

Taxonomía y sistemática

Cianoprocariontes y microalgas de dos lagunas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México

Cyanoprokaryota and microalgae from two lakes of the Pantanos de Centla Biosphere Reserve, Tabasco, Mexico

César Lobato y Eberto Novelo *

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Comparada, Laboratorio de Algas Continentales, Ecología y Taxonomía, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México

*Autor para correspondencia: enm@ciencias.unam.mx (E. Novelo)

Recibido: 10 junio 2022; aceptado: 13 octubre 2022

Resumen

En Tabasco se han reconocido 699 taxones algales dulceacuícolas, cifra que consideramos baja, dado que resguarda el mayor número de cuerpos de agua dulce del país y alberga la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC), el humedal tropical más extenso, que por su compleja hidrología y biodiversidad es uno de los sitios más importantes de su tipo en Mesoamérica. El objetivo central de este estudio consistió en registrar y documentar las especies fitoplanctónicas de las lagunas El Viento y San Pedrito, localizadas al interior de la RBPC, durante 2 períodos, lluvias de norte (noviembre 2016) y secas (febrero 2017). Se documentaron 67 especies, 4 de ellas se registran para México por primera vez y 18 para la entidad. El 67% se presentan en sistemas acuáticos eutrofizados, con una forma de vida típicamente planctónica (73%). La cantidad y variedad de cuerpos acuáticos en la entidad, la ubicación de la RBPC y la influencia de la región hidrológica Grijalva-Usumacinta, hacen notable la gran diversidad de algas y de procariontes fotoautotróficos (Cyanoprokaryota).

Palabras clave: Biodiversidad algal; Bacillariophyta; Chlorophyta; Cyanoprokaryota; Eutrofización; Ficoflorística; Humedales tropicales

Abstract

In Tabasco, 699 freshwater algal taxa have been recognized, a number that we consider low, given that it protects the most significant number of water bodies in the country and, where the Pantanos de Centla Biosphere Reserve (RBPC) is located, the largest tropical wetland in the region, which due to its complex hydrology and biodiversity is one of the most important sites of Mesoamerica. The main objective of this study was to record and document

phytoplankton species in El Viento and San Pedrito lagoons, located inside the RBPC, during 2 periods, northern rains (November 2016) and dry (February 2017). Sixty-seven species were documented, 4 of them recorded for Mexico for the first time, and 17 for the state: 67% occur in eutrophicated aquatic systems, with a typically planktonic life form (73%). The quantity and variety of aquatic bodies in the state, the location of the RBPC and the influence of the Grijalva-Usumacinta hydrological region, make remarkable the great diversity of algae and of photoautotrophic prokaryotes (Cyanoprokaryota).

Keywords: Algal biodiversity; Bacillariophyta; Chlorophyta; Cyanoprokariota; Eutrophication; Phycofloristic; Tropical wetlands

Introducción

El fitoplancton agrupa un conjunto heterogéneo de organismos fototróficos, tanto procariontes como eucariontes, suspendidos en la columna de agua de ambientes limnéticos y oceánicos, base primaria de las redes tróficas, siendo la mayor fuente de energía en forma de carbono orgánico de los organismos heterótrofos (Reynolds, 2006, Sieburth et al., 1978). Responsable de casi la mitad de la productividad primaria global, participante clave en la composición de la atmósfera, el balance de calor en el planeta y los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno, fósforo, sílice y carbono (Litchman et al., 2015; Morris, 1980). Algunos grupos fitoplanctónicos son utilizados como indicadores de la calidad del agua, capaces de generar floraciones de algas nocivas (FAN), que producen intoxicaciones a lo largo de las redes tróficas, afectando a otras microalgas, zooplancton, peces y especies de mayores tallas, como aves, mamíferos e incluso al hombre (Amengual-Morro et al., 2012; Benayache et al., 2019; Derot et al., 2020; Zingone y Wyatt, 2003).

En México se han registrado 5,366 algas dulceacuícolas. Para el estado de Tabasco, se reconocen 699 taxones, de los cuales 640 son organismos planctónicos (Novelo y Tavera, 2022). Los estudios de floras ficológicas continentales con los que cuenta la entidad son: Agredano (2019), Cruz-Rosado (2006, 2012), Esqueda-Lara et al. (2016), Lobato-Benítez (2020), López-Hernández et al. (2007), Mireles-Vázquez (2019), Moreno-Ruiz (2005); Osorio-Sánchez y López-Pérez (2005), Pedraza (2020) y Quiroz-González y Rivas-Acuña (2017).

La entidad se encuentra en el sureste de México, zona con balance hidrológico positivo y con una de las redes hidrográficas más complejas del país constituida por una diversidad de ambientes acuáticos, como estanques, lagunas temporales, permanentes y urbanas, que integran sistemas lagunares, llanuras deltaicas, esteros, pantanos y marismas, influenciados principalmente por los caudales de los ríos Grijalva y Usumacinta (Alcocer y Bernal-Brooks, 2010; INEGI, 2017; Rodríguez, 2002). La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) ocupa

12% del territorio tabasqueño, con 94% de la superficie protegida del estado, y en su interior se encuentran humedales de tipo marino-costeros y de aguas interiores, alberga una diversidad biológica representativa de los humedales tropicales de Mesoamérica (Barba-Macías et al., 2006; Sánchez y Barba, 2005). Con lo que respecta a sus componentes fotoautótrofos, comenzando por su flora vascular, se han realizado inventarios documentándose 813 especies. Se ha reconocido que el registro aún se encuentra incompleto por múltiples factores, entre los que se encuentran la dispersión, estandarización y actualización de la información existente, aunado a la falta de estudios que permitan estudiar la dinámica de la comunidad a lo largo del tiempo, sin considerar las modificaciones que han sufrido estos ecosistemas, ya sea por la introducción de especies exóticas o actividades humanas, como la agricultura y ganadería (López-Jiménez et al., 2020). En el caso de las algas dulceacuícolas, la información en la entidad es escasa e incompleta, dado que existe el registro de no más de 10 publicaciones donde predomina el listado de nombres a nivel genérico, carentes de descripciones formales de especies, ilustraciones o fotografías. Por tanto, se vuelve una tarea necesaria el reconocer la biodiversidad ficológica, por lo que el trabajo taxonómico es crucial, ya que como señaló Linneo, si uno no conoce el nombre de las cosas, todo el conocimiento relacionado con ellas está perdido (Knapp, 2015).

El objetivo de este estudio fue documentar la composición ficológica de cianoprocariontes y microalgas planctónicas presentes durante lluvias de norte (noviembre, 2016) y secas (febrero, 2017), en las lagunas de San Pedrito y El Viento, pertenecientes a la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México.

Materiales y métodos

La RBPC se localiza al noreste de Tabasco (18°27'-18°07' N, 92°39'-92°22' O), y se encuentra catalogada para México como una región terrestre prioritaria (RTP 144), un área natural protegida (ANP) por competencia federal y a nivel internacional, a través del programa Hombre y la

Biosfera recibe la denominación de Reserva de la Biosfera, además de ser reconocida como un sitio relevante para su conservación por parte de los Humedales de América del Norte y los de importancia internacional (Barba-Macías et al., 2018; INEGI, 2017; RSIS 2001). Tiene una extensión de 3,027.06 km² distribuidos en los municipios de Centla (2,251.08 km²), Jonuta (656.51 km²) y Macuspana (62.8 km²). Los climas que se registran corresponden a cálido subhúmedo y a cálido húmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual que varía entre 25.4 y 26.5 °C y una precipitación media anual que oscila entre 1,422.9 y 1,800.6 mm; con una topografía plana y una altitud entre 0 a 7 m snm (INE, 2000; Novelo-Retana, 2006). Además, con 3 temporadas climáticas al año: secas, lluvias y nortes (Sánchez et al., 2007).

Al interior de la reserva se localizan 110 ecosistemas acuáticos permanentes y temporales, donde se encuentran lagunas salobres, estuarios, manglares, marismas inundadas estacionalmente, pantanos de agua dulce y tierras agrícolas, el pantano de agua dulce permanentemente inundado es el tipo de humedal más frecuente (Barba-Macías et al., 2018; INE, 2000; RSIS, 2001). Las lagunas El Viento y San Pedrito son 2 de las 11 lagunas interiores con áreas mayores a 15 km², son de importancia por ser vasos naturales reguladores de las inundaciones, sus paisajes, e importantes para actividades económicas como la pesca (Rodríguez, 2002; RSIS, 2001).

La laguna de San Pedrito (18°21' N, 92°34' O), tiene una superficie de 13.602 km², con una línea de costa de 17.8 km, una longitud máxima de 5.2 km, un ancho máximo de 3.9 km y la proporción largo-ancho de 1.3. Se comunica mediante 3 pequeños afluentes con el río San Pedrito, es de forma irregular y semidendrítica, de origen deltaico y tiene facies hidrófitas como vegetación aledaña. Tiene mezcla completa todo el año (Rodríguez, 2002).

