



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la  
Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco, México**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
(LIMNOLOGÍA)**

PRESENTA:

**CÉSAR LOBATO BENÍTEZ**

TUTOR PRINCIPAL:

**DR. EBERTO NOVELO MALDONADO**

Facultad de Ciencias, UNAM

COMITÉ TUTOR:

**Dra. Sylvia Estela Bonilla Santibañez**

Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

**Dra. Margarita Erna Caballero Miranda**

Instituto de Geofísica, UNAM

**Dra. Amelia María Guadalupe Farrés González Sarabia**

Facultad de Química, UNAM

**Dra. Martha Martínez García**

Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM

**Dra. Gabriela Vázquez Hurtado**

Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., JUNIO, 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



**COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS DE DOS LAGUNAS DE LA RESERVA DE LA  
BIÓSFERA PANTANOS DE CENTLA, TABASCO, MÉXICO**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
(LIMNOLOGÍA)**

PRESENTA:

**CÉSAR LOBATO BENÍTEZ**

TUTOR PRINCIPAL:

**DR. EBERTO NOVELO MALDONADO**  
Facultad de Ciencias, UNAM

COMITÉ TUTOR:

**Dra. Sylvia Estela Bonilla Santibañez**  
Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Dra. Margarita Erna Caballero Miranda**  
Instituto de Geofísica, UNAM.

**Dra. Amelia María Guadalupe Farrés González Sarabia**  
Facultad de Química, UNAM.

**Dra. Martha Martínez García**  
Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.

**Dra. Gabriela Vázquez Hurtado**  
Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz.

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., JUNIO, 2020**

## **AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS**

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología por darme la oportunidad y las herramientas para seguir con mi formación científica. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado con la beca registrada 702937/594846. A la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla por las facilidades otorgadas.

Al Dr. Eberto Novelo por abrirme las puertas de su laboratorio, por su infinita paciencia, valiosos consejos y extraordinaria guía. No tengo como agradecer su absoluta confianza y apoyo en cada momento, pero, sin duda alguna, muchísimas gracias por compartir y transmitirme su enorme pasión por las algas.

A los miembros de mi comité tutorial y jurado, Dra. Margarita Caballero, Dra. Amelia Farrés, Dra. Martha Martínez y Dra. Gabriela Vázquez, por sus acertados comentarios y aportaciones que enriquecieron este trabajo.

A la Dra. Sylvia Bonilla, por haberme acompañado durante este proceso, compartiendo sus experiencias y conocimientos, siendo exigente y enérgica, pero también, una persona atenta, dedicada y brillante.

A la Dra. Célia Sant'Anna, del Instituto de Botánica de Sao Paulo, Brasil, por su disposición y valiosas enseñanzas. Fue un placer haberla tenido como Sensei. Gracias por ser fuente de constante motivación.

A M.C. Edgardo López, Dr. Christian Hernández y M.C. Germán Ayala por su valiosa asesoría e infinita paciencia durante los análisis estadísticos. A M.C. Marisela Buendía por su disposición y constante asesoría diatomológica. Y M.C. Raquel Ortiz por la asesoría cartográfica.

Finalmente, a la Dra. Susana Magallón Puebla, directora del Instituto de Biología, UNAM, por las facilidades otorgadas para contar con un espacio de pensamiento, reflexión y motivación, que fue trascendental en mi formación y crecimiento personal. Y al Dr. José Luis Godínez por su confianza, y por tener siempre la puerta abierta del laboratorio de Algas, que es el lugar donde inicié mi formación con estos increíbles organismos.

## **AGRADECIMIENTOS PERSONALES**

A la memoria de mis adorados abuelos, Isabel Aragón y Gabriel Lobato, por todas sus grandes enseñanzas. Siempre van en mi corazón y pensamiento.

A mis queridos y entrañables angelitos, Julietita y Xanath, mis fuentes de ternura, energía y fortaleza. A mis padres Delia Benítez y Gabriel Lobato por su estoicismo ante la vida, que siempre con sus bendiciones acompañan mi andar. A mis hermanos Karla y Óscar, por la paciencia, el cariño y su apoyo incondicional en todo momento.

A mi querida tía Teresa Lobato, que ha sido el motor primario de mi fortaleza y confianza, que siempre con su cariño me impulsa a seguir adelante. A mis hermanitos Arcelia y Víctor, con los que he tenido la dicha de convivir desde su infancia, viéndolos crecer, y ahora, persiguiendo sus sueños dentro de la UNAM. Estoy muy orgulloso de ambos.

A mis tías Benítez, Silvia, Elizabeth y Catalina, por su cariño, ejemplo y fortaleza. A mis primas Mony y Gris, y el sobrino Davidcito, con los que me encanta reunirme y conversar, pero, sobre todo convivir como una gran familia.

A mis amigos veracruzanos, Christian Hernández, Cristina Landa, Germán Ayala, por darme un gran ejemplo sobre el verdadero sentido de la amistad, demostrándome que la distancia es relativa, acompañándome siempre con su ejemplo de perseverancia y constancia. Siempre van en mi ser con los recuerdos de los grandes momentos que he vivido a su lado, resonando siempre sus valiosos consejos. Son de los mejores amigos que puedo tener a mi lado.

A mis amigos-colegas en la Facultad de Ciencias, Mónica Ramírez, Marianita Cartagena, Edgardo López, Lizeth Sánchez, María Elena Valeriano y Aarón Rodríguez, ha sido un extraordinario placer haber coincidido con ustedes en las aulas, gracias por su cariño, buena amistad y las grandes aventuras que hemos podido vivir durante las salidas a campo.

A mis colegas y amigas, Luz Arias, Enia Camarillo y Mary Torres, de las cuáles estoy muy orgulloso. Gracias por estar siempre al pendiente de mi andar, y siempre tener palabras de aliento.

A Alexis Severino, que, a pesar de su genio, me ha demostrado con creces que los límites solo son mentales. Hermano, me siento extraordinariamente feliz por ver tu potencial, y haber estado contigo durante tú evolución preparatoriana a un asombroso médico cirujano. Eres un orgullo. No hay más que decir.

A Yahel Vázquez, que siempre tendrá un espacio en mi mente y corazón, por la inmensidad de horas y de temas sobre los cuáles hemos conversado. Es un placer tener a una persona con ese bagaje a su lado. Gracias por compartir conmigo tanto, y ser una fuente de confianza en momentos críticos.

A mis estudiantes, de los cuáles he podido aprender y tener la satisfacción de verlos crecer. Ha sido motivante y gratificante, a cada uno lo recuerdo con especial cariño. Particularmente Karen Flores, Leito Trueba, Óscar Campos, Mauricio López, Laura Domínguez y Víctor Wooden con los que he tenido la oportunidad de retroalimentarme, además de ser fuente de motivación su esfuerzo, tenacidad y esmero por la Biología. Mis mejores deseos para cada uno de ustedes. Y a mis protobiólogos Nayari Noguez, Mariana Saldaña y Édgar Castillo, que, con su actitud, esmero y buen sentido del humor, me hacen seguir creyendo en las nuevas generaciones.

De forma especial, dedicó este trabajo a la memoria de Víctor Hugo Torres García, que partió de una manera tan intempestiva, pero que, en su recuerdo, encuentro fortaleza, energía, y hermosos recuerdos preparatorianos. Y a sus padres, Ana María García y Tioco Torres, por su confianza, cariño, pero, sobre todo, por darme un ejemplo de vida, sobre la resiliencia. Mi corazón siempre los acompaña.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme el enorme placer de formarme en sus aulas como estudiante, pero también, por darme la extraordinaria oportunidad de poder enseñar en ellas.

Y a la sorprendente tranquilidad y conexión con la naturaleza que encontré en la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, que es un sitio que siempre llevaré en mi corazón, por recordarme lo extraordinario de ser biólogo.

## **AGUA DE TABASCO**

Agua de Tabasco vengo  
Y agua de Tabasco voy  
De agua hermosa es mi abolengo  
Y es por eso que aquí estoy  
Dichoso con lo que tengo

Carlos Pellicer Cámara

**"Al pesimismo de nuestra inteligencia, oponer el optimismo de nuestra voluntad"**

Antonio Gramsci

En este mundo, tu corazón lo decide todo, la fuerza que hay en él, decide el futuro. Por lo que aquéllos con el corazón más fuerte, saldrán victoriosos. **Demuestra tú valor, demuestra la fuerza de tu corazón...**

**Yomigaeru Densetsu no Mashin Seresu**

# INDICE

## Resumen

1. <b>Introducción</b> .....	1
2. <b>Antecedentes</b>	
2.1. Generalidades del fitoplancton.....	3
2.2. Grupos algales predominantes en el fitoplancton dulceacuícola.....	4
2.2.1. <b>Cyanoprokaryota</b>	
2.2.1.1. Generalidades.....	5
2.2.1.2. Sistemática.....	6
2.2.2. <b>Euglenophyceae</b>	
2.2.2.1. Generalidades.....	11
2.2.2.2. Sistemática.....	12
2.2.3. <b>Bacillariophyta</b>	
2.2.3.1. Generalidades.....	16
2.2.3.2. Sistemática.....	17
2.2.4. <b>Chlorophyta</b>	
2.2.4.1. Generalidades.....	19
2.2.4.2. Sistemática.....	20
2.3. Dificultades en el estudio de los grupos algales predominantes en el fitoplancton dulceacuícola.....	23
2.4. Ecología del fitoplancton dulceacuícola.....	26
2.5. Estudios sobre fitoplancton dulceacuícola en México.....	34
2.6. Estudios sobre algas dulceacuícolas en Tabasco.....	34
3. <b>Justificación</b> .....	35
4. <b>Preguntas de Investigación</b> .....	36
5. <b>Objetivos</b> .....	37
6. <b>Área de estudio</b>	
6.1. Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla.....	38
6.2. Laguna “San Pedrito”.....	40

