicatissima</i> Krasske		+
	<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing	+	+
	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i> Ehrenberg		+
	<i>C. placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) van Heurck		+
	<i>Cymbella affinis</i> Kützing		+
	<i>C. aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	+	+
	<i>Encyonema mesianum</i> (Cholnoky) D.G. Mann	+	
	<i>Epithemia turgida</i> (Ehrenberg) Kützing		+
*	<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>capitata</i> (Mayer) Patrick		+
	<i>Gomphonema affine</i> Kützing		+
	<i>G. augur</i> Kützing	+	+
	<i>G. gracile</i> Ehrenberg	+	+
	<i>G. olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson		+
	<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing		+
	<i>G. pseudoaugur</i> Lange-Bertalot	+	+
	<i>G. subtile</i> Ehrenberg		+
	<i>G. truncatum</i> Ehrenberg		+
	<i>G. ventricosum</i> Gregory		+
*	<i>Halamphora coffeaeformis</i> (C. Agardh) Levkov		+
	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow		+
*	<i>Kobayasiella subtilissima</i> (Cleve) Lange-Bertalot		+
	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing		+
	<i>N. kotschyi</i> Grunow		+
	<i>N. laterostrata</i> Hustedt	+	+
**	<i>N. pseudolanceolata</i> Lange-Bertalot		+
	<i>N. rhynchocephala</i> Kützing		+
*	<i>Neidium affine</i> var. <i>amphirhynchus</i> (Ehrenberg) Cleve		+
	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow		+
	<i>N. inconspicua</i> Grunow		+
	<i>N. linearis</i> W. Smith		+
	<i>N. palea</i> (Kützing) W. Smith		+
**	<i>N. sociabilis</i> Hustedt		+

*Pinnularia acrosphaeria* Rabenhorst

+

*P. gibba* Ehrenberg

+

*Planothidium dubium* (Grunow) Round & Bukhtiyarova

+

*Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkovsky

+

*Stauroneis producta* Grunow in van Heurck

+

## HETEROKONTOPHYTA

### Synurophyceae

*Mallomonas caudata* Ivanov

+

Totales

50

112

César Lobato Benítez. 2015.  
**Usos y aplicaciones de las algas en México**

**Tesis de Licenciatura en Biología.**

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 214 pp.

El quehacer ficológico en México ha iniciado una diversificación de sus estudios que iniciaron con listados florísticos, estudios morfológicos, fisiológicos y ecológicos y, ahora, han venido ampliándose en el campo de la genética, la bioquímica, la biología molecular y la biotecnología, ante la necesidad actual de estudios más precisos e integrativos que permitan conocer de mejor manera, los recursos algales del país. Así, un catálogo que recopile y actualice la información ficológica con respecto a los usos y/o aplicaciones, es una tarea indispensable. Se da a conocer el primer catálogo sobre los usos y/o aplicaciones de las algas en México que incorpora nomenclatura, sinonimia, nombres comunes, distribución geográfica y hábitat, tanto de sistemas marinos, como de cuerpos acuáticos continentales. Con base en 52 publicaciones originales, del periodo 1985-2014, se construyó un banco de datos con 549 registros. La nomenclatura fue actualizada con la

base de datos de Algaebase. El catálogo contiene una sinopsis detallada sobre los usos y/o aplicaciones que las algas han tenido en la historia de México. Este compendio reúne especies nacionales que han sido investigadas principalmente en los campos de la farmacología, la medicina y los usos industriales; un análisis permite realizar sugerencias respecto a otras posibles aplicaciones y un apéndice que integra nombres vernáculos adjudicados a las algas sin ningún uso aparente, pero con importancia etnoficológica. El mayor porcentaje de las 179 especies reportadas en esta tesis corresponde a las algas rojas (36%), seguida de las algas pardas y las diatomeas (31%), las algas verdes (29%), las cianobacterias (3%) y los euglenoides y las caráceas (1%).

*Palabras clave:* aplicaciones , catálogos, etnoficología, nombres comunes, usos.