La laguna El Viento (18°14' N, 92°38' O) es un sistema lagunar permanente, presenta una superficie de 16.976 km², línea de costa de 20.6 km, longitud máxima de 6.6 km, anchura máxima de 3.9 km y proporción largo/ancho de 1.67. Es de forma ligeramente ovalada, sus afluentes son los ríos Bitzal, Hormiguero y Grijalva, tiene 3 islas fluviales y facies hidrófitas como vegetación aledaña. Según Rodríguez (2002), tiene mezcla durante todo el año.

En este estudio se realizaron 2 muestreos de fitoplancton, uno durante lluvias de norte (finales de noviembre, 2016) y el segundo durante secas (finales de febrero, 2017). El diseño del muestreo incluyó en la laguna San Pedrito, 2 sitios de colecta, el primero el centro geográfico de la laguna y el segundo cerca de su efluente (aledaño al río Grijalva). Mientras que en la laguna El Viento, se recolectó en 3 sitios, iniciando por el centro geográfico del cuerpo de agua, el segundo próximo al litoral y el tercero cercano a

su efluente (aledaño al río Grijalva) (fig. 1). En cada punto se realizó la concentración de material fitoplanctónico con una red de plancton de apertura de malla de 10 µm, a partir de 100 litros de agua, obtenidos a 0.3 m de profundidad, también se registraron los valores de pH, temperatura, clorofila *a*, oxígeno disuelto, conductividad y turbidez obtenidos por una sonda multiparamétrica Hydrolab DS5 66288. De cada punto se obtuvieron 2 frascos de 30 mL, los cuales fueron preservados con formol al 3%. Ambos fueron depositados en la colección "Ficoflora de aguas continentales de México: algas de Tabasco" del Herbario de la Facultad de Ciencias (FCME), de la Universidad Nacional Autónoma de México.

En el laboratorio se hicieron preparaciones semi-permanentes con gelatina glicerizada (González-González y Novelo, 1986); se realizó la limpieza, digestión ácida y el montaje en resina Naphrax de las diatomeas, según la técnica descrita por Johansen et al. (1983).

Las preparaciones se analizaron mediante microscopía fotónica, con un equipo Nikon Optiphot, con los objetivos 40X y 100X, obteniéndose un registro fotográfico con una cámara fotográfica Nikon Coolpix S10. Las microfotografías fueron editadas para hacer homogéneo el brillo y el contraste con Adobe Photoshop 23.31.

Para la identificación de las especies se utilizó la siguiente bibliografía: Bicudo y Menezes (2006), Bourrelly (1970), Ciugulea y Triemer (2010), Comas (1996, 2009), Croasdale et al. (1983), González e Inostrosa (2017), González-Guerrero (1941), Huber-Pestalozzi (1955), John et al. (2002), Komárek (2013), Komárek y Anagnostidis (1999, 2005), Komárek y Fott (1983), Krammer y Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, b), Lange-Bertalot (2001), Parra et al. (1982a, b, 1983), Rivera et al. (1982), Round et al. (2000), Sant'Anna (1984), Sant'Anna et al. (2004, 2012) y Tomas (1997).

La información nomenclatural y de distribución fue complementada con las bases de datos AlgaeBase, CyanoDB.cz 2.0, Diatoms of North America y bdLACET (Guiry y Guiry, 2022; Hauer y Komárek, 2022; Novelo y Tavera, 2022; Spaulding et al., 2021). Las especies obtenidas se enmarcaron bajo esquemas filogenéticos recientes (Bicudo y Menezes, 2016; Komárek et al., 2014; Leliaert et al., 2012; Medlin y Kaczmarek, 2004).

Resultados

La información abiótica registrada durante ambas estaciones para El Viento y San Pedrito se presenta en la tabla 1. Se determinaron 67 taxones (tabla 2) de las divisiones Cyanoprokaryota (21), Euglenozoa (3), Bacillariophyta (15), Chlorophyta (23) y Charophyta (5). De éstas, 38 especies se encuentran en ambas lagunas, 26

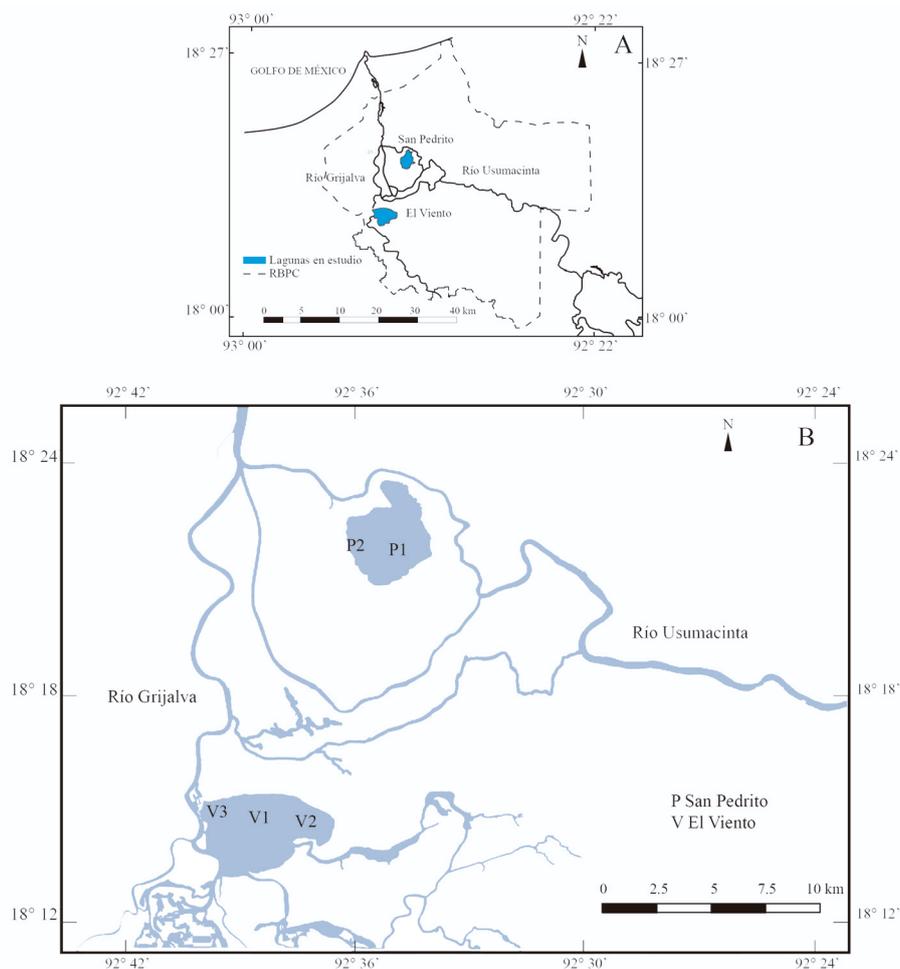


Figura 1. Zona de estudio. A) Polígono del Área Natural Protegida 30. Sitio RAMSAR 733. Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC); B) área de estudio: lagunas San Pedro (P1 y P2) y El Viento (V1, V2, V3).

exclusivamente en laguna El Viento y 4 en San Pedro. Del total, 82.3% se han registrado en alguna entidad colindante al golfo de México y 55.8% en el territorio tabasqueño.

Durante la estación de lluvias de nortes, 18 especies se registraron exclusivamente en esta temporada. En la laguna San Pedro, la abundancia florística relativa estuvo dominada por Cyanoprokaryota (53.27%) y Chlorophyta (45.75%), con una escasa presencia de Bacillariophyta (0.59%), Euglenozoa (0.29%) y Charophyta (0.10%), el mayor número de especies se registró en los sitios P1 y P2 (14 en ambos sitios). En el caso de la laguna El Viento se registró una mayor presencia de Cyanoprokaryota (63.23%), seguido de Chlorophyta (21.72%) y Bacillariophyta (13.32%) y en menor proporción de Charophyta (0.91%) y Euglenozoa (0.80%).

Para la temporada de secas solo 3 especies se registraron exclusivamente durante esta época. En la

laguna de San Pedro la tendencia anterior se mantuvo con Cyanoprokaryota (54.31%) y Chlorophyta (45.61%), no obstante, disminuyó la presencia de Bacillariophyta (0.08%) y no se encontraron Euglenozoa ni Charophyta. En el caso de la laguna El Viento, se incrementó la presencia de Chlorophyta (47.81%) mientras que los otros grupos decrecieron: Cyanoprokaryota (43.81%), Bacillariophyta (7.14%), Euglenozoa (0.71%) y Charophyta (0.52%). En este periodo de secas el mayor registro de especies se obtuvo en la laguna El Viento (24 especies).

No se identificaron a nivel de especie algunos ejemplares de los géneros *Anabaenopsis*, *Centritractus*, *Cocconeis*, *Cylindrospermum*, *Euglena*, *Eutetramorus*, *Peridinium*, *Pinnularia*, *Punctastriata*, *Sellaphora* y *Sphaerocystis*, principalmente, por no presentar todos los caracteres diagnósticos necesarios para ello o por tratarse de ejemplares incompletos.