6.3.	Laguna “El Viento”.....	40
<b>7.</b>	<b>Materiales y métodos</b>	
7.1.	Colecta de material biológico y muestras de agua.....	44
7.2.	Obtención de variables in-situ.....	45
7.3.	Análisis de nutrientes del agua.....	45
7.4.	Análisis de iones mayores en el agua.....	45
7.5.	Preparaciones semipermanentes de microalgas.....	46
7.6.	Limpieza y montaje de diatomeas.....	47
7.7.	Identificación de especies y base de datos por grupo taxonómico.....	48
7.8.	Cuantificación de fitoplancton.....	49
7.9.	Análisis de la comunidad	
7.9.1.	Índice de Shannon-Wiener.....	50
7.9.2.	Índice de Simpson.....	51
7.9.3.	Índice de Pielou.....	51
7.9.4.	Curva de acumulación de especies.....	51
7.9.5.	Prueba de asociación de Olmstead-Tukey.....	52
7.10.	Análisis estadísticos.....	52
7.11.	Construcción cartográfica del área de estudio.....	55
<b>8.</b>	<b>Resultados</b>	
8.1.	Catálogo de Fitoplancton	
8.1.1.	Cyanoprokaryota.....	56
8.1.2.	Euglenophyceae.....	80
8.1.3.	Bacillariophyta.....	84
8.1.4.	Chlorophyta.....	101
8.1.5.	Charophyta.....	124
8.2.	Riqueza y composición taxonómica.....	130
8.3.	Estructura de la comunidad.....	131
8.4.	Variables físico-químicas de las lagunas.....	134

8.5. Hidroquímica.....	140
8.6. Estado trófico.....	142
8.7. Análisis estadísticos.....	146
<b>9. Discusión.....</b>	<b>152</b>
<b>10. Conclusiones.....</b>	<b>160</b>
<b>11. Referencias vinculadas al Catálogo Taxonómico.....</b>	<b>175</b>
<b>12. Referencias generales.....</b>	<b>193</b>
<b>13. Anexos.....</b>	<b>205</b>

## INDICE DE LÁMINAS

<b>LÁMINA 1.</b> Materiales y métodos.....	163
<b>LÁMINA 2. Cyanoprokaryota.</b> a) <i>Cyanocatena planctonica</i> , b) <i>Synechococcus epigloeicus</i> , c, d) <i>S. nidulans</i> , e) <i>Aphanocapsa delicatissima</i> , f) <i>Limnococcus limneticus</i> , g) <i>Merismopedia glauca</i> , h) <i>M. tenuissima</i> .....	164
<b>LÁMINA 3. Cyanoprokaryota.</b> a) <i>Synechocystis aquatilis</i> , b) <i>S. minuscula</i> , c) <i>Coelosphaerium aerugineum</i> , d) <i>Snowella atomus</i> , e) <i>Woronichinia microcystoides</i> , f) <i>Romeria</i> aff. <i>leopoliensis</i> , g) <i>Planktolyngbya contorta</i> , h) <i>Microcystis</i> aff. <i>wesenbergii</i> , i) <i>Johanseninema constrictum</i> .....	165
<b>LÁMINA 4. Cyanoprokaryota.</b> a, b, c) <i>Kamptonema cortianum</i> , d) <i>Microcoleus amoenus</i> , e, f, g) <i>Phormidium chalybeum</i> , h) <i>Dolichospermum flosaquae</i> .....	166
<b>LÁMINA 5.</b> Continuación <b>Cyanoprokaryota</b> e inicio de <b>Bacillariophyta.</b> a) <i>Raphidiopsis philippinensis</i> , b) <i>R. raciborskii</i> , c) <i>Strombomonas</i> aff. <i>globulosa</i> , d) <i>Lepocinclis acus</i> , e) <i>Phacus curvicauda</i> , f, g) <i>Aulacoseira ambigua</i> , h) <i>A. muzzanensis</i> .....	167
<b>LÁMINA 6. Bacillariophyta.</b> a) <i>Actinopterychus splendens</i> , b) <i>Cyclotella meneghiniana</i> , c) <i>Gomphonema affine</i> , d) <i>G. gracile</i> , e) <i>Eunotia minor</i> , f) <i>Staurosira construens</i> .....	168
<b>LÁMINA 7. Bacillariophyta.</b> a, b, c) <i>Ulnaria ulna</i> , d, e, f) <i>Plagiotropis lepidoptera</i> var. <i>proboscidea</i> .....	169
<b>LÁMINA 8. Bacillariophyta.</b> a) <i>Gyrosigma acuminatum</i> , b) <i>G. macrum</i> , c) <i>Craticula ambigua</i> , d) <i>Iconella linearis</i> , e) <i>I. tenera</i> .....	170
<b>LÁMINA 9. Chlorophyta.</b> a) <i>Monactinus simplex</i> , b) <i>M. simplex</i> var. <i>echinulatum</i> , c) <i>Stauridium tetras</i> , d) <i>Coelastrum astroideum</i> , e) <i>C. indicum</i> , f) <i>C. sphaericum</i> , g) <i>Crucigenia tetrapedia</i> , h) <i>Desmodesmus granulatus</i> .....	171
<b>LÁMINA 10. Chlorophyta.</b> a) <i>Desmodesmus lefevrei</i> , b) <i>Scenedesmus ecornis</i> , c) <i>S. quadricauda</i> , d) <i>Tetradesmus dimorphus</i> , e) <i>T. incrassatulus</i> , f) <i>Tetrastrum heteracanthum</i> , g) <i>Willea rectangularis</i> , h) <i>Ankistrodesmus fusiformis</i> , i) <i>Kirchneriella lunaris</i> .....	172
<b>LÁMINA 11. Chlorophyta.</b> a) <i>Raphidocelis arcuata</i> , b) <i>Actinastrum hantzschii</i> , c) <i>Hindakia tetrachotoma</i> , d) <i>Mucidosphaerium pulchellum</i> , e) <i>Oocystis lacustris</i> , f) <i>Tetrachlorella alternans</i> .....	173
<b>LÁMINA 12. Charophyta.</b> a) <i>Closterium acutum</i> , b) <i>C. venus</i> , c) <i>Cosmarium bipunctatum</i> , d) <i>Sphaerososma laeve</i> , e) <i>Staurastrum tetracerum</i> .....	174

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Climograma para el estado de Tabasco 2016.....	207
<b>FIGURA 2.</b> Climograma para el estado de Tabasco 2017.....	207
<b>FIGURA 3.</b> Composición de los suelos en la RBPC.....	41
<b>FIGURA 4.</b> Tipo de vegetación y uso de suelo en la RBPC.....	42
<b>FIGURA 5.</b> Sistemas hidrológicos en la RBPC.....	43
<b>FIGURA 6.</b> Número de especies registradas durante ambos muestreos.....	133
<b>FIGURA 7.</b> Curva de acumulación de especies de especies obtenida por el estimador Jackknife 1.....	132
<b>FIGURA 8.</b> Abundancia relativa de grupos algales en las lagunas de estudio durante lluvias de norte y secas.....	135
<b>FIGURA 9.</b> Prueba de asociación de Olmstead-Tukey, colectas integradas.....	135
<b>FIGURA 10.</b> Diagramas de Piper-Hill-Langelier de las dos lagunas de estudio, en ambas estacionalidades.....	141
<b>FIGURA 11.</b> Salinidad calculada a partir de la concentración de iones disueltos en las dos lagunas de estudio, durante ambas estacionalidades.....	141
<b>FIGURA 12.</b> Análisis clúster de similitud Bray-Curtis. Colectas integradas (agrupación por superficie y profundidad).....	148
<b>FIGURA 13.</b> Análisis clúster de similitud Bray-Curtis. Colectas integradas (agrupación por estacionalidad).....	148
<b>FIGURA 14.</b> NMDS de similitud Bray-Curtis. Colectas integradas (agrupación por superficie y profundidad).....	149
<b>FIGURA 15.</b> NMDS de similitud Bray-Curtis. Colectas integradas (agrupación por estacionalidad).....	149
<b>FIGURA 16.</b> Análisis clúster de similitud Bray-Curtis. Colecta integrada de muestras superficiales (agrupación por estacionalidad).....	150
<b>FIGURA 17.</b> NMDS de similitud Bray-Curtis. Colecta integrada de muestras superficiales (agrupación por estacionalidad).....	150
<b>FIGURA 18.</b> Análisis de correspondencia canónica.....	151

## INDICE DE TABLAS Y ANEXOS

<b>TABLA 1.</b> Criterios del Índice propuesto por OCDE.....	208
<b>TABLA 2.</b> Escala del Índice TRIX.....	210
<b>TABLA 3.</b> Riqueza y composición taxonómica de las algas.....	130
<b>TABLA 4.</b> Prueba de asociación Olmstead-Tukey de colectas integradas.....	211
<b>TABLA 5.</b> Prueba de asociación Olmstead-Tukey para laguna el Viento.....	213
<b>TABLA 6.</b> Prueba de asociación Olmstead-Tukey para laguna San Pedrito.....	215
<b>TABLA 7.</b> Análisis de la fracción de fitoplancton >10 micras. Riqueza e índices de diversidad Shannon-Wiener (H'), dominancia de Simpson (D) y equidad de Pielou (J').....	136
<b>TABLA 8.</b> Variables físico-químicas obtenidas por la sonda multiparamétrica Hydrolab Laguna El Viento.....	138
<b>TABLA 9.</b> Variables físico-químicas obtenidas por la sonda multiparamétrica Hydrolab Laguna San Pedrito.....	139
<b>TABLA 10.</b> Hidroquímica.....	143
<b>TABLA 11.</b> Nutrientes.....	143
<b>TABLA 12.</b> Estado trófico de la laguna El Viento durante ambas temporadas.....	144
<b>TABLA 13.</b> Estado trófico de la laguna San Pedrito durante ambas temporadas.....	145
<b>ANEXO 1.</b> Nomenclatura de las muestras colectadas.....	205
<b>ANEXO 2.</b> Estacionalidad en la zona de muestreo.....	206
<b>ANEXO 3.</b> Índice trófico OCDE.....	208
<b>ANEXO 4.</b> Índice trófico multiparamétrico TRIX.....	209
<b>ANEXO 5.</b> Pruebas de asociación Olmstead-Tukey.....	211