Estela Cuna Pérez. 2015.  
**Registro de cambios ambientales en  
 dos lagos de alta montaña en México con base  
 en sus algas modernas y fósiles**

**Tesis de Doctorado**

Posgrado en Ciencias Biológicas. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. 138 pp.

Debido a su posición geográfica –en un entorno de baja perturbación por actividad humana–, por ser ecosistemas muy sensibles a la perturbación producto de eventos naturales o de actividad antropogénica y a la factibilidad de obtener registros sedimentarios

continuos de alta resolución los lagos El Sol y La Luna son sitios idóneos para el estudio del impacto del cambio climático global en el centro de México. Este estudio engloba un registro de la dinámica de la comunidad fitoplanctónica moderna para

ambos lagos y el registro de la comunidad algal (diatomeas y palinomorfos algales) presente en los sedimentos, con el fin de documentar la respuesta de estos ecosistemas a los cambios ambientales, naturales y antropogénicos durante las últimas décadas/siglos. Se incluyó además el análisis de susceptibilidad magnética, de polen y partículas de carbón como evidencia de cambios a nivel regional. El estudio se realizó con muestreos mensuales de marzo-2000 a marzo-2001, y tres muestreos durante 2010. Se tomaron muestras de columna de agua (tres profundidades) y se midieron los parámetros físico-químicos de campo (temperatura, oxígeno disuelto, % de saturación de oxígeno, pH, conductividad y transparencia) y se determinaron en laboratorio los nutrientes, clorofila-a y en 2010 también los iones mayores. Se colectaron dos núcleos cortos en el 2003 (45 cm en El Sol y 60 cm en La Luna) y sedimentos superficiales en 2003 y 2010. Los núcleos se dataron mediante  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{14}\text{C}$ , obteniéndose una edad para la muestra más antigua de 250 d. C. en El Sol y 1250 d. C. en La Luna. La descripción y conteo absoluto de los taxones se realizó siguiendo las técnicas específicas para cada tipo de estudio (fitoplancton y diatomeas sedimentarias). Se incluyó información proporcionada por la Dra. Edyta Zawisza sobre los cladóceros presentes en las muestras analizadas.

Con base en este estudio las condiciones actuales de estos lagos son: 1) El Sol tiene valores mayores en pH (>6), concentraciones de nutrientes, biomasa y riqueza específica que La Luna; 2) estos parámetros definen a El Sol como un sistema oligotrófico mientras que La Luna es ultraoligotrófico; 3) las dinofíceas, especies mixotróficas, predominaron en La Luna debido a sus ventajas competitivas en las condiciones ultraoligotróficas de este lago y en El Sol la mayor biomasa estuvo dada por las clorofitas principalmente clorococales; 4) en ambos lagos existen señales de un aumento reciente (2000-2010) de pH y de concentración de fósforo; 5) en ambos lagos se registra un cambio reciente (2000-2010) en las especies de algas, evidenciando una tendencia hacia condiciones oligotróficas en La Luna y mesotróficas en El Sol.

Los sedimentos de ambos lagos dieron un registro confiable de alta resolución (cada muestra representa 42 años en El Sol y 14 años en La Luna) de los cambios ambientales y climáticos ocurridos durante los últimos 1,800 años. Ambos lagos son ecosistemas sensibles que respondieron rápidamente a los cambios climáticos; sin embargo La Luna tuvo una resolución temporal y una respuesta más clara que El Sol a los cambios ambientales (variaciones en pH, nutrientes, nivel de agua, temperatura) probablemente como resultados de sus dimensiones menores, valores de pH más bajos y condiciones de ultraoligotrofia.

En El Sol se identifican dos etapas que se interpretan como de pH menos ácido: 1) al inicio del registro (100-750 d. C.), cuando además hay evidencias de niveles lacustres bajos, que correlacionan con el periodo que se conoce como la "sequía Maya" y 2) después de 1900 d. C., como resultado de la introducción de trucha y asociado con la tendencia actual hacia el calentamiento, tendencia que continúa en los muestreos modernos, con un incremento notable en 2010 de su estado trófico.