Tabla 1

Variables ambientales obtenidas en la laguna San Pedrito (P1 y P2) y El Viento (V1, V2, V3), Tabasco.

Estación	T° C	DO (mg/L)	% DO	pH	Conductividad (µS/cm)	Turbidez (NTU)	Clorofila <i>a</i> (µg/L)
Noviembre 2016 (época de lluvias de norte)							
P1	27.2	7.7	116.4	8.1	453	16.1	1.4
P2	27.1	7.7	116.5	8.1	453	16.4	1.4
V1	26.3	2.5	37.1	7.2	419	3.9	2.1
V2	27.2	6.7	104.1	7.7	414	5.2	2.8
V3	26.7	3.7	54.7	7.2	413	10.6	2.7
Febrero 2017 (época de secas)							
P1	30.6	7.1	114.8	8.2	5,259	4.0	0.9
P2	28.2	7.2	112.1	8.1	5,622	10.4	1.2
V1	28.0	6.9	105.5	8.1	875	5.5	2.6
V2	29.1	7.2	112.9	8.4	628	8.2	3.1
V3	29.3	6.5	102.3	7.9	655	5.5	1.6

Los nuevos registros para México son: *Coelosphaerium aerugineum*, *Kamptonema cortianum*, *Microcoleus amoenus* y *Cosmarium vogesiacum* var. *bipunctatum*. Las especies registradas por primera vez en la entidad son *Synechococcus epigloeicus*, *Woronichinia microcystoides*, *Johanseninema constrictum*, *Phormidium chalybeum*, *Raphidiopsis raciborskii*, *Aulacoseira ambigua*, *A. muzzanensis*, *Eunotia minor*, *Iconella tenera*, *Scenedesmus ecornis*, *Ankistrodesmus fusiformis*, *Raphidocelis arcuata*, *Oocystis lacustris*, *Tetrachlorella alternans*, *Closterium acutum*, *C. venus* y *Sphaerosoma laeve*. Tres taxones típicamente marinos se presentaron con densidades muy bajas: *Actinoptychus splendens*, *Gyrosigma macrum* y *Plagiotropis lepidoptera* var. *proboscidea*.

A continuación, se presentan las descripciones sucintas de esas especies, las referencias de herbario, su distribución y afinidades ecológicas. Todos los nuevos registros para Tabasco y para México se ilustran en las figuras 2, 3.

Nuevos registros para México

Cyanoprokaryota Komárek 1996

Coelosphaerium aerugineum Lemmermann 1898 (fig. 2a)

Colonias esféricas a ligeramente irregulares, de 15.1-18.4 µm de diámetro, con una capa de mucilago hialino homogéneo que rodea a las células; éstas son esféricas, muy próximas entre sí, verde oliva a verde azul brillante, sin aerotopos y con algunas granulaciones al interior. Las células miden de 1.9-2.6 (-3.3) µm de diámetro.

Herbario: TabCen049, TabCen050, TabCen078.

Distribución: Bulgaria, República Checa, Rusia, Argentina, Cuba y EUA. En ambientes mesotróficos a ligeramente eutróficos, en estanques y lagunas. Forma de vida planctónica, nunca en masas.

Kamptonema cortianum (Meneghini ex Gomont) Strunecký, Komárek et Smarda 2014 (fig. 2b)

Tricomas solitarios, rectos, ligeramente curvados en la parte terminal; constreñidos en los septos, sin vainas visibles. Células isodiamétricas, más largas que anchas (7.2-8.5 µm de largo, y 3.3-4.6 µm de diámetro), con contenido celular verde azulado, ligeramente granulado, usualmente con gránulos de cianoficina. Las células apicales ligeramente curvas.

Herbario: TabCen048, TabCen049, TabCen051, TabCen078.

Distribución: Croacia, Eslovaquia, España, Gran Bretaña, Grecia, Hungría, República Checa, Rumania, Rusia, Turquía. Bangladesh, China, Filipinas, India, Iraq, Israel, Japón, Tayikistán. Ghana, Nigeria, Sudáfrica, Nueva Zelanda y EUA. En ambientes como manantiales termales y minerales, ríos y lagunas. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres. Forma de vida epilítica, planctónica y subaerofítica.

Microcoleus amoenus (Gomont) Strunecký, Komárek et Johansen 2013 (fig. 2c)

Tricomas uniseriados, rectos, ligeramente constreñidos en los septos, con extremos atenuados, capitados, sin vaina individual visible. Contenido celular verde azulado, homogéneo. Células isodiamétricas (3.3-3.9 µm de largo,

Tabla 2

Especies de cianoprocariontes y algas planctónicas de las lagunas San Pedrito y El Viento, en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, durante lluvias de norte (noviembre, 2016) y secas (febrero, 2017). (*) Nuevo registro para México, (+) nuevo registro para Tabasco en aguas continentales, (-) especie presente en ambientes eutróficos.

Cyanoprokaryota Komárek 1996

(-) *Aphanocapsa delicatissima* West et West 1912
 (*-/-) *Coelosphaerium aerugineum* Lemmermann 1898
 (-) *Cyanocatena planctonica* Hindák 1975
 (-) *Dolichospermum flosaquae* (Brébisson ex Bornet y Flahault) Wacklin et al. 2009
 (*) *Kamptonema cortianum* (Meneghini ex Gomont) Strunecký et al. 2014
 (+) *Johanseninema constrictum* (Szafer) Hasler et al. 2014
 (-) *Limnococcus limneticus* (Lemmermann) Komárková et al. 2010
 (-) *Merismopedia glauca* (Ehrenberg) Kützing 1845
 (-) *M. tenuissima* Lemmermann 1898
 (*) *Microcoleus amoenus* (Gomont) Strunecky et al. 2013
 (-) *Microcystis wesenbergii* (Komárek) Komárek ex Komárek et Joosen 2010
 (+/-) *Phormidium chalybeum* (Mertens ex Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988
Planktolingbya contorta (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek 1988
 (-) *Raphidiopsis philippinensis* (Taylor) Aguilera et al. 2018
 (+/-) *R. raciborskii* (Woloszynska) Aguilera et al. 2018
 (-) *Snowella atomus* Komárek et Hindák 1988
 (+/-) *Synechococcus epigloeicus* Hindák 1996
S. nidulans (Pringsheim) Komárek 1970
 (-) *Synechocystis aquatilis* Sauvageau 1892
S. minuscula Woronichin 1926
 (+/-) *Woronichinia microcystoides* (Komárek) Joosten 2006
 Euglenophyceae Schoenichen et Eyferth 1925
 (-) *Lepocinclis acus* (Müller) Marin et Melkonian 2003
 (-) *Phacus curvicauda* Svirenko 1915
 (-) *Strombomonas globulosa* Conforti et Joo 1994
 Bacillariophyta Karsten 1928
 (+) *Actinoptychus splendens* (Shadbolt) Ralfs 1861
 (+/-) *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen 1979
 (+/-) *A. muzzanensis* (Meister) Krammer 1991
Craticula ambigua (Ehrenberg) Mann 1990
 (-) *Cyclotella meneghiniana* Kützing 1844

Tabla 2. Continúa

(+/-) *Eunotia minor* (Kützing) Grunow 1881
 (-) *Gomphonema affine* Kützing 1844
 (-) *G. gracile* Ehrenberg 1838
 (-) *Gyrosigma acuminatum* (Kützing) Rabenhorst 1853
G. macrum (Smith) Griffith et Henfrey 1856
 (-) *Iconella linearis* (Smith) Ruck et Nakov 2016
 (+/-) *I. tenera* (Gregory) Ruck et Nakov 2016
 (+) *Plagiotropis lepidoptera* var. *proboscidea* (Cleve) Reimer 1975
 (-) *Staurosira construens* Ehrenberg 1843
 (-) *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère 2001
 Chlorophyta Reichenbach 1834
 (-) *Actinastrum hantzschii* Lagerheim 1882
 (+/-) *Ankistrodesmus fusiformis* Corda 1838
 (-) *Coelastrum astroideum* De Notaris 1867
 (-) *C. indicum* Turner 1892
 (-) *C. sphaericum* Nägeli 1849
 (-) *Crucigenia tetrapedia* (Kirchner) Kuntze 1898
 (-) *Desmodesmus communis* (Hegewald) Hegewald 2000
 (-) *D. lefevrei* (Deflandre) An et al. 1999
 (-) *D. pseudodenticulatus* (Hegewald) Hegewald 2000
 (-) *Hindakia tetrachotoma* (Printz) Bock et al. 2010
 (-) *Kirchneriella lunaris* (Kirchner) Möbius 1894
 (-) *Monactinus simplex* (Meyen) Corda 1839
 (-) *M. simplex* var. *echinulatum* (Wittrock) Pérez et al. 2009
 (-) *Mucidosphaerium pulchellum* (Wood) Bock et al. 2011
 (+/-) *Oocystis lacustris* Chodat 1897
 (+/-) *Raphidocelis arcuata* (Smith) Marvan et al. 1984
 (+/-) *Scenedesmus ecornis* (Ehrenberg) Chodat 1926
 (-) *Stauridium tetras* Hegewald 2005
 (+/-) *Tetrachlorella alternans* (Smith) Korshikov 1939
 (-) *Tetradesmus dimorphus* (Turpin) Wynne 2016
T. incrassatulus (Bohlin) Wynne 2016
 (-) *Tetrastrum heteracanthum* (Nordstedt) Chodat 1895
 (-) *Willea rectangularis* (Braun) John et al. 2014
 Charophyta Migula 1889
 (+/-) *Closterium acutum* Brébisson 1848
 (+) *C. venus* Kützing ex Ralfs 1848
 (*) *Cosmarium vogesiacum* var. *bipunctatum* (Børgesen) Förster 1981
 (+) *Sphaerosoma laeve* (Nordstedt) Thomasson 1957
 (-) *Staurastrum tetracerum* Ralfs 1848



Figura 2. Nuevos registros para México. a) *Coelosphaerium aerugineum*, b) *Kamptonema cortianum*, c) *Microcoleus amoenus*, d) *Cosmarium vogesiacum* var. *bipunctatum*. Escala = 10 μm .

y 2.6-3.3 μm de diámetro). Células apicales atenuadas, capitadas.