# Resumen

La Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla (RBPC) es un humedal tropical que se encuentra al noreste de Tabasco ( $17^{\circ}57' 53''$  y  $18^{\circ}39' 03''$  N, y  $92^{\circ}06'39''$  y  $92^{\circ}47' 58''$  O), con una extensión de 3027.06 km<sup>2</sup>, siendo el humedal más extenso de México, el tercero en América Latina, y una zona relevante por poseer una importante cantidad de plantas y animales representativos de los humedales de Mesoamérica, influenciada principalmente por la región hidrológica Grijalva-Usumacinta (RHGU). En este trabajo, se presenta por primera vez, la ficoflora manifiesta de dos lagunas al interior de la RBPC, el Viento y San Pedrito, obtenida a partir de dos muestreos realizados durante noviembre 2016 y febrero 2017, de los cuáles se adquirieron datos bióticos y abióticos. Las especies registradas fueron documentadas por sus caracteres morfológicos, su distribución geográfica en el mundo y en México, sus ambientes y formas de vida. Además, se cuantificaron sus abundancias para ser analizadas con los índices ecológicos de diversidad (Shannon-Wiener), equidad (Pielou) y dominancia (Simpson); complementadas con los datos ambientales, para un análisis de correspondencia canónica (ACC). Aunado a esto, se hizo una caracterización hidroquímica de las lagunas de estudio, a través de los diagramas de Piper-Hill-Langelier, y el establecimiento del estado trófico por medio del índice de la OCDE y el índice multiparamétrico TRIX. Los resultados hidroquímicos reflejaron que las lagunas durante nortes presentan aguas bicarbonatas, pero en secas tienden a ser cloruradas, esto por la influencia marina que incrementa su salinidad. El estado trófico del agua es eutrófico en ambos sistemas. Se documentaron 68 especies, de las cuáles, 4 se registraron por primera vez para México, y 22 especies para Tabasco. El 61 % de las especies se han registrado en sistemas acuáticos eutrofizados e hipertróficos, y la forma de vida predominante es el planctónico (57.4 %), presentando una baja diversidad en ambas lagunas. Se observó que la dinámica de la RHGU y la estacionalidad a lo largo del año en el Golfo de México (secas, lluvias y lluvias de norte) influyen de manera importante sobre las lagunas, siendo la concentración de oxígeno disuelto, el pH, la temperatura y la salinidad, factores abióticos relevantes para la comunidad fitoplanctónica. Se concluye que pese a ser categorizado como una zona de conservación prioritaria para el país, se encuentra en un estado de deterioro, en donde la reducción de las zonas de selva, los aportes antropogénicos y las actividades económicas, han ido deteriorando los sistemas acuáticos, lo que repercute en el estado y la conservación de la biodiversidad que alberga la Reserva.

**Palabras clave:** Humedal, Ficoflora, Taxonomía, Ecología, Eutrofización, Conservación.

# 1. Introducción

Entre los retos que trae consigo el siglo XXI se encuentra el resguardar, conservar y seguir conociendo la biodiversidad, pero para ello, 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). Por lo que el estudio taxonómico, es una prioridad para la biología (Joppa *et al.*, 2011), ya que proporciona conocimientos que son piedra angular para una infinidad de investigaciones científicas, de índole bioquímico, celular, biotecnológico, hasta aquéllas relacionadas con los servicios ecosistémicos, modelos ecológicos, y la conservación de la biodiversidad (De Clerck *et al.*, 2013).

México se ubica entre las zonas neotropical y neártica, donde hacia el norte del territorio se presentan condiciones áridas y semiáridas, mientras hacia el sureste, la humedad predomina, albergando la mayor reserva de agua continental del país (Alcocer y Bernal-Brooks, 2010). Esta variedad de condiciones climáticas, acompañada de los grandes sistemas montañosos e hidrológicos, y su historia geológica/tectónica, han influido en la enorme diversidad biológica que alberga el territorio nacional.

Se estima que el país ocupa el primer lugar mundial en cuanto al número de especies de reptiles (864), el segundo lugar en mamíferos (564), el cuarto lugar en anfibios (376), el undécimo en aves (1,150) y posiblemente, el cuarto lugar en angiospermas (21,841) (Martínez-Meyer *et al.*, 2014). En el caso de las algas (marinas y dulceacuícolas) se han registrado 6,798 especies (Díaz-Larrea *et al.*, 2016; Novelo y Tavera, 2020).

Tabasco es una entidad ubicada en el sureste de México, entre las coordenadas geográficas 18° 39' y 17°15' de latitud norte; 91° 00' y 94° 07' de longitud oeste. Aquí los recursos hídricos ocupan una superficie de 7302.73 km<sup>2</sup>, distribuidos en 484 cuerpos con espejo de agua permanente y 1,684 vasos lacustres con características temporales (Rodríguez-Rodríguez, 2002). De la biodiversidad nacional, alberga el 23 % de vertebrados, el 12.12 % de plantas vasculares (Villaseñor, 2016) y 9.4 % de las algas registradas en el país (Quiroz-González *et al.*, 2017; Quiroz-González *et al.*, 2018; Novelo y Tavera, 2020).

## Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco, México

Además, cuenta con el 53 % de los humedales de agua dulce de la nación (Sánchez y Barba, 2005). Dentro de estas extensas áreas se encuentra la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla (RBPC), abarcando humedales de tipo marino-costeros y de aguas interiores (Barba-Macías *et al.*, 2006), que constituye el 94 % de la superficie protegida del estado, siendo una zona de humedales prioritaria para México, ya que junto con la laguna de Términos y las lagunas de Pom-Atasta, ocupan el primer lugar de Humedales en cuanto a extensión en México, el tercero en América Latina, e incluido dentro de los 10 más importantes del mundo (Sánchez *et al.*, 2007), albergando una diversidad representativa de los humedales tropicales de Mesoamérica (Sánchez y Barba, 2005).

Dentro de la RBPC se localizan 110 ecosistemas acuáticos permanentes, influenciados principalmente por la región hidrológica Grijalva-Usumacinta, que ocupa un 75 % de la superficie estatal, e influye directamente sobre la parte baja de la cuenca de la reserva, en donde se da la confluencia de los dos ríos (Romero-Gil *et al.*, 2000). Este sistema hidrológico ha sido alterado por múltiples factores, como la modificación de sus cauces para la creación de presas y diques, aunado al vertido de desechos domésticos e industriales (agroquímicos, organoclorados, productos químicos relacionados con la extracción de gas), que provocan un detrimento en la calidad del agua (Barba-Macías *et al.*, 2014).

Mientras que la Reserva se encuentra en un proceso de deterioro, principalmente por la actividad ganadera y agrícola, acompañadas de deforestación e incendios, lo que ha reducido la extensión del área de la selva, por considerarla “tierra ociosa” en la ley federal de reforma agraria, lo que ha conllevado la sustitución de vegetación primaria por pastizales para ganado (Sánchez *et al.*, 2007). Así como la introducción de algunas especies exóticas como tilapia, carpa herbívora, y caracoles (Barba-Macías *et al.*, 2014).

Al interior de la RBPC se encuentran las lagunas el Viento y San Pedrito, que son dos de las once lagunas interiores del estado con áreas mayores a 15 km<sup>2</sup> (Rodríguez-Rodríguez, 2002). De estos ecosistemas no se tiene información hasta el momento sobre la riqueza y diversidad de especies algales. Para el estado, se han registrado 482

especies planctónicas (Novelo y Tavera, 2020). Considerando la cantidad y variedad de cuerpos acuáticos en la entidad, acompañada de la escasa y dispersa información publicada sobre microalgas de Tabasco, se hace evidente la relevancia de estudios prospectivos que permitan reconocer la diversidad y riqueza de estos organismos en dichos ambientes, tanto por sus implicaciones ecológicas (producción de oxígeno molecular, base alimenticia en redes tróficas, organismos bioindicadores) (Beardall y Raven, 2004) como biotecnológicas (alimentos nutraceuticos, biocombustibles, biorremediación, obtención de sustancias de interés farmacológico) (Apt y Behrens, 1999; Raja *et al.*, 2008). Por lo que la elaboración de una ficoflora es una contribución fundamental para el avance del conocimiento científico, que puede incidir en la toma de decisiones, para mantener y conservar los recursos naturales.

## 2. Antecedentes

### 2.1. Generalidades del fitoplancton

El término plancton hace alusión al colectivo de organismos que viven parcial o continuamente en suspensión en el mar abierto, lagos, lagunas, estanques, reservorios y aguas de ríos (Reynolds, 2006). Se reconoce que el plancton puede ser un microecosistema, en el convergen un conjunto de organismos de diferentes tamaños y grupos biológicos, que se encuentran en la columna de agua interactuando energéticamente en una red compleja (Bertoni, 2011). Para su estudio se puede realizar un abordaje desde las tallas de los organismos que lo componen, las etapas en sus ciclos de vida, y su composición biológica (virioflancton, bacterioflancton, micoplancton, zooplancton y fitoplancton) (Sieburth *et al.*, 1978).

El fitoplancton, agrupa a los organismos que son fototróficos (donde se incluyen autótrofos, auxótrofos y mixótrofos), tanto procariotas como eucariotas (Sieburth *et al.*, 1978) con pigmentos fotosintéticos como clorofilas, ficobiliproteínas y carotenoides, capaces de transformar la energía solar mediante la fotosíntesis oxigénica, utilizando dióxido de carbono, nutrientes y metales traza (Zeitzschel, 1978), siendo importantes productores primarios de carbono orgánico en los pelágicos de los mares y de las aguas

continentales (Reynolds, 2006). Algunos grupos de microalgas, como los dinoflagelados, por ejemplo, pueden ser heterotróficos temporalmente, es decir, acumulan partículas orgánicas a partir de sustancias orgánicas disueltas (osmotrofia) o incluso partículas de materia orgánica (fagotrofia) (Zeitzschel, 1978).