En La Luna los ensamblajes biológicos mostraron cambios rápidos durante la Pequeña Edad de Hielo, que delimitan su inicio en 1360 d. C. y la etapa de máximo enfriamiento asociado con niveles lacustres bajos (aridez) entre 1660-1770 d. C., durante el mínimo de Mounder. Una tendencia hacia climas menos fríos pero todavía secos entre 1760 y 1910 d. C., que se identifica en La Luna como una etapa de pH más elevado. Desde 1910 La Luna ha permanecido relativamente estable. Esto permite postular la idea de que en la actualidad el lago La Luna presenta condiciones poco alteradas por el impacto humano moderno, aunque muestra tendencias recientes hacia un incremento en el pH.

*Palabras clave: cambios climáticos, Lago El Sol, Lago La Luna, lagos de montaña, paleolimnología*

**Textos completos disponibles en la Dirección General de Bibliotecas, UNAM / TesisUNAM: <http://tesis.unam.mx/F>**

## FICOWEB

Una sección sobre páginas web de interés para ficólogos.

Compilación de Claudia Pedraza

Sitios dedicados al conocimiento y difusión sobre Rhodophyta: Bases de datos, imágenes, descripciones, catálogos, etc.

**The Seaweed Site: information on marine algae**

<http://www.seaweed.ie/algae/rhodophyta.php>

**Introduction to the Rhodophyta. The red "algae"**

<http://www.ucmp.berkeley.edu/protista/rhodophyta.html>

**Ohio University – Algae Home Page**

<https://www.ohio.edu/plantbio/vislab/algaeimage/Rhodophyta.htm>

**Home of fossil coralline algae**

<http://paleoweb.net/algae/>

**Tree of life project**

<http://tolweb.org/>

**Algae Resource Database**

<http://www.shigen.nig.ac.jp/algae/top.jsp>

**Encyclopedia of Life**

<http://eol.org/>

**DBpedia**

[http://dbpedia.org/page/Red\\_algae](http://dbpedia.org/page/Red_algae)

**Galapagos Species Checklist**

<http://www.darwinfoundation.org/datazone/checklists/algae/rhodophyta/>

**Phycoweb - MARINE PLANTS OF MADANG - RED ALGAE**

<http://phycoweb.net/databases/madang/query.php?phylum=Rhodophyta>

**Seaweeds of Kamakura - Marine Red Algae of Kamakura**

[http://www.kahaku.go.jp/research/db/botany/seaweeds\\_kamakura/English/kousou.html](http://www.kahaku.go.jp/research/db/botany/seaweeds_kamakura/English/kousou.html)

**PhyLoTA Browser (Phylogenetic sequence data)**

<http://phylota.net/cgi-bin/pb.cgi>

**AlgaeVision**

<http://www.nhm.ac.uk/research-curation/scientific-resources/biodiversity/uk-biodiversity/algaevision/database/search.jsp>

**AlgaTerra**

<http://www.algaterra.org/ATDB/default.cfm>



### FOTOS DE LA PORTADA

1) *Lagerhemia longiseta* (Lemmerman) Wille, 2) *L. subsalsa* Lemmerman, 3) *L. ciliata* (Lagerheim) Chodat. Cantera Oriente, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, CU, UNAM, México, D.F. Fotos E. Novelo

*Cymbella*. Revista de investigación y difusión sobre algas. Vol. 1, Num 2, agosto de 2015, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, México D.F. a través del Laboratorio de Algas Continentales. Ecología y Taxonomía de la Facultad de Ciencias, Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, México, D.F. Tel. (55) 56225430, <http://cymbella.mx/>, [enm@ciencias.unam.mx](mailto:enm@ciencias.unam.mx). Editor responsable: Dr. Eberto Novelo Maldonado. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: en trámite. ISSN: en trámite. Responsable de la última actualización de este número, Laboratorio de Algas Continentales. Ecología y Taxonomía de la Facultad de Ciencias, Dr. Eberto Novelo Maldonado, Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, De. Coyoacán, C.P. 04510, México, D.F., fecha de la última modificación, 4 de noviembre de 2015.

Los artículos firmados son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la opinión de los Editores ni de la Sociedad Mexicana de Ficología. El material publicado puede reproducirse total o parcialmente siempre y cuando exista una autorización de los autores y se mencione la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.