Herbario: TabCen049, TabCen052.

Distribución: Alemania, Bulgaria, Escandinavia, Eslovaquia, España, Francia, Reino Unido, Grecia, Hungría, Irlanda, Lituania, Países Bajos, República Checa, Rumania, Rusia, Suecia, Turquía. Bangladesh, China, Corea, India, Iraq, Israel, Japón, Pakistán, Tayikistán. Sudán. Australia, Nueva Zelanda. Antártida, Argentina, Brasil, Canadá, Chile y EUA. En ambientes como canales, estanques, lagos, lagunas, pantanos, paredes húmedas, reservorios, ríos, zanjas, en sedimentos y barro muy húmedo. Forma de vida edáfica, epilítica, epipélica, perifítica, planctónica y subaerofítica.

Charophyta Mígula 1889

Cosmarium vogesiacum var. *bipunctatum* (Børgesen) Förster 1981 (fig. 2d)

Células solitarias de 16.5-19.8 μm de largo, 15.1-18.4 μm de diámetro, con un istmo de 5.2-6.6 μm , seno linear pronunciado. Semicélulas reniformes a ligeramente trapezoidales, con márgenes laterales convexos y márgenes apicales truncados, con un cloroplasto central y un pirenoide.

Herbario: TabCen049, TabCen050, TabCen077.

Distribución: Alemania, Bulgaria, España, Francia, Gran Bretaña, Portugal, Rusia, Serbia, Ucrania, China, Japón, India, Tayikistán, Ghana, Sudán, Australia, Nueva Zelanda, Brasil y Canadá. En ambientes como arroyos. Forma de vida perifítica.

Nuevos registros para Tabasco

Cyanoprokaryota Komárek 1996

Synechococcus epigloeicus Hindák 1996 (fig. 3a)

Células agrupadas en grupos microscópicos de 4 a 8 células, generalmente en pares, cilíndricas con extremos redondeados, rectas, 1.3 μm de longitud por 0.6 μm de diámetro, verde azuladas con contenido homogéneo. Se encuentran generalmente sobre alguna superficie, como cristales o hasta colonias del género *Microcystis*.

Herbario: TabCen049, TabCen050, TabCen52, TabCen077.

Distribución: Europa y América. Para México en la Ciudad de México. En ambientes eutróficos, como lagos y ríos. Forma de vida planctónica, epigloeica en la superficie de una colonia de *Microcystis aeruginosa* y reófila.

Woronichinia microcystoides (Komárek) Joosten 2006 (fig. 3b)

Colonias ovales irregulares, de 5.9-6.3 μm de diámetro. Las células son ligeramente alargadas, ovaladas,

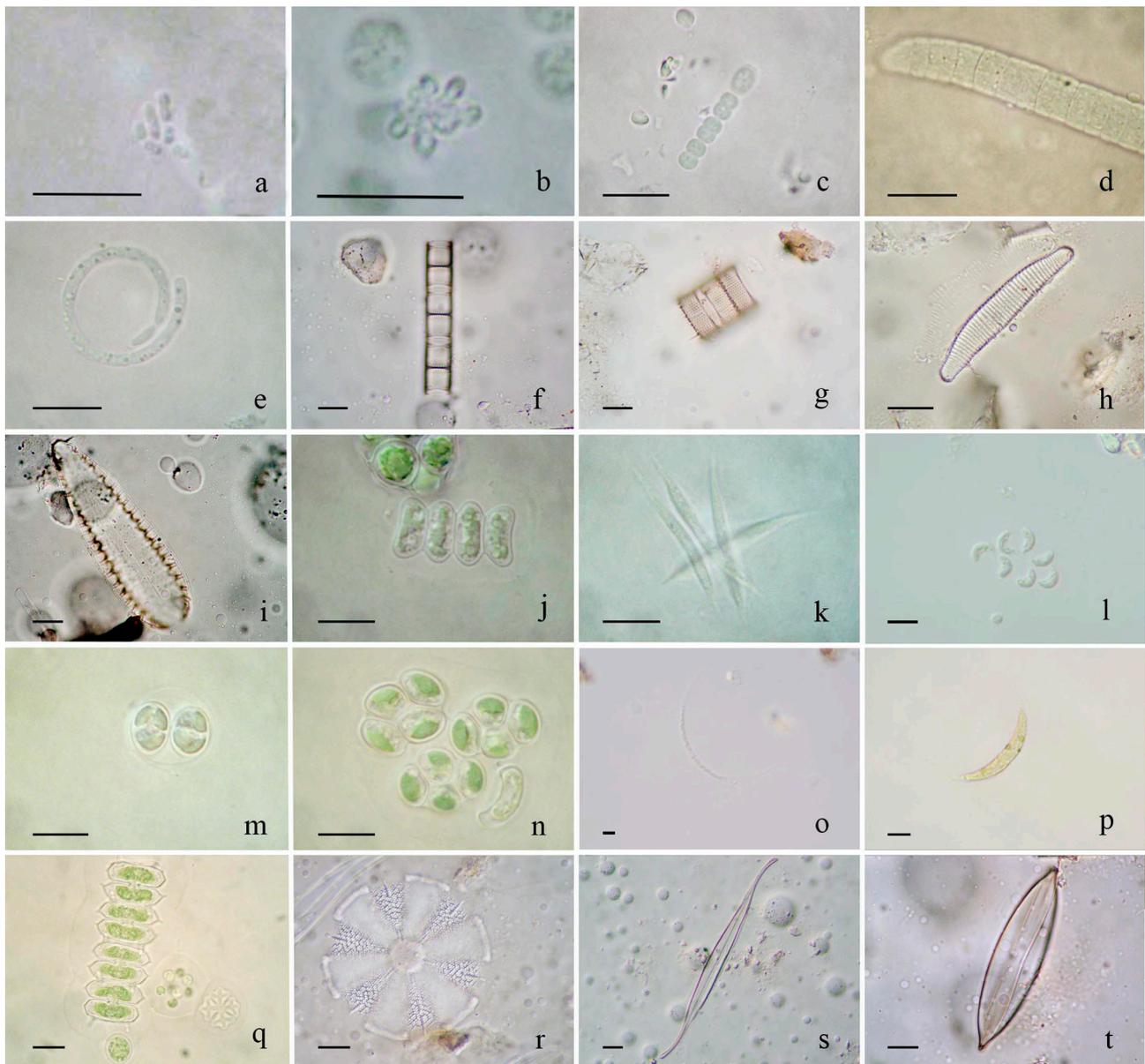


Figura 3. Nuevos registros para Tabasco y de ambientes marinos. a) *Synechococcus epigloeicus*, b) *Woronichinia microcystoides*, c) *Johanseninema constrictum*, d) *Phormidium chalybeum*, e) *Raphidiopsis raciborskii*, f) *Aulacoseira ambigua*, g) *A. muzzanensis*, h) *Eunotia minor*, i) *Iconella tenera*, j) *Scenedesmus ecornis*, k) *Ankistrodesmus fusiformis*, l) *Raphidocelis arcuata*, m) *Oocystis lacustris*, n) *Tetrachlorella alternans*, o) *Closterium acutum*, p) *Closterium venus*, q) *Sphaeroszoma laeve*, r) *Actinoptychus splendens*, s) *Gyrosigma macrum*, t) *Plagiotropis lepidoptera* var. *proboscidea*. Escala = 10 μ m.

de color verde azul, de 1.9-2.6 μ m de longitud y 0.6-1.3 μ m de diámetro, conectadas por un sistema de tallos mucilaginosos radiales.

Herbario: TabCen048, TabCen049, TabCen050, TabCen051, TabCen077, TabCen078, TabCen079.

Distribución: África, Oceanía y América. Para México en Hidalgo y Yucatán. En ambientes eutróficos

y alcalinos, cenotes, estanques, lagos, reservorios, con abundante vegetación acuática. Forma de vida metafítica y planctónica.