Presentan diferentes niveles de organización biológica (unicelulares, colonias, cenobios, cadenas, filamentos) con un amplio intervalo de tallas, de  $<1 \mu\text{m}$  hasta  $100 \mu\text{m}$  (Graham *et al.*, 2016), pero incluso, alcanzan dimensiones de hasta  $500 \mu\text{m}$  (Bowling, 2009). De acuerdo con la clasificación propuesta por Sieburth y colaboradores (1978), se reconocen 5 categorías del fitoplancton de acuerdo con sus dimensiones: picofitoplancton ( $0.2\text{-}2 \mu\text{m}$ ), nanofitoplancton ( $2\text{-}20 \mu\text{m}$ ), microfitoplancton ( $20\text{-}200 \mu\text{m}$ ), mesofitoplancton ( $200 \mu\text{m}\text{-}2 \text{mm}$ ) y macrofitoplancton ( $>2 \text{mm}$ ).

## 2.2. Grupos algales predominantes en el fitoplancton dulceacuícola

La clasificación de las algas a nivel de grandes grupos ha sido establecida de manera clásica a partir de los pigmentos fotosintéticos primarios y accesorios, naturaleza química de los productos de reserva, constituyentes de paredes celulares, presencia/ausencia de una envoltura de retículo endoplásmico alrededor de los plástidos, presencia/ausencia de células flageladas, niveles de organización celular y morfología, ultraestructura e historias de vida (Van den Hoek *et al.*, 1995) donde ha existido un consenso, no obstante, en subcategorías internas como familias, géneros y especies, se encuentran en constante revisión, dada la reevaluación de sus caracteres diagnósticos, propiciada por el incremento de información morfológica, ecológica, historias de vida, y más recientemente, el uso de secuencias de genes y marcadores moleculares (Komárek, 2010; Komárek *et al.*, 2014; Medlin, 2016; Fang *et al.*, 2017).

Los grupos algales que han sido reconocidos como componente del plancton dulceacuícola son Cyanoprokaryota, Glaucophyta, Chlorophyta, Euglenophyceae, Cryptophyta, Raphidophyta, Xanthophyta, Eustigmatophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Haptophyta y Dinophyta (Reynolds, 2006). Algunas otras divisiones que pueden estar presentes en agua dulce son las Rhodophyta y Charophyta, que se

encuentran adheridas a un sustrato, pero no forman parte de la comunidad fitoplanctónica (Bowling, 2009).

Algunos grupos algales presentan una mayor presencia en la comunidad planctónica, esto se debe al número de especies conocidas para cada división, a su morfología, a la diversidad de niveles de organización que exhiben, e historias de vida (Reynolds, 2006; Graham *et al.*, 2016), pero a su vez, a estrategias ecológicas que les permiten la flotabilidad y movimiento a lo largo de la columna de agua (producción de lípidos, vesículas de gas, flagelos) (Bowling, 2009), la utilización eficiente de la luz (Schwaderer *et al.*, 2011), eficiencia para enfrentar la poca disponibilidad de nutrientes, metabolismo mixótrofo, o la generación de sustancias aleloquímicas (Litchman y Klausmeier, 2008).

Esto ha conducido a que algunos grupos algales tengan un mayor éxito al colonizar el plancton dulceacuícola, entre los que destacan las cianoprocariotas, euglenofíceas, diatomeas y clorofitas (Bowling, 2009).

### 2.2.1. Cyanoprokaryota

#### Generalidades

Es un grupo de organismos fotoautótrofos procariotas, tradicionalmente denominados algas verde-azules (Cyanophyta), reconocidas actualmente como cianobacterias o cianoprocariotas. Se les considera los organismos responsables del cambio de una atmósfera anoxigénica durante el Arqueano, a una oxigénica durante el Proterozoico, hace 3500 millones de años, producto de la evolución del fotosistema II, que es una innovación evolutiva que se extendió con la aparición y diversificación de los plastidios, desde las algas hasta las angiospermas (Falcón *et al.*, 2010). Son consideradas como “fósiles vivientes”, ya que su forma y estructura se ha mantenido muy similar a las especies actuales (Hindák, 2008; Komárek *et al.*, 2014). Siendo el grupo procariota más diverso a nivel morfológico y genético, posee una diferenciación celular, y presenta niveles de organización unicelular, colonial, filamentoso (Komárek y Anagnostidis, 1999; Komárek y Anagnostidis, 2005; Komárek, 2013). Poseen clorofila *a* y como pigmentos

accesorios, ficocianina, ficoeritrina y carotenoides. Presentan polisacáridos de reserva, denominados almidón cianofíceano y cuerpos de polifosfato. Además, carboxisomas, que es donde se encuentra la RuBisCO (enzima primaria de la fotosíntesis en la fijación de carbono). Se reproducen asexualmente, por fisión binaria. En ocasiones los filamentos se llegan a fragmentar, generando piezas cortas del tricoma (hormogonios), que adquieren movilidad, y posteriormente desarrollan nuevos filamentos (Whitton, 2012).

Algunas de ellas poseen células especializadas, entre las que se encuentran los heterocitos (fijación de nitrógeno atmosférico a través de la nitrogenasa), los acinetos (contienen sustancias de reserva, además de fungir como estructuras de resistencia), y los necridios (células que dan pauta al rompimiento de los filamentos) (Whitton, 2012).

Habitán ambientes acuáticos predominantemente, pero también sitios subaéreos con humedad, y lugares extremos como los desiertos y los polos (Graham *et al.*, 2016). Son capaces de generar blooms o floraciones, generalmente en cuerpos acuáticos lénticos, provocando problemas severos de anoxia, alteraciones en redes tróficas y toxicidad, ya que son capaces de producir una amplia diversidad de toxinas, conocidas como cianotoxinas (Sant'Anna *et al.*, 2006).

Entre los principales géneros presentes en el fitoplancton dulceacuícola se encuentran *Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Coelosphaerium*, *Chroococcus* (*Limnococcus* en ambientes acuáticos), *Merismopedia* y *Microcystis* del orden Chroococcales; *Planktothrix*, *Planktolyngbya*, *Pseudanabaena*, *Spirulina*, *Gleiterinema*, *Planktotrichoides* y *Lyngbya* del orden Oscillatoriales; *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Dolichospermum* y *Nodularia* del orden Nostocales (Bowling, 2009; Sant'Anna *et al.*, 2018).

### **Sistemática**

El estudio sistemático del grupo se ha encontrado bajo la revisión de bacteriólogos y ficólogos, regidos por el Código Internacional de Nomenclatura de Bacterias (ICNB) y el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (ICBN) respectivamente (Palinska y Surosz, 2014; Dvorák *et al.*, 2015). Esta situación había provocado disenso respecto a su

posición sistemática. No obstante, el sistema formal que se sigue en la actualidad es el propuesto por Jirí Komárek y Konstantinos Anagnostidis (Hindák, 2008; Palinska y Surosz, 2014; Dvorák *et al.*, 2015), que conjunta la información de ambos códigos, proponiendo lo que se denominan estudios polifásicos, que integran datos morfológicos, ecológicos, ultraestructurales y moleculares (Komárek *et al.*, 2014). Este sistema proporciona coincidencias y correlaciones de los diferentes criterios, mejorando la práctica taxonómica, y la dilucidación más clara de las relaciones evolutivas entre las especies (Komárek, 2018).

Entre los elementos morfológicos y estructurales que caracterizan la práctica taxonómica clásica, se encuentran los niveles de organización, forma de la célula, planos de división, historias de vida, presencia y tipo de vaina, polaridad, ramificaciones, presencia/ausencia/forma/posición/desarrollo de células especializadas (Hindák, 2008). Estos elementos dieron estructura a cuatro órdenes: Chroococcales, Oscillatoriales, Nostocales y Stigonematales, reconocidos por el ICBN. Pero a partir de una revisión y recopilación de la información existente en Europa, Komárek y Anagnostidis proponen un esquema que reconoce tres: Chroococcales (Komárek y Anagnostidis, 1999), Oscillatoriales (Komárek y Anagnostidis, 2005) y Nostocales (Komárek, 2013). Pero recientemente, Komárek y colaboradores (2014) realizaron una integración de información filogenética, morfológica, y de patrones ultraestructurales de los tilacoides, obteniendo como resultado ocho grandes órdenes: Gloeobacterales, Synechococcales, Spirulinales, Chroococcales, Pleurocapsales, Oscillatoriales, Chroococciopsidales y Nostocales.

La introducción de los estudios polifásicos reordenó y reconstituyó nuevas familias y géneros, lo que condujo a la transferencia de varias especies a otros grupos, e incluso la creación de nuevas familias, géneros y especies (Komárek, 2012; Komárek, 2016). Por lo que es indispensable la revisión y reevaluación de una serie de grupos complejos que fueron establecidos a partir de la taxonomía tradicional, y que actualmente deben ser revisados y reevaluados (Komárek, 2010; Komárek, 2018).

Uno de los órdenes particularmente complejo es Synechococcales. Tradicionalmente contenía géneros unicelulares y coloniales, y algunos con formas

bacilloides, además de formas filamentosas simples. En el esquema propuesto por Komárek y colaboradores (2014) se consolidaba con 11 familias, siendo Pseudanabaenaceae, Leptolyngbyaceae, Romeriaceae, Heteroleibleiniaceae y Schizotrichaceae las que contienen formas filamentosas simples con tilacoides dispuestos periféricamente, a diferencia de las seis restantes, que poseen un arreglo tilacoidal parietal. Mai y colaboradores (2018) realizaron un estudio polifásico de la familia Leptolyngbyaceae, evidenciando que se encontraban en su interior, cuatro familias monofiléticas, redefiniendo a Leptolyngbyaceae y Prochlorotrichaceae, y describiendo Trichocoleaceae y Oculatellaceae, siendo esta última, la que contiene seis nuevos géneros y catorce especies.

En el orden Chroococcales, un par de géneros complejos son *Aphanothece* (Komárek *et al.*, 2011) y *Synechocystis* (Korelusová *et al.*, 2009). En el primer caso, se habían descrito de manera clásica, tres subgéneros en su interior, uno de ellos es *Anathece*, que, mediante el enfoque polifásico, se establece como un nuevo género (Komárek *et al.*, 2011). En el caso de *Synechocystis*, se reconoce como el tipo a *S. aquatilis*, que se encuentra asociado a la cepa PCC6803, que es la primera cepa de cianoprocaritas a la que se le secuenció todo el genoma. No obstante, la forma actual del género posee un segundo morfotipo, asociado con la cepa PCC6308, que fue seleccionada como referencia del género *Synechocystis* en el Manual de Bergey. En un estudio polifásico realizado por Korelusová y colaboradores (2009) se determinó a este segundo morfotipo como entidad diferente, por lo que se estableció como género nuevo, *Geminocystis*.

En el orden Oscillatoriales, *Lyngbya*, *Phormidium*, y *Plectonema*, constituían un grupo que se creía estrechamente relacionado, denominado como LPP, del cual se han creado nuevos géneros como *Leptolyngbya* y *Geitlerinema* (Palinska *et al.*, 2011). El género *Lyngbya* particularmente, se reconoce como polifilético, compuesto por muchos taxones no relacionados, con similitudes morfológicas (Engene *et al.*, 2018; Komárek, 2018). A partir del uso de criterios polifásicos, se han obtenido varios géneros nuevos, por ejemplo, de una cepa de *Lyngbya majuscula* se ha descrito el género *Dapis*, con dos

especies, *D. pleousa* y *D. pnigousa* (Engene *et al.*, 2018), pero a partir de esto, se ha identificado que ejemplares determinados como *L. majuscula* y recolectados en regiones tropicales marinas a lo largo del planeta, son miembros de los nuevos géneros *Okeania* y *Moorea* (Engene *et al.*, 2018). Algunos otros géneros recientes que se han desprendido son *Eulyngbya*, *Microseira* y *Limnoraphis* (Komárek, 2018).

En el caso del género *Phormidium*, tal y como se definía en la literatura clásica, hacía suponer que existían en su interior varias entidades (Palinska *et al.*, 2011). Komárek y Anagnostidis (2005) habían establecido 8 grupos morfológicos, en los que se encontraban contenidas 109 especies. Esto condujo a su revisión y reestructuración, ya que se incluían una gran cantidad de especies con una amplia variedad morfológica, con diferentes tamaños y proporciones en las células, células apicales distintas y grados de constricción en las paredes transversales desiguales. Además de tener una ecología muy diferente (agua dulceacuícola, aguas termales, marismas, ambiente terrestre) (Palinska *et al.*, 2011). Por lo que, a partir de estudios polifásicos, se han desprendido varios géneros nuevos como *Oxynema* (Chatchawan *et al.*, 2012), *Kamptonema* (Strunecký *et al.*, 2014), *Cephalothrix*, *Phormidesmis*, *Wilmottia* (Malone *et al.*, 2015), *Ancylothrix*, *Ammassolinea* y *Roseofilum* (Martins *et al.*, 2016).

Mientras que en el orden Nostocales, se unificaron los géneros *Raphidiopsis* y *Cylindrospermopsis*, a partir de un estudio integrativo multigenes, en donde algunos de los caracteres morfológicos y ecológicos de *Cylindrospermopsis*, han sido incorporados a *Raphidiopsis*, donde la presencia/ausencia de heterocitos, ya no es un carácter diacrítico entre estos géneros, por lo que se reconoce como una sola entidad genérica a *Raphidiopsis* (Aguilera *et al.*, 2018).

Entre las principales secuencias y marcadores moleculares empleados en estos estudios polifásicos se encuentran la secuencia 16S rRNA (Rajaniemi *et al.*, 2005; Korelusová *et al.*, 2009; Komárek *et al.*, 2011; Palinska *et al.*, 2011; Chatchawan *et al.*, 2012; Komárek *et al.*, 2014; Strunecký *et al.*, 2014; Malone *et al.*, 2015; Komárek, 2016; Aguilera *et al.*, 2018; Engene *et al.*, 2018; Komárek, 2018; Mai *et al.*, 2018), región ITS 16S-23S rRNA (Korelusová *et al.*, 2009; Malone *et al.*, 2015; Martins *et al.*, 2016; Aguilera *et al.*, 2018; Engene

*et al.*, 2018; Mai *et al.*, 2018), *rbcLX* (gen asociado a la fijación de carbono) (Rajaniemi *et al.*, 2005; Mai *et al.*, 2018), *nifH* (gen del operón de la nitrogenasa) (Rajaniemi *et al.*, 2005), *cpcA-cpcB* (subunidad de ficocianina A y B) (Aguilera *et al.*, 2018; Mai *et al.*, 2018), RAPD (amplificación aleatoria de ADN polimórfico) (Palinska *et al.*, 2011), RFLP (polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción) (Palinska *et al.*, 2011), *rpoB* (Rajaniemi *et al.*, 2005; Mai *et al.*, 2018), *rpoC1* (Mai *et al.*, 2018) e IGS (espaciador intergénico) (Aguilera *et al.*, 2018; Mai *et al.*, 2018).

Algunos otros géneros reconocidos recientemente a partir de la taxonomía clásica son *Cyanoaggregatum*, *Macrospermum* y *Trichormus*. En el primer caso, la especie tipo es *Cyanoaggregatum brasiliense*, que presenta diferencias notables con otros grupos de *Chroococcales*, por la morfología de la colonia, el arreglo de las células, la envoltura colonial, la división celular, la forma de vida planctónica, y su ecología (agua salobre) (Werner *et al.*, 2008). Los dos géneros restantes surgieron del género constituido como *Anabaena*, que junto con *Aphanizomenon* y *Nostoc* son géneros complejos del orden *Nostocales* (Rajaniemi *et al.*, 2005). El nuevo género, *Macrospermum*, se constituyó a partir del reconocimiento de un conjunto de 4 especies que conformaban un clúster independiente a las otras especies del género, conformado por *A. fuelebornii*, *A. volzii*, *A. unispora* y *A. mysorensis*, teniendo una morfología notoriamente diferente a otras especies de *Anabaena*, principalmente por la estructura subsimétrica de los tricomas, la posición de heterocito y acineto, y una ecología restringida (tropical) (Komárek, 2008). Mientras que el género *Trichormus* se caracterizó fundamentalmente por el desarrollo del acineto, lo que condujo a *Anabaena variabilis*, *A. azollae* y *A. doliolum* a este nuevo género (Rajaniemi *et al.*, 2005).

A pesar de los avances en la sistemática de las cianoprocariontes a partir del enfoque polifásico, existen dificultades por la ausencia de cultivos de algunas especies para obtener su información genética (Komárek, 2008; Werner *et al.*, 2008; Palinska y Surosz, 2014), por lo que el trabajo previo, que consiste en la identificación y el aislamiento de las especies de su ambiente, requiere el uso de herramientas clásicas, como la delimitación

por morfoespecies en conjunción a su ecología, siendo elementos relevantes para constituir el enfoque polifásico (Komárek, 2010; Nabout *et al.*, 2013; Komárek, 2018).

### 2.2.2. Euglenophyceae

#### Generalidades

Reconocidos como euglenoides o euglenofitas, son organismos eucariotas, unicelulares de vida libre, principalmente fotoautotróficos, presentando como pigmentos fotosintéticos primarios clorofila *a* y *b*, y como accesorios, betacarotenos y neoxantina, además de presentar paramilón como producto de reserva (Van den Hoek *et al.*, 1995). Hay algunas especies incoloras que perdieron la capacidad de fotosintetizar, así como un aparato fotosensorial asociado con los cilios (especies osmotróficas secundarias) (Bicudo y Menezes, 2016). Pueden cambiar de forma, presentando metabolia o movimiento euglenoideo. Los euglenoides están desnudos, carecen de una pared celular, pero poseen una estructura conocida como película, justo dentro de la membrana celular exterior, que se compone de tiras proteicas superpuestas que se enrollan helicoidalmente alrededor de la célula y proporcionan una flexibilidad considerable para cambiar de forma (Bowling, 2009). Existe también un grupo donde las células desnudas están encerradas en una capa externa no viva que las rodea, conocida como lórica. Regularmente se encuentran adornados con espinas, poseen un cuello o poro corto, a través del cual emergen los flagelos. Presentan un estigma (mancha ocular), conformado por gránulos de carotenos, que funciona como un sistema fotoreceptor, que capta el estímulo lumínico (Triemer y Zakrys, 2015). Poseen una vacuola contráctil que ayuda con la regulación osmótica. Cuentan con mucocistos (cuerpos mucíferos) que secretan mucílago que se emplea en la lubricación de los movimientos metabólicos y en el desarrollo de pedúnculos en algunas especies. Su locomoción es provocada por uno o dos flagelos emergentes. Su reproducción principalmente es asexual. Algunas especies pueden formar quistes para soportar períodos de condiciones ambientales desfavorables (Van den Hoek *et al.*, 1995).

Se desarrollan principalmente en lagos, lagunas, pero especialmente en pequeños estanques, represas y canales, con alto contenido de materia orgánica, eutróficos. La

mayoría de las especies se encuentran en agua dulceacuícola, pero existen pocas especies salobres y marinas (Triemer y Zakrys, 2015).

Entre los géneros comunes en el fitoplancton dulceacuícola se encuentran *Trachelomonas*, *Phacus*, *Euglena*, *Strombomonas* y *Lepocinclis* (Huber-Pestalozzi, 1955; Bowling, 2009; Triemer y Zakrys, 2015).