Johanseninema constrictum (Szafer) Hašler, Dvorák et Poulícková 2014 (fig. 3c)

Tricomassolitarios, rectos, evidentemente constreñidos, sin una cubierta mucilaginosa. Células verde-azul brillantes,

en forma de barril con extremos redondeados, constreñidas en la parte media, de 5.9-7.2 μm de largo, y 3.9-4.6 μm de diámetro, con contenido celular homogéneo, aunque en algunas células se observan gránulos oscuros. Célula apical en forma de cono redondeado.

Herbario: TabCen049.

Distribución: Europa, Asia, Oceanía y América. Para México en Estado de México, Michoacán y Quintana Roo. En ambientes como estanques, humedales, lagos, lagunas, manantiales de azufre, pantanos, ríos y zanjas de lodo, incluso en condiciones salobres. Forma de vida epipélica, metafitica, perifítica y planctónica.

Phormidium chalybeum (Mertens ex Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988 (fig. 3d)

Tricomas solitarios, rectos, constreñidos, ligeramente curvados en los polos; alargados, sin vainas. Células más largas que anchas (6.6-8.5 μm de longitud, y 6.6-7.9 μm de diámetro), contenido homogéneo, verde oliva a verde oscuro, finamente granulado. Células apicales obtusas a ligeramente curvadas, sin caliptra.

Herbario: TabCen048, TabCen049.

Distribución: Europa, Asia, África, Oceanía y América. Para México en Querétaro. En ambientes mesotróficos y contaminados, arroyos, estanques, fuentes termales, lagos, lagunas, manantiales, reservorios, ríos, sobre barro y rocas, así como en condiciones salobres. Forma de vida bentónica, epipélica, metafitica, perifítica y planctónica.

Raphidiopsis raciborskii (Woloszynska) Aguilera, Berrendero Gómez, Kastovsky, Echenique et Salerno 2018 (fig. 3e)

Tricomas cilíndricos, estrechándose hacia sus extremos, ligeramente doblados en espiral, constreñidos, siempre solitarios. Las células cilíndricas, 3.3-3.9 μm de longitud, 1.9-2.6 μm de diámetro, de color verde azul. Las células apicales son redondeadas. Los heterocitos siempre terminales, en forma de gota, con 5.2 μm de longitud. No se observaron acinetos.

Herbario: TabCen050, TabCen079.

Distribución: Europa, Asia, África, Oceanía y América. Para México, en Estado de México, Michoacán, Nayarit, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán. En ambientes mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos, canales, cenotes, ciénegas, estanques, humedales, lagos, reservorios y ríos. Forma de vida metafitica y planctónica.

Bacillariophyta Hustedt

Aulacoseira ambigua (Grunow) Simonsen 1979 (fig. 3f)

Cadenas conformadas entre 2 a 8 frústulas cilíndricas, cada una con un diámetro de (4.5) 7.2-10.5 (13.2) μm , y una longitud del manto de (5.2) 5.9-11.2 (11.8) μm . La cara valvar es plana a ligeramente convexa, mientras que el manto posee lados rectos. Las frústulas se encuentran

unidas por espinas de conexión cortas, que son de bifurcadas a triangulares. Las areolas del manto son redondas, de 17-19 en 10 μm .

Herbario: TabCen048, TabCen050, TabCen077, TabCen078, TabCen079, TabCen081.

Distribución: Europa, Asia, África, Oceanía y América. Para México en Estado de México, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro y Veracruz. En ambientes oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos, estanques, humedales, lagos, lagunas, pantanos, reservorios y ríos, e incluso se ha presentado en ambientes salobres. Forma de vida bentónica, epifítica, epilítica, epipsámica, fósil, perifítica y planctónica.

Aulacoseira muzzanensis (Meister) Krammer 1991 (fig. 3g)

Cadenas conformadas entre 2 a 3 frústulas cilíndricas, cada una con un diámetro de 16.5-17.1 μm , y una longitud del manto de 5.9-6.6 μm . La cara valvar es ligeramente convexa, mientras que el manto posee lados rectos. Las frústulas se encuentran unidas por espinas de conexión triangulares, que generalmente son cortas, aunque algunas son más largas (0.6-1.3 μm). Las areolas del manto son cuadradas, de 15-16 en 10 μm .

Herbario: TabCen048.

Distribución: Europa, Asia, Oceanía y América. Para México en Guanajuato y Veracruz. En ambientes eutróficos, estanques, lagos y ríos. Forma de vida bentónica, metafitica, perifítica, planctónica.

Eunotia minor (Kützing) Grunow 1881 (fig. 3h)

Frústulas isopolares. Valvas de 42.9-50.1 μm de longitud, por 6.6-8.5 μm de diámetro. Margen dorsal de casi recto a moderadamente cóncavo, mientras que el margen ventral es ligeramente arqueado hacia arriba, lo que produce un efecto de 2 jorobas más o menos curvas, en cada uno de los polos que son romos. Densidad de estrías de 10-14 en 10 μm .

Herbario: TabCen048, TabCen049, TabCen052.

Distribución: Europa, Asia, África, Oceanía y América. Para México en Baja California Sur, Ciudad de México, Estado de México, Quintana Roo, San Luis Potosí y Yucatán. En ambientes hipereutróficos, cenotes, humedales, lagos, lagunas, pozas de turbera, reservorios y ríos. Forma de vida bentónica, epifítica, epilítica, epipélica, fósil, metafitica, perifítica y planctónica.

Iconella tenera (Gregory) Ruck et Nakov 2016 (fig. 3i)

Frústulas heteropolares. Valvas lanceoladas, con ápices redondeados, mientras que las partes basales, son cuneiformes-redondeadas; de (59.4) 81.1-111.5 (118.1) μm de longitud, por (16.5) 17.1-27.7 (30.3) μm de diámetro. Área axial hialina amplia, cresta central dentada, carina alta fenestrada, fibulas rectas, marcadas sobre la superficie, de 2-4 en 10 μm . Estrías no visibles al microscopio óptico.

Herbario: TabCen048, TabCen049, TabCen050, TabCen051, TabCen052, TabCen077, TabCen078, TabCen079.

Distribución: Europa, Asia, África, Oceanía y América. Para México en Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Veracruz. En ambientes oligotróficos, mesotróficos y eutróficos, arroyos, canales, cenotes, charcos, estanques, humedales, lagos, manantiales, reservorios y ríos, así como en condiciones salobres. Forma de vida bentónica, edáfica, epifítica, epilítica, epipélica, epipsámica, metafítica, nerítica, perifítica, planctónica.

Chlorophyta Reichenbach

Scenedesmus ecornis (Ehrenberg) Chodat 1926 (fig. 3j)

Cenobios planos lineales constituidos por 4-8 células, con una pared lisa. Las células son elipsoidales a cilíndricas, con polos redondeados, 10.5-11.2 μm longitud, y 5.2-5.9 μm de diámetro, con un cloroplasto parietal y un pirenoide.

Herbario: TabCen048, TabCen049, TabCen077, TabCen078.

Distribución: Europa, Asia, África, Oceanía y América. Para México en Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Yucatán). En ambientes oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos, arroyos, canales, estanques, lagos, lagunas, pantanos, pozas de turbera, riachuelos y ríos, así como en condiciones salobres. Forma de vida epifítica, epilítica, epipélica, epipsámica, metafítica, perifítica, planctónica y subaerofítica.

Ankistrodesmus fusiformis Corda 1838 (fig. 3k)

Cenobios formados por 4 células dispuestas radialmente, cruzándose unas sobre otras, con mucilago hialino común, con células fusiformes, alargadas, ligeramente curvas, 34.9-35.6 μm de longitud, y 2.6-3.3 μm de diámetro, terminando con puntas acuminadas, con un cloroplasto parietal, sin pirenoides.

Herbario: TabCen048, TabCen049, TabCen050, TabCen052.

Distribución: Europa, Asia, Oceanía, América. Para México en Ciudad de México, Colima, Estado de México, Michoacán, Oaxaca, Veracruz, Yucatán. En ambientes oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos, arroyos, estanques, lagos, lagunas, pozas de turbera, reservorio y ríos. Forma de vida metafitítica, perifítica y planctónica.

Raphidocelis arcuata (Smith) Marvan, Komárek et Comas 1984 (fig. 3l)

Colonias cubiertas de mucilago delicuescente, compuestas por 4-8 células semilunadas, 9.9-10.5 μm de longitud, y 3.9-4.6 μm de diámetro, con los polos

redondeados, atenuados, sin un ordenamiento específico, con cloroplastos parietales sin pirenoides.

Herbario: TabCen052.

Distribución: Europa, Oceanía y América. Para México en Ciudad de México y Veracruz. En ambientes oligotróficos y eutróficos, humedales y lagos. Forma de vida metafitítica y planctónica.

Oocystis lacustris Chodat 1897 (fig. 3m)

Colonias formadas por 2-8 células dispuestas de manera irregular en una matriz mucilaginoso proveniente de los restos de las paredes maternas. Las células son elipsoidales, de (7.9) 8.5-9.2 (10.5) μm de longitud, y (5.2) 5.9-7.2 μm de diámetro, con polos muy agudos. Presentan de 1-4 cloroplastos parietales, con un pirenoide por plastidio.

Herbario: TabCen048, TabCen049, TabCen051, TabCen052, TabCen077, TabCen079.

Distribución: Europa, Asia, África, Oceanía y América. Para México en Campeche, Ciudad de México, Estado de México, Colima, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Puebla, Quintana Roo, Veracruz. En ambientes oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos, arroyos, estanques, humedales, lagos, lagunas, pozas de turbera, reservorios y ríos, así como también en ambientes salobres. Forma de vida bentónica, edáfica, metafitítica, perifítica y planctónica.

Tetrachlorella alternans (Smith) Korshikov 1939 (fig. 3n)

Colonias conformadas generalmente por 4 células elipsoidales envueltas en mucilago muy evidente, dispuestas en pares alternadamente, con ejes longitudinales paralelos entre sí. Células de (7.2) 7.9-9.2 (10.5) μm de longitud, y (3.9) 5.2-6.6 μm de diámetro, de color verde brillante; con un cloroplasto parietal y un pirenoide.

Herbario: TabCen049, TabCen050, TabCen051, TabCen077, TabCen078, TabCen080.

Distribución: Europa, Asia, Oceanía, América. Para México en Ciudad de México, Jalisco, Veracruz, Yucatán. En ambientes eutróficos, canales, cenotes, estanques, humedales, lagos, reservorios y ríos. Forma de vida planctónica.

Charophyta Migula

Closterium acutum Brébisson 1848 (fig. 3o)

Células curvadas muy estrechas, de 91.3-99.6 μm de longitud, y 3.3-4.9 μm de diámetro, que de la región media hacia los hacia los ápices, se van atenuando, para formar polos que son puntiagudos. Presentan paredes celulares lisas e incoloras. Con un cloroplasto axial, y una serie de 2-4 pirenoides, con vacuolas terminales y gránulos escasos o no visibles.

Herbario: TabCen048, TabCen051, TabCen052, TabCen077, TabCen079.

Distribución: Europa, Asia, África, Oceanía y América. Para México en Ciudad de México, Estado de México, Jalisco, Morelos, Yucatán. En ambientes mesotróficos y eutróficos, canales, estanques, lagos, lagunas, pozas de turbera, reservorios, ríos, así como también en ambientes salobres. Forma de vida bentónica, epilítica, epipélica, metafitica, planctónica.

Closterium venus Kützing ex Ralfs 1848 (fig. 3p)

Células curvadas, de 46.4-59.7 µm de longitud, y 6.6-9.9 µm de diámetro, con márgenes dorsales convexos, y márgenes ventrales cóncavos, con polos acuminados, y paredes celulares lisas. Con un cloroplasto axial, y una serie de 4-6 pirenoides, con vacuolas terminales.

Herbario: TabCen048, TabCen049.

Distribución: Europa, Asia, África, Oceanía y América. Para México en Estado de México, Jalisco, Michoacán. En ambientes en condiciones salobres, en arroyos, charcos, estanques, humedales, lagos, lagunas, pantanos, reservorios y ríos. Forma de vida bentónica, epifítica, metafitica, perifítica y planctónica.

Sphaeroszoma laeve (Nordstedt) Thomasson 1957 (fig. 3q)

Filamentos con paredes celulares lisas, rectos a retorcidos, envueltos por mucilago. Semicélulas oblongas de 8-12, de 13.8-16.5 µm de longitud, 19.8-22.4 µm de diámetro, con una constricción mediana pronunciada de 1.9-2.6 µm de diámetro, con seno abierto. Poseen márgenes superiores truncados, con 2 procesos uniendo lasemicélulas, y márgenes laterales con una espina, convergente. Con un cloroplasto axial.

Herbario: TabCen048, TabCen049, TabCen077.

Distribución: Europa, Asia, África, Oceanía, América. Para México en Estado de México, Michoacán, Oaxaca. En ambientes en condiciones salobres, en canales, charcos, estanques, humedales, lagos, lagunas, reservorios y ríos. Forma de vida perifítica y planctónica.

Especies típicas de ambientes salobres y marinos

Actinoptychus splendens (Shadbolt) Ralfs 1861 (fig. 3r)

Frústulas solitarias cilíndricas, valvas areoladas divididas en 12 sectores iguales, alternadamente elevados y deprimidos. Con una región central lisa y circular, de donde surgen líneas hialinas centrales que atraviesan a los sectores deprimidos. Con un diámetro de 59.4-60.7 µm, y areolas hexagonales.

Herbario: TabCen051, TabCen052, TabCen080.

Distribución: Europa, Asia, Oceanía, América. Para México en Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Guerrero, Golfo de California, Oaxaca, Sinaloa, Sonora, sureste del golfo de México. En ambientes salobres como litorales y estuarios y mar abierto. Forma de vida bentónica, epifítica, epilítica, epipsámica, epipélica, nerítica, pelágica.

Gyrosigma macrum (Smith) Griffith et Henfrey 1856 (fig. 3s)

Frústulas solitarias sigmoides. Valvas estrechas, lanceoladas en la región central, de (147.7) 158.4-174.2 (178.2) µm de longitud, por 9.9-11.8 µm de diámetro, con ápices angostos, alargados. Superficie valvar finamente estriada. El área axial muy estrecha, con un rafe sigmoide. Estrias areoladas, con una densidad de 25-28 en 10 µm.

Herbario: TabCen077, TabCen080.

Distribución: Europa, Asia, África, Oceanía, América. Para México en Chiapas, Golfo de California, Oaxaca, sureste del golfo de México, Tabasco. Se encuentra en ambientes como Ciénegas y ríos, pero predominantemente en condiciones salobres como estuarios. Forma de vida bentónica, nerítica, planctónica. Alcalífila, mesohalobia y eurihalobia.

Plagiotropis lepidoptera var. *proboscidea* (Cleve) Reimer 1975 (fig. 3t)

Frústulas solitarias, linear-lanceoladas, con ápices apiculados. Valvas de (61.38) 62-64 µm de longitud, por (14.5) 15.1-16.5 µm de diámetro. En vista valvar se aprecian pliegues dispuestos longitudinalmente. El área central asimétrica, y el área axial estrecha, que, junto con el rafe, se ubican en una quilla elevada que corre a través del eje apical. Rafe filiforme, con extremos proximales y distales simples. Estrias paralelas a lo largo de toda la valva. Densidad de estrias de 20-26 en 10 µm.

Herbario: TabCen077, TabCen078, TabCen079.

Distribución: Europa, Asia, América. Para México en Guerrero, golfo de México, Oaxaca, Pacífico mexicano, Sinaloa, Yucatán. Presente en ambientes salobres como estuarios. Forma de vida bentónica, epipélica, epipsámica, nerítica, pelágica. Halófila, polihalobia, mesohalina.

Discusión

Hasta 2011, para Tabasco se habían estimado 300 especies algales dulceacuícolas (Novelo y Tavera, 2011); actualmente se registran 699 taxones (Novelo y Tavera, 2022). En los ecosistemas dulceacuícolas de la entidad se han registrado principalmente las divisiones Cyanoprokaryota, Euglenophyceae, Bacillariophyta y Chlorophyta (Novelo y Tavera, 2022). En este estudio, los principales grupos colectados en el plancton corresponden a Cyanoprokaryota (33.8%), Bacillariophyta (22%) y Chlorophyta (34%), documentándose 68 especies para las lagunas San Pedrito y El Viento al interior de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, de las cuales, 4 son registros inéditos para México y 22 nuevos para la entidad. Las especies se han reportado en ambientes dulceacuícolas como lagos (23.2%), ríos (20.9%), lagunas (11.9%), reservorios (9.9%) y estanques (6.9%) en condiciones

mesotróficas (22.5%) y eutróficas (67.3%), con forma de vida principalmente planctónica (73%) pero también perifítica y metafítica (Lobato-Benítez, 2020).

Adicionalmente, se documentaron 3 especies frecuentes en ambientes salobres o marinos, *Actinoptychus splendens*, *Gyrosigma macrum* y *Plagiotropis lepidoptera* var. *proboscidea*, presentes principalmente en temporada de secas, lo cual coincide, además, con el incremento de conductividad registrado para ambos sistemas acuáticos (tabla 1), esto puede ser explicado por la dinámica existente entre la estacionalidad y las áreas de confluencia hidrológica entre los vasos lacustres con el agua marina proveniente del golfo de México.