### **Sistemática**

La clase Euglenophyceae se constituye como un linaje principalmente fotoautotrófico, que adquirió secundariamente un cloroplasto de las algas verdes por simbiogénesis (Cavalier-Smith, 2016), evidenciado por las tres membranas que envuelven a sus plástidos, que usualmente son de forma discoidal (Delwiche, 2007). Se encuentra inmersa en el phylum Euglenozoa, que junto con Kinetoplastida, Diploma y Symbiontida, forman un grupo monofilético soportado por datos ultraestructurales y moleculares (Cavalier-Smith, 2016). Se le reconocía tradicionalmente como un grupo ambirreinal, ya que su estudio se ha realizado tanto por protistólogos como por ficólogos. Entre los principales taxones fotosintéticos reconocidos de manera clásica se encuentran *Euglena*, *Trachelomonas*, *Cryptoglena*, *Colacium*, *Lepocinclis* y *Phacus*, que fueron descritos a mediados de 1800 (Huber-Pestalozzi, 1955). Entre los elementos que se han usado a través del tiempo para su clasificación se encuentran la presencia/ausencia de plástidos, la coloración (incolores y pigmentadas), formas de nutrición (fototrófico, osmotrófico o fagotrófico), forma del cuerpo (simetría radial, o asimetría), estructura y número de flagelos, metabolía, construcción de la película, presencia/ausencia de estigma, presencia del producto de reserva (Triemer y Farmer, 2007).

El principal sistema de clasificación actual se encuentra soportado por una propuesta de finales de los sesenta, propuesto por G. F. Leedale, en el que conjunta datos morfológicos, fisiológicos y ultraestructurales. Este incluyó como caracteres diagnósticos relevantes la inserción, número y morfología flagelar, la presencia de estigma independiente del cloroplasto, simetría helicoidal de la célula, y un huso mitótico cerrado con un nucleolo persistente. Este esquema estableció 6 órdenes: Euglenales, Eutreptiales, Euglenamorphales, Rhabdomonadales, Sphenomonadales y

Heteronematales (Triemer y Farmer, 2007). Un aspecto relevante es que se considera a la reducción en el número de flagelos como un evento evolutivo relevante para comprender la filogenia del grupo, que separó las formas fotosintéticas de las incoloras, con un antepasado fagotrófico que involucra formas fototróficas a través de la simbiosis secundaria (Bicudo y Menezes, 2016). Por lo que este sistema se ha utilizado como una referencia, que combinado con el enfoque de multigenes, dará un mayor soporte y dilucidación sobre las relaciones existentes entre los taxa dentro del grupo (Bicudo y Menezes, 2016; Cavalier-Smith, 2016).

Uno de los primeros estudios con el enfoque multigenes en Euglenophyceae, empleó 92 secuencias obtenidas de los géneros *Euglena*, *Astasia*, *Phacus*, *Trachelomonas*, *Colacium*, *Cryptoglana*, *Lepocinclis*, *Eutreptia*, *Eutreptiella* y *Tetreutreptia*. Como resultado, se estableció la formación de un clado denominado Euglenophyceae, conformado por los órdenes Eutreptiales y Euglenales (Marin *et al.*, 2003). Recientemente se ha adicionado un tercer orden: Rapaza (Cavalier-Smith, 2016). El orden Euglenales incluye organismos fototróficos y heterotróficos, con especies que se presentan en ambientes de agua dulce, poseen una película rígida o flexible, formada por un número relativamente grande de tiras helicoidales. Las formas fototróficas, presentan una película con una espiral posterior de tiras cortas (Bicudo y Menezes, 2016). En el orden Eutreptiales, se incluyen especies marinas y salobres principalmente (*Eutreptia* y *Eutreptiella*), aunque con algunas especies presentes en agua dulceacuícola, poseen células fototróficas con una película flexible formada por un número relativamente grande de tiras helicoidales, y carecen de un aparato de alimentación conspicuo. Finalmente, Rapaza que incluye solo una especie marina, *R. viridis*, se caracteriza por un metabolismo mixotrófico, con un novedoso aparato de alimentación compuesto por una varilla de microtúbulos y una bolsa de alimentación (Bicudo y Menezes, 2016).

El orden Euglenales se ha reconocido como un grupo complejo, en donde solo se encontraba una familia constituida: Euglenaceae, que es la que presenta la mayor diversidad fenotípica dentro de la clase, conteniendo géneros como *Colacium*, *Cryptoglana*, *Euglena*, *Euglenaria*, *Euglenaformis*, *Monomorphina*, *Strombomonas* y

*Trachelomonas* (Bennett y Triemer, 2015). A partir del uso del enfoque multigenes-ultraestructura se estableció una nueva familia, Phacaceae, en la cual se han incluido los géneros *Phacus*, *Lepocinclis* y *Discoplastis* (Kim *et al.*, 2010). Con respecto a los géneros, se ha reconocido consistencia en algunos como *Trachelomonas*, *Strombomonas* y *Colacium* (Marin *et al.*, 2003; Ciugulea *et al.*, 2008). En el estudio multigenes-ultraestructura de Ciugulea y colaboradores (2008), se confirma la constitución como géneros lóricados distintos, a *Trachelomonas* y *Strombomonas*, conformando un clado monofilético dentro del linaje de Euglenophyceae. Resaltando que los taxones con espinas forman un par subclados juntos, y los taxones más redondeados, sin espinas forman subclados independientes a los anteriores. También se reconocen géneros que contienen más de una entidad y son polifiléticos (Linton *et al.*, 2000; Marin *et al.*, 2003; Triemer *et al.*, 2006), como es el caso de *Euglena*, que desde su creación ha originado nuevos géneros como *Astasia*, *Phacus*, *Lepocinclis* y *Khawkinea* a partir de caracteres morfológicos; *Monomorphina*, constituido por algunos taxones pertenecientes de *Phacus* y *Euglena*; *Lepocinclis* conformado por especies de *Euglena*, con cloroplastos discoides, sin pirenoides y película rígida (Marin *et al.*, 2003). O especies como *Euglena proxima*, constituyendo nuevos géneros como *Euglenaformis* a partir de un estudio con el genoma plastidial (Bennett *et al.*, 2014). Algunos otros géneros de reciente aparición por el enfoque multi-genes son *Discoplastis* (Triemer *et al.*, 2006) y *Euglenaria* (Linton *et al.*, 2010).

Con respecto a los genomas plastidiales secuenciados de Euglenophyceae, el primer genoma fue el de *Euglena gracilis* representante por largo tiempo de todos los taxones fotosintéticos dentro de la clase (Bennett y Triemer, 2015). Pero dado el uso del enfoque multigenes, se hizo evidente la tarea de obtener mayor número de genomas plastidiales secuenciados, ya que se ha podido notar que el genoma plastidial de *E. gracilis* no era necesariamente representativo de Euglenophyceae, ya que se han observado notables diferencias entre taxones, en tamaños de los genomas, cantidad de intrones y orden de genes (Bennett y Triemer, 2015). Entre los genomas plastidiales secuenciados se encuentran *Cryptoglana skujai*, *Euglena gracilis* var. *bacillaris*, *E. viridis*,

*Euglenaria anabaena*, *Monomorphina parapyrum* y *Trachelomonas volvocina* (Bennett y Triemer, 2015).

Entre las principales secuencias y marcadores moleculares empleados se encuentran la secuencia SSU rRNA (subunidad pequeña ribosómica nuclear) (Marin *et al.*, 2003; Bennett *et al.*, 2014; Bicudo y Menezes, 2016), SSU rDNA (Linton *et al.*, 2000; Marin *et al.*, 2003; Triemer *et al.*, 2006; Ciugulea *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2010; Bicudo y Menezes, 2016), 16S rDNA (subunidad pequeña del cloroplasto) (Linton *et al.*, 2010; Bicudo y Menezes, 2016), *rbcl* (genes del cloroplasto) (Kim *et al.*, 2010; Bennett y Triemer, 2015; Bicudo y Menezes, 2016), *cpLSU rDNA* (subunidad ribosomal larga del cloroplasto) (Triemer *et al.*, 2006; Ciugulea *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2010; Linton *et al.*, 2010; Bennett y Triemer, 2015; Bicudo y Menezes, 2016), *hsp70* (proteína 90 de choque térmico) (Triemer *et al.*, 2006), *hsp90* (proteína 90 de choque térmico) (Triemer *et al.*, 2006; Bicudo y Menezes, 2016; Cavalier-Smith, 2016), 18S rDNA (Cavalier-Smith, 2016), *psbO* (Bicudo y Menezes, 2016), PAR 1 y 2 (Triemer *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2010).

Los estudios multigenes integrando características morfológicas y ultraestructurales, han demostrado un mayor soporte para los nodos internos en el árbol filogenético de Euglenophyceae, y han ido resolviendo relaciones entre los géneros principales en el linaje fotosintético de Euglenozoa (Triemer *et al.*, 2006; Ciugulea *et al.*, 2008; Bennett y Triemer, 2015). No obstante, muchos de estos trabajos han demostrado que hay varios aspectos morfológicos característicos entre los linajes fototróficos, como la forma, plasticidad celular, morfología del plástido, diversidad de granos de paramilón y lóricas; por lo que es fundamental el uso de herramientas de identificación clásicas y su combinación con secuencias y marcadores moleculares (Bicudo y Menezes, 2016).

### 2.2.3. Bacillariophyta

#### Generalidades

Corresponden a un grupo de eucariontes que son predominantemente fotosintéticos, aunque algunas son heterótrofas, capaces de sobrevivir con una fuente de carbono orgánico (Graham *et al.*, 2016). Presentan clorofilas *a*, *c*<sub>1</sub>, *c*<sub>2</sub> que se encuentran asociadas con pigmentos carotenoides como betacaroteno, diatoxantina y fucoxantina, que son los que les confieren la tonalidad parda a las células. Son unicelulares, algunas son capaces de formar colonias, y otras son filamentosas. Una característica distintiva, es la composición de sílice de su pared celular (Van den Hoek *et al.*, 1995). Se ha identificado en algunas especies la locomoción a través de la secreción canalizada a lo largo de hendiduras especiales en la pared celular (sistema rafe) (Mann, 2011). Su reproducción consiste en la alternancia entre una fase vegetativa en donde las células se dividen mitóticamente, reduciendo su tamaño celular y una fase de rejuvenecimiento (precedida por reproducción sexual), en donde el tamaño celular se restablece al máximo, mediante la formación de una auxóspora (Mann, 2011).