En el golfo de México se reconocen 3 estaciones a lo largo del año, secas (marzo-mayo), lluvias (junio a octubre) y nortes (noviembre a febrero), no obstante, para 2016 y 2017 se ha reconocido para Tabasco el período de secas entre febrero y mayo, lluvias de junio a octubre y nortes de noviembre a enero, esto de acuerdo a los datos de precipitación y temperatura media del Sistema Meteorológico Nacional, mientras que para 2017, febrero fue el mes con la precipitación más baja del año (32.4 mm) acompañado de un aumento de temperatura media (26 °C) (Herrera-Silveira, 1994; SMN, 2022). Al disminuir el volumen del caudal que circula en los vasos lacustres, el tirante de agua marina ingresa e inunda zonas al interior del continente, situación altamente probable en zonas limitrofes entre agua dulceacuícola y marina como lo es el caso de “Tres Brazos”, área de intersección entre los ríos Grijalva y Usumacinta, que desemboca en el golfo de México y zona próxima a la laguna de San Pedrito (Palma-López et al., 2007; Rodríguez, 2002; Sánchez et al., 2007). Esta explicación coincide con los datos obtenidos del comportamiento iónico de ambas lagunas, que para nortes, tuvieron valores similares El Viento (0.34 g/L) y San Pedrito (0.36 g/L), mientras que para secas, se presentó un incremento de salinidad en ambos sistemas, El Viento (0.64 g/L), y San Pedrito (3.24 g/L), que según Hammer (1986), la laguna de El Viento se clasifica como un ambiente acuático subsalino (0.5-3 g/L); mientras que San Pedrito en lluvias nortes, tiene un comportamiento similar, pero que, en secas, se puede considerar como hiposalino (3-20 g/L). Una evidencia adicional correspondería a los reportes tanto para el río Grijalva como Usumacinta de especies estuarinas importantes para la pesquería, como lo son *Megalops atlanticus* Valenciennes (sábalo) y *Mugil cephalus* Linnaeus (lisa), y una especie vicaria, *Aplodinotus grunniens* Rafinesque (roncador de agua dulce) (Espinosa-Pérez y Daza-Zepeda, 2005).

De los 67 taxones, 10 de ellos se registraron en la mayoría de los sitios de colecta: *Cyanocatena planctonica*, *Aphanocapsa delicatissima*, *Lepocinclis acus*, *Gyrosigma*

acuminatum, *Iconella tenera*, *Monactinus simplex* var. *simplex*, *Coelastrum sphaericum*, *Mucidosphaerium pulchellum*, *Desmodesmus communis* y *Willea rectangularis*. De acuerdo con la literatura, estas especies poseen una amplia distribución geográfica, habitando una diversidad de ecosistemas predominantemente eutrofizados (Novelo y Tavera, 2022).

Este estudio permite reconocer la riqueza y composición taxonómica de las cianoprocaritas y microalgas planctónicas al interior de 2 de los 110 ecosistemas acuáticos de la RBPC y hace evidente e indiscutible la necesidad y urgencia de incrementar los estudios de la flora ficológica al interior de este sitio, que es una región prioritaria para América del Norte, ya que reconocer la biodiversidad algal y de procaritas fotoautótrofos permitirá ser piedra angular de estudios ecológicos y limnológicos, sobre las comunidades fitoplanctónicas al interior de los Pantanos de Centla, para la toma de decisiones que permitan restaurar y conservar este ecosistema acuático característico de Mesoamérica.

Agradecimientos

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM por el apoyo en la realización de este proyecto de Maestría en Ciencias. A Sylvia Bonilla, Margarita Caballero, Amelia Farrés, Martha Martínez y Gabriela Vázquez, por sus valiosos comentarios. A Marisela Buendía por su apoyo en el trabajo de procesamiento, limpieza y montaje de las diatomeas. CL agradece al Conacyt la beca 702937/594846 otorgada durante sus estudios de maestría en el Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. EN, agradece a Guadalupe Vidal por su apoyo en la gestión y curación del material de herbario.

Referencias

- Agredano, O. (2019). *Ficoflora de la laguna El Camarón en Villahermosa, Tabasco, México (Tesis)*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Alcocer, J. y Bernal-Brooks, F. W. (2010). Limnology in Mexico. *Hydrobiologia*, 644, 15–68.
- Amengual-Morro, C., Moyá, G. y Martínez-Taberner, A. (2012). Phytoplankton as bioindicator for waste stabilization ponds. *Journal of Environmental Management*, 95, 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.07.008>.
- Barba-Macías, E., Rangel-Mendoza, J. y Ramos-Reyes, R. (2006). Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de información geográfica. *Universidad y Ciencia*, 22, 101–110.
- Barba-Macías, E., Mesa-Jurado, M. A., Espinoza-Tenorio, A. y Ortega-Argueta, A. (2018). Biodiversity conservation in

- the Pantanos de Centla Biosphere Reserve: ecological and socioeconomic threats. En A. Ortega-Rubio (Ed.), *Mexican natural resources management and biodiversity conservation* (pp. 455–477). New York: Springer International. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-90584-6>.
- Benayache, N. y., Nguyen-Quang, T., Hushchyna, K., McLellan, K., Afri-Mehennaoui, F. Z. y Bouaïcha, N. (2019). An overview of Cyanobacteria harmful algal bloom (CyanoHAB) issues in freshwater ecosystems. En D. Gokce (Ed.), *Limnology some new aspects of inland water ecology* (pp. 13–37). Estambul: IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84155>.
- Bicudo, C. E. y Menezes, M. (2006). *Géneros de algas de águas continentais do Brasil. 3ra edición*. Sao Paulo: RiMa.
- Bicudo, C. E. y Menezes, M. (2016). Phylogeny and classification of Euglenophyceae: A brief review. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 4, 01–15. <https://doi.org/10.3389/fevo.2016.00017>.
- Bourrelly, P. (1970). *Les Algues d'eau douce. Initiation à la Systématique: Tome III: Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadies*. Paris: Éditions N. Boubée y Cie.
- Ciugulea, I. y Triemer, R. E. (2010). *A color atlas of photosynthetic euglenoids*. East Lansing: Phycological Society of America/ Michigan University Press.
- Comas, A. (1996). *Las Chlorococcales dulceacuicolas de Cuba*. Bibliotheca Phycologica Band 99. Stuttgart: J. Cramer.
- Comas, A. (2009). *Catálogo de las algas y cianoprocariotas dulceacuicolas de Cuba*. Cienfuegos: Universo Sur.
- Croasdale, H., Bicudo, C. E. y Prescott, G. W. (1983). *A synopsis of North American Desmids: Part II. Desmidiaceae: Placodermes Section 5. The filamentous genera*. Lincoln: University of Nebraska Press.
- Cruz-Rosado, L. (2006). *Distribución espacial y abundancia del fitoplancton en temporada de estiaje en el vaso Cencali, laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco, México (Tesis)*. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco.
- Cruz-Rosado, L. (2012). *Variación espacial y temporal del fitoplancton en la Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco (Tesis de maestría)*. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco.
- Derot, J., Jamoneau, A., Teichert, N., Rosebery, J., Morin, S. y Laplace-Treytore, C. (2020). Response of phytoplankton traits to environmental variables in French lakes: New perspectives for bioindication. *Ecological Indicators*, 108, 105659 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105659>.
- Espinosa-Pérez, H. y Daza-Zepeda, A. (2005). Peces. En J. Bueno, F. Álvarez y S. Santiago (Eds.), *Biodiversidad del estado de Tabasco* (pp. 225–240). Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Esqueda-Lara, K., Sánchez, A., Valdez-Lagunes, G., Salcedo, M. A., Franco-Torres, A. E. y Florido, R. (2016). Fitoplancton en el humedal tropical Chaschoc en la cuenca baja del río Usumacinta. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 1177–1188. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.10.015>.
- González, M. e Inostrosa, I. (2017). *Manual taxonómico y fotográfico de géneros fitoplanctónicos (excl. Diatomeas) de 7 lagunas del Gran Concepción, Concepción, Chile*. Concepción, Chile: Ficolab, Grupo de investigación microalgal, Departamento de Botánica, Universidad de Concepción. Chile. Recuperado el 07 de julio 2020 de: <https://www.ficolab.cl/2017/03/15/nuevo-manual-taxonomico-y-fotografico-de-generos-fitoplanctonicos-excl-diatomeas-de-7-lagunas-del-gran-concepcion-concepcion-chile/>
- González-Guerrero, P. (1941). Algas de la República Argentina (agua dulce). *Anales del Jardín Botánico de Madrid, España*, 1, 141–171.
- González-González, J. y Novelo, E. (1986). Algas. En A. Lot y F. Chiang (Eds.), *Manual de herbario: administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos* (pp. 47–53). Ciudad de México: Consejo Nacional de la Flora de México.
- Guiry, M. D. y Guiry, G. M. (2022). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Recuperado el 05 de mayo 2022 de: <http://www.algaebase.org>
- Hammer, U. T. (1986). *Saline lake ecosystems of the World*. Dordrecht: Springer.
- Hauer, T. y Komárek, J. (2022). CyanoDB.cz 2.0. On-line database of cyanobacterial genera. Word-wide electronic publication, University of South Bohemia e Institute of Experimental Botany of the Czech Academy of Sciences. Recuperado el 05 de mayo, 2022 de: <https://www.cyanodb.cz>
- Herrera-Silveira, J. A. (1994). Correlaciones de parámetros hidrobiológicos de la laguna de Celestún, Yucatán. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 21, 43–53
- Huber-Pestalozzi, G. (1955). *Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie. 4. Teil: Euglenophyceen*, Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). (2000). *Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México*. Recuperado el 07 de julio, 2020 de: <http://www.paot.mx/centro/ine-semarnat/anp/AN30.pdf>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Tabasco*. Ciudad de México: INEGI.
- John, D. M., Whitton, B. A. y Brook, A. J. (2002). *The freshwater algal flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johansen, J. R., Rushforth, S. R., Orbendorfer, R., Fungladda, N. y Grimes, J. A. (1983). The algal flora of selected wet walls in Zion National Park, Utah, U.S.A. *Nova Hedwigia*, 38, 765–808.