Poseen una amplia distribución en ambientes marinos, son causantes de la mayor parte de la producción primaria en las zonas de surgencia, siendo el componente principal del fitoplancton marino, también parte importante de las comunidades bentónicas, además de que se les encuentran en aguas interiores, y con formas de vida epizoica y epifítica (Tiffany, 2011). Asimismo, son excelentes bioindicadores, ya que responden rápidamente a las perturbaciones ambientales, exhibiendo cambios a nivel de la estructura y la dinámica de la comunidad, así como las condiciones tróficas y de calidad del agua (Round *et al.*, 2000; Graham *et al.*, 2016).

Entre algunos de los géneros comunes en el fitoplancton dulceacuícola se encuentran *Aulacoseira*, *Asterionella*, *Cocconeis*, *Cyclotella*, *Fragilaria*, *Ghomphonema*, *Gyrosigma*, *Navicula*, *Synedra*, *Tabellaria* (Nardelli *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2018b), no obstante, es usual encontrar en el plancton géneros cuyos representantes no son típicos, y esto puede deberse a diversos factores físicos que pueden resuspenderlas cuándo se encuentran en gran abundancia.

## Sistemática

Filogenéticamente las diatomeas se encuentran inmersas dentro del super grupo Stramenopila, en la rama que presenta a los organismos fotosintéticos, con presencia típica de plástidos (aunque algunas especies pueden tener un metabolismo secundario de tipo heterotrófico). Son reconocidos por otros nombres, como algas heterokontas, Heterokontophyta, algas Stramenofilas, Stramenochromes y Ochrophyta. Se considera que el grupo se originó de un antepasado común que poseía un plástido derivado de un endosimbionte secundario, proveniente del linaje rojo (Rhodophyta) (Graham *et al.*, 2016).

El estudio taxonómico de las diatomeas se ha centrado primordialmente en la morfología de las frústulas, siendo base para su identificación y clasificación (Cox, 2011). Los primeros caracteres diagnósticos que se consideraron son la forma de la valva, simetría, presencia/ausencia de rafe y nódulos, número y estructura de plástidos, auxósporas (Williams y Kociolek, 2011). De forma clásica, se han reconocido dos grandes agrupaciones: céntricas y pennadas, sustentando principalmente en la simetría y los procesos de reproducción sexual, que, complementándose con información del protoplasto, el núcleo y la combinación de observaciones por microscopía de luz y microscopia electrónica de barrido, han permitido reconocer tres grandes clases: Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae y Fragilariophyceae, y once subclases (Round *et al.*, 2000). Este esquema es de gran utilidad, porque permite identificar especímenes en alguno de los tres grandes grupos (céntricas, aráfidas o rafidas), no obstante, es un sistema de clasificación artificial (Williams y Kociolek, 2011). Entre los elementos morfológicos-ultraestructurales empleados en la taxonomía clásica del grupo se encuentran el frústulo (membrana silificada completa de una diatomea con todas sus partes, se compone de ópalo biogénico o sílice amorfo hidratado, a veces con impregnaciones de aluminio, magnesio, hierro, y titanio) (Graham *et al.*, 2016), la estructura/simetría/forma de las valvas (parte plana o poco convexa del frústulo, en la epiteca (epivalva-epicíngulo) e hipoteca (hipovalva-hipocíngulo)), rafe (fisura elongada o

un par de fisuras a lo largo de la valva, colocada en el centro, o cerca del margen valvar), estrías (es una o más líneas de areolas o poros, o un solo alveolo) (Navarro-Ramas, 2009).

Un esquema que integra tanto caracteres morfológicos, ultraestructurales y datos moleculares, fue propuesto por Medlin y Kaczmarska (2004), donde se establecen dos grandes subdivisiones: Coscinodiscophytina y Bacillariophytina, con tres clases: Coscinodiscophyceae (céntricas radiales), Mediophyceae (céntricas polares + Thalassiosirales radiales) y Bacillariophyceae (pennadas). Este es un sistema empleado actualmente en los estudios sistemáticos y taxonómicos del grupo, que se perfilan a estudios integrativos, combinando información morfológica, ultraestructural y genética (Williams y Kociolek, 2011; Medlin, 2016).

En estos nuevos estudios para reconstruir la filogenia al interior de las diatomeas, se han usado desde rRNA nuclear hasta genes nucleares, plastídicos y mitocondriales (Lee *et al.*, 2013). Este enfoque ha permitido reconocer grupos monofiléticos, como el caso de *Bacteriastrium*, que con cepas provenientes del mar Adriático (*B. furcatum*, *B. hyalinum*, *B. jadrantum* y *B. mediterraneum*) confirman la monofilia del grupo (Bosak *et al.*, 2015); reconocimiento de especies crípticas al interior de especies que tienen variación morfológica, estructurando grupos complejos, como *Sellaphora pupula* (Evans *et al.*, 2007; Evans *et al.*, 2008), del que se ha descartado su monofilia, exhibiéndolo como un grupo parafilético o polifilético, dado sus agrupamientos con clústers de *S. bacillum* y *S. lanceolata*. No obstante, se ha logrado determinar que el género *Sellaphora* es un grupo monofilético (Evans *et al.*, 2008). Y la aparición de nuevos géneros como *Astrocyne* (Ashworth *et al.*, 2012) y *Mediopyxis* (Kühn *et al.*, 2006).

Entre las principales secuencias y marcadores moleculares empleados se encuentran el gen 16S (Medlin y Kaczmarska, 2004), 18S rDNA (Medlin y Kaczmarska, 2004; Evans *et al.*, 2007; Evans *et al.*, 2008; Williams y Kociolek, 2011), SSU rRNA (Kühn *et al.*, 2006; Ashworth *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2013; Medlin, 2016), LSU (Lee *et al.*, 2013; Bosak *et al.*, 2015; Medlin, 2016), *rbcL* (Evans *et al.*, 2007; Evans *et al.*, 2008; Ashworth *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2013; Medlin, 2016), *psbA* (Lee *et al.*, 2013; Medlin, 2016), *psbC* (Ashworth *et al.*, 2012; Medlin,

2016), *atpB* (Medlin, 2016), *COX 1* (Evans *et al.*, 2007; Medlin, 2016), *ITS rDNA* (Evans *et al.*, 2007).

No obstante, se reconoce que los estudios integrativos han evidenciado que la citología y la ultraestructura son relevantes en las inferencias filogenéticas (Williams y Kociolek, 2011; Medlin, 2016). Por lo que se siguen reconociendo nuevas especies con criterios de la taxonomía clásica, como la ultraestructura de areolas, rimoportulas, espinas y superficie de la valva, como en el caso de *Aulacoseira brasiliensis* (Tremarin *et al.*, 2012).

#### **2.2.4. Chlorophyta**

##### **Generalidades**

Conformado por un conjunto de organismos eucariontes muy diversos, en los que se expresan una amplia gama de los niveles de organización, desde unicélulas, cenocitos, colonias, cenobios, filamentos hasta parénquimas (láminas), por lo que éste es uno de los grupos más grandes de fotoautotrófos oxigénicos, donde su mayor diversidad se manifiesta en los ambientes continentales (Leliaert *et al.*, 2012; Graham *et al.*, 2016). Su color característico es verde brillante, expresión de los pigmentos presentes en los cloroplastos, que poseen clorofila *a* y *b*, acompañadas de xantofilas y carotenos como pigmentos accesorios, almidón como sustancia de reserva, y en algunos casos, se presentan pirenoides intraplastidiales. Las paredes celulares constituidas principalmente por celulosa, que pueden estar rodeadas por una capa de mucílago (Van den Hoek *et al.*, 1995). Sus sistemas de reproducción y multiplicación son complejos. Generalmente las células son flageladas, o se presentan en alguna etapa de su historia de vida. Presentan una zona de transición estrellada entre el axonema flagelar y el cuerpo basal. Poseen zooides isokontes, con dos flagelos generalmente, pero pueden presentarse más de cuatro (Van den Hoek *et al.*, 1995).

Habitan en el plancton o pueden ser bentónicas, pero también se les encuentra de forma subaérea, pueden ser edáficas, litofíticas, epibiontes y corticícolas (Van den Hoek *et al.*, 1995).

Las especies planctónicas pueden estar presentes como especies unicelulares, coloniales y filamentosas. Entre los principales géneros presentes en el fitoplancton dulceacuícola se encuentran *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Closterium*, *Cosmarium*, *Desmodesmus*, *Eudorina*, *Gonium*, *Micrasterias*, *Oocystis*, *Pandorina*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Staurastrum*, *Volvox* (Bowling, 2009; Sant'Anna *et al.*, 2012).

### **Sistemática**

Se ha reconocido que las algas verdes, junto con los grupos Glaucophyta y Rhodophyta conforman el supergrupo Archeplastida, producto de una simbiosis primaria que dio como origen a los primeros plástidos, descendientes de un ancestro procariota común (Cyanoprokaryota) (De Clerck *et al.*, 2012), donde el linaje verde originado en esta simbiosis (algas verdes), se diversificó y originó a las plantas terrestres, conformando un grupo monofilético, soportado por evidencias estructurales, bioquímicas y moleculares, conocido como Viridiplantae (Leliaert *et al.*, 2012). Inicialmente se reconocía que las Caráceas eran el grupo hermano de las plantas (Lewis y McCourt, 2004), no obstante, estudios más recientes señalan que son las Coleochaetophyceae (Fang *et al.*, 2017).