- Knapp, S. (2015). Botanist of the 21st century: roles, challenges and opportunities. *Taxon*, 64, 187–189.
- Komárek, J. (2013). *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokaryota. 19 Part 3. Teil 3: Heterocytous genera*. Berlin: Springer.
- Komárek, J. y Anagnostidis, K. (1999). *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokaryota. 19/1. Teil: Chroococcales*. Jena, Alemania: Gustav Fisher.
- Komárek, J. y Anagnostidis, K. (2005). *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokaryota 2. Teil/2nd. Part: Oscillatoriales*. München: Elsevier.
- Komárek, J. y Fott, D. (1983). *Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematic und Biologie. 7. Teil: Chlorophyceae (Ordnung: Chlorococcales)*. Stuttgart: E. Schwizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Komárek, J., Kaštovský, J., Mareš, J. y Johansen, J. R. (2014). Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia*, 86, 295–335.
- Krammer, K. y Lange-Bertalot, H. (1986). *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae*. Band 2/1. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag.
- Krammer, K. y Lange-Bertalot, H. (1988). *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Ephithemiaceae, Suriellaceae*. Band 2/2. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag.
- Krammer, K. y Lange-Bertalot, H. (1991a). *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Band 2/3. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag.
- Krammer, K. y Lange-Bertalot, H. (1991b). *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Bacillariophyceae 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema*. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag.
- Lange-Bertalot, H. (2001). *Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. Navicula sensu stricto. 10 genera separated from Navicula sensu lato. Frustulia*. Ruggell, Liechtenstein: A. R. G. Gantner Verlag.
- Leliaert, F., Smith, D. R., Moreau, H., Herron, M. D., Verbruggen, H., Delwiche, C. F. et al. (2012). Phylogeny and molecular evolution of the green algae. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 31, 1–46. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.615705>.
- Litchman, E., Tezanos-Pinto, P., Edwards, K. F., Klausmeier, C. A., Kremer, C. T. y Thomas, M. K. (2015). Global biogeochemical impacts of phytoplankton: a trait-based perspective. *Journal of Ecology*, 103, 1384–1396. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12438>.
- Lobato-Benítez, C. (2020). *Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México (Tesis de maestría)*. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. México.
- López-Hernández, M., Magaña-Alejandro, M. A. y Ramos-Espinoza, M. G. (2007). Laguna de las Ilusiones, Tabasco, México. En G. De la Lanza-Espino y S. Hernández-Pulido (Eds.), *Las aguas interiores de México: conceptos y casos* (pp. 233–252) Ciudad de México: AGT Editor, S.A.
- López-Jiménez, L. N., Jiménez-López, D. A., Castillo-Acosta, O., Gallardo-Cruz, J. A. y Fernández-Montes de Oca, A. I. (2020). Plantas vasculares de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México. *Botanical Sciences*, 98, 159–204. <https://doi.org/10.17129/botsci.2279>.
- Medlin, L. K. y Kaczmarek, I. (2004). Evolution of the diatoms. V. Morphological and cytological support for the major clades and taxonomic revision. *Phycologia*, 43, 245–270. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-43-3-245.1>.
- Mireles-Vázquez, A. (2019). *Aspectos ecológicos de algas metafiticas en dos lagos de Tabasco, México (Tesis de maestría)*. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Moreno-Ruiz, J. L. (2005). Fitoplancton. En J. Bueno, F. Álvarez y S. Santiago (Eds.), *Biodiversidad del estado de Tabasco* (pp. 33–64). Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Morris, I. (1980). *The physiological ecology of phytoplankton. Studies in ecology volume 7*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Novelo, E. y Tavera, R. (2011). Un panorama gráfico de las algas de agua dulce en México. *Hidrobiológica*, 21, 333–341.
- Novelo, E. y Tavera, R. (2022). bdLACET Base de datos de algas continentales. Facultad de Ciencias, UNAM. México. Recuperado el 05 de mayo, 2022 de: <https://bdlacet.mx>
- Novelo-Retana, A. (2006). *Plantas acuáticas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable.
- Osorio-Sánchez, J. J. y López-Pérez, R. (2005). *Diversidad y distribución del fitoplancton de la laguna el Balsón, Tabasco, México (Tesis)*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco.
- Palma-López, D. J., Cisneros, J., Moreno, E. y Rincón-Ramírez, J. A. (2007). *Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable*. Ciudad de México: Colegio de Postgraduados/ ISPROTAB/ Fundación Produce Tabasco.
- Parra, O. O., González, M., Dellarossa, V., Rivera, P. y Orellana, M. (1982a). *Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen I. Cyanophyceae*. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- Parra, O. O., González, M., Dellarossa, V., Rivera, P. y Orellana, M. (1982b). *Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen III. Cryptophyceae-Dinophyceae-Euglenophyceae*. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- Parra, O. O., González, M., Dellarossa, V., Rivera, P. y Orellana, M. (1983). *Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen V. Chlorophyceae*. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.

- Pedraza-Acevedo, C.I. (2020). *Relación de la comunidad fitoplanctónica y los factores abióticos del lago Cantemual en Tabasco (Tesis de maestría)*. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Quiroz-González, N. y Rivas-Acuña, M. G. (2017). Euglenoideos en dos lagunas urbanas de Villahermosa, Tabasco. *Kuxulkab'*, 23, 35–40. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a23n45.2073>.
- Reynolds, C. (2006). *Ecology of phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Rivera, P., Parra, O. O., González, M., Dellarossa, V. y Orellana, M. (1982). *Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen IV. Bacillariophyceae*. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- Rodríguez, E. (2002). *Las lagunas continentales de Tabasco*. Villahermosa: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Round, F. E., Crawford, R. M. y Mann, D. G. (2000). *The diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge: Cambridge University Press.
- RSIS (Ramsar Sites Information Service). (2001). Convención relativa a los humedales de importancia internacional - RAMSAR. Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Recuperado el 18 de septiembre de 2022 de: <https://rsis.ramsar.org/tris/733>
- Sánchez, A. J. y Barba, E. (2005). Biodiversidad de Tabasco. En J. Bueno, F. Álvarez y S. Santiago (Eds.), *Biodiversidad del estado de Tabasco* (pp. 01–16). Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sánchez, A. J., Salcedo, M. A., Florido, R., Armenta, A., Rodríguez-Leal, C., Galindo, A. et al. (2007). Pantanos de Centla, un humedal costero tropical. En G. De la Lanza-Espino y S. Hernández (Comp.). *Las aguas interiores de México: conceptos y casos* (pp. 399–422). Ciudad de México: AGT Editor, S. A.
- Sant'Anna, C. L. (1984). *Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de Sao Paulo, Brasil*. Bibliotheca Phycologica 67. Vaduz: J. Cramer.
- Sant'Anna, C. L., Azevedo, M. T., Senna, P. A., Komárek, J. y Komárkova, J. (2004). Planktic Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil: Chroococcales. *Revista Brasileira Botânica*, 27, 213–227. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042004000200002>
- Sant'Anna, C. L., Tucci, A., Azevedo, M. T. P., Melcher, S. S., Werner, V. R., Malone, C. F. S. et al. (2012). *Atlas de cianobacterias e microalgas de águas continentais brasileiras. Brasil*. Instituto de Botânica de Sao Paulo. Recuperado el 7 de julio, 2020 de: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wp-content/uploads/sites/235/2013/09/virtuais_3atlas.pdf.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (2022). Resúmenes mensuales de temperatura y lluvia. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>. Recuperado el 18 de septiembre de 2022.
- Sieburth, J., Smetacek, V. y Lenz, J. (1978). Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*, 23, 1256–1263. <https://doi.org/10.4319/lo.1978.23.6.1256>.
- Spaulding, S. A., Potapova, M. G., Bishop, I. W., Lee, S. S., Gasperak, T. S., Jovanoska, E. et al. (2021). Diatoms.org: supporting taxonomists, connecting communities. *Diatom Research*, 36, 291–304. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2021.2006790>.
- Tomas, C. R. (Ed). (1997). *Identifying marine phytoplankton*. San Diego: Academic Press.
- Zingone, A. y Wyatt, T. (2003). Harmful algal blooms: keys to the understanding of phytoplankton ecology. En A. R. Robinson y K. Brink (Eds.), *The Sea, Volume 13. The global coastal Ocean* (pp. 867–926). Cambridge: Harvard University Press.