Se reconoce clásicamente que las algas verdes habían evolucionado en dos linajes principales, el clado clorofita (*sensu lato*), que contiene la mayoría de las especies descritas que se reconocen dentro de Chlorophyta, encontrándose unicélulas flageladas, colonias, cenobios, filamentos que pueden ser ramificados o no, y formación de talos macroscópicos, que pueden presentarse en una infinidad de ambientes dulceacuícolas, terrestres y marinos. Las clases principales que lo constituyen son Chlorophyceae, Trebouxiophyceae y Ulvophyceae (Van den Hoek *et al.*, 1995). Mientras que el clado Carofita, contiene formas unicelulares (flageladas y ornamentadas), filamentos ramificados o no, y formas altamente complejas (parenquimatosas), distribuidas en ambientes dulceacuícolas e incluso salobres, además en costras de suelos y subaéreas (Van den Hoek *et al.*, 1995). Además, se reconoce otro clado pequeño, Prasinofita, constituido por formas unicelulares flageladas, mixótrofas, con afinidad incierta, que probablemente muestre cierta divergencia temprana, presentes principalmente en ambientes marinos, y con algunos representantes dulceacuícolas (Lewis y McCourt, 2004).

No obstante, hipótesis más recientes señalan la divergencia temprana de dos clados de un flagelado verde ancestral, un clado clorofítico, conformado por las clases Ulvophyceae, Trebouxiophyceae y Chlorophyceae (sensu stricto), y Streptophyta, que incluye las clases Charophyceae, Zygnematophyceae, Coleochaetophyceae, y Embriophyta (Leliaert *et al.*, 2012; Fang *et al.*, 2017). Sin embargo, Streptophyta no forma un grupo monofilético, ya que hay algunos representantes de las algas verdes que se encuentran mayormente relacionados a las plantas terrestres, por lo que existe la propuesta de reestructurar Streptophyta, considerando como phylum a Charophyta (Graham *et al.*, 2016; Fang *et al.*, 2017).

Entre los criterios clásicos empleados en la identificación se encuentran los niveles de organización, morfología/ornamentación de la célula, morfología/orientación aparato flagelar, tipo/forma del cloroplasto, presencia/ausencia de estructura de multicapa, presencia/ausencia de fibras (sistema I, II), morfología/presencia/ausencia pirenoide, citocinesis (fragmoplasto, ficoplasto), tipo de mitosis, pigmentos accesorios, enzimas fotorespiratorias (Van den Hoek *et al.*, 1995; Pröschold y Leliaert, 2007; Leliaert *et al.*, 2012).

No obstante, a partir de los avances genéticos y moleculares, se ha hecho evidente la necesidad de reevaluar las relaciones evolutivas en Chlorophyta, donde los estudios integrativos que conjuntan la información conocida (morfología, citología, ultraestructura) con datos genómicos de múltiples genes nucleares y cloroplastidiales, se han vuelto una tendencia, para así obtener una filogenia confiable (Leliaert *et al.*, 2012; Fang *et al.*, 2017). Siendo los genomas del cloroplasto, particularmente útiles para la reconstrucción filogenética debido a su contenido genético relativamente alto y condensado, en comparación con los genomas nucleares (Leliaert *et al.*, 2012).

Resultado de estos estudios integrativos multigenes, han permitido establecer al interior de las Chlorophyceae, dos linajes, uno que une a Chlamydomonadales y Sphaeropleales (clado CS), y el otro, vincula a Oedogoniales, Chaetophorales y Chaetopeltidales (clado OCC) (Leliaert *et al.*, 2012). O reconocer que ni Ulvophyceae ni Trebouxiophyceae constituyen grupos monofiléticos (Graham *et al.*, 2016). A nivel de familias, se ha hecho la revisión de Hydrodictyaceae, estableciéndose como monofilética,

soportada por cepas de los géneros *Chlorotetraedron*, *Hydrodictyon*, *Pediastrum*, *Sorastrum* y *Tetraedron* (Buchheim *et al.*, 2005). Por su parte Radiococcaceae, se encontraba constituida por los géneros *Radiococcus* y *Planktosphaeria*, pero se ha determinado como polifilética, y además se ha registrado una nueva especie, *Planktosphaeria hubeiensis* (Zhang *et al.*, 2018a).

En el caso de géneros, se han reconocido algunos como polifiléticos (Bock *et al.*, 2010; Buchheim *et al.*, 2005; Jena *et al.*, 2014), tal es el caso de *Dictyosphaerium*, donde *Hindakia* y *Heynigia* se constituyeron como nuevos géneros (Bock *et al.*, 2010). O *Pediastrum*, del cual surgieron *Monactinus*, *Parapediastrum*, *Pseudopediastrium* y *Stauridium* (Buchheim *et al.*, 2005; Jena *et al.*, 2014). Asimismo, al interior de *Pediastrum* se han reconocido morfoespecies con una extraordinaria variedad morfológica, como *P. duplex* y *P. boryanum*, que, con este tipo de estudios integrativos, evidencian su condición de taxa polifiléticos (Lenarczyk y Saluga, 2018).

En el caso del género *Scenedesmus*, se han reconocido de manera clásica, una enorme cantidad de taxones descritos (especies, variedades, formas) lo que ha llevado a reflexionar sobre su diversidad real, ya que esto puede ser reflejo de una plasticidad morfológica al interior del género (Ann *et al.*, 1999). Por lo que estudios detallados, integrando análisis genéticos han evidenciado una variedad de géneros al interior, como *Acutodesmus*, *Comasiella*, *Chodatodesmus*, *Desmodesmus*, *Pectinodesmus*, *Tetrademus*, *Verrucodesmus*, que actualmente se encuentran en constante revisión (Hegewald *et al.*, 2010; Hegewald y Braband, 2017).

Entre las principales secuencias y marcadores moleculares empleados se encuentran la secuencia 18S rRNA (Ann *et al.*, 1999; Lewis y McCourt, 2004; Bock *et al.*, 2010; Jena *et al.*, 2014; Lenarczyk y Saluga, 2018), 26S rRNA (Lewis y McCourt, 2004; Lenarczyk y Saluga, 2018), 18S rDNA (Lewis y McCourt, 2004; Buchheim *et al.*, 2005; Leliaert *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2018a), 26S rDNA (Buchheim *et al.*, 2005), 28S rDNA (Leliaert *et al.*, 2012), *rbcl* (Lewis y McCourt, 2004; Leliaert *et al.*, 2012; Lenarczyk y Saluga, 2018), *tufA* (Leliaert *et al.*, 2012), *atpB* (Lewis y McCourt, 2004; Leliaert *et al.*, 2012), *nad5* (Lewis y McCourt, 2004), *actin* (Leliaert *et al.*, 2012), ITS-1 e ITS-2 (Ann *et al.*, 1999; Buchheim *et al.*, 2005; Bock *et al.*, 2010;

Hegewald *et al.*, 2010; Jena *et al.*, 2014; Hegewald y Braband, 2017; Lenarczyk y Saluga, 2018; Zhang *et al.*, 2018a).

No obstante, estos estudios integrativos multigenes han permitido reconocer que caracteres como la ultraestructura, el proceso de división celular o la arquitectura del aparato flagelar, son características evolutivas altamente conservadas (Leliaert *et al.*, 2012; Fang *et al.*, 2017). Por lo que elementos de la taxonomía clásica, siguen siendo cruciales para reconocer la diversidad en Chlorophyta.

### **2.3. Dificultades en el estudio de los grupos algales predominantes en el fitoplancton dulceacuícola**

El estudio del fitoplancton dulceacuícola requiere tener una serie de consideraciones a partir de los objetivos y resultados que se esperan obtener durante un trabajo de investigación. Independientemente de la naturaleza del estudio (ficroflorístico, ecológico), usualmente se requiere obtener el material biológico del ambiente, el aislamiento de individuos para la obtención de cepas unialgales, y la creación de colecciones como material de referencia, elementos fundamentales para la realización de estudios detallados sobre diversidad, ecología, fisiología, biotecnología y biología molecular.

Para la colecta del fitoplancton se emplean principalmente redes de plancton de 10 a 20  $\mu\text{m}$ , y botella Van Dorn, en el caso de estudios cuantitativos (Hall y McCourt, 2015; Nakada y Nozaki, 2015; Shubert y Gärtner, 2015; Triemer y Zakrys, 2015; Bicudo y Menezes, 2017). Además, si se desean obtener datos abióticos, se incluyen otros equipos para medir esos factores, como termómetros, profundímetros, o sondas multiparamétricas.

Los recipientes que contendrán las muestras deben llenarse a  $\frac{3}{4}$  partes de su capacidad, para permitir su oxigenación, deben ser transportadas en contenedores a una temperatura aproximada a los 20 °C; en días calurosos, se pueden llevar en una hielera, a una temperatura entre 10 a 15 °C (Shubert y Gärtner, 2015; Triemer y Zakrys, 2015). Es importante la revisión de las muestras en horas posteriores a su toma, ya que se ha visto que se producen cambios en las poblaciones, donde incluso algunas especies poco

abundantes llegan a desaparecer, afectando la composición ficoflorística de la muestra (Bicudo y Menezes, 2017). Asimismo, debe considerarse que algunas características diagnósticas como flagelos, cilios, vacuolas contráctiles son inestables y tienden a desaparecer en el material colectado (Nakada y Nozaki, 2015), y que algunas otras características morfológicas o de estructuras reproductivas, que son indispensables para la identificación, como vainas, plástidos, pirenoides, granos de paramilón e incluso la forma de las células, pueden ser alteradas por el preservador (Shubert y Gärtner, 2015; Triemer y Zakrys, 2015). Es por ello, que es altamente recomendable la revisión del material vivo, ya que se pueden apreciar varios caracteres relevantes en la identificación, como el movimiento, que permite distinguir algunos géneros o especies de cianoprocarotas, euglénidos o clorofitas (Triemer y Zakrys, 2015).

En algunos casos se vuelve indispensable el uso de técnicas de tinción, para reconocer algunos caracteres diagnósticos, como vainas en cianoprocarotas y clorofitas (Bicudo y Menezes, 2017), o mucocistos en euglénidos (Triemer y Zakrys, 2015). La solución de Lugol, por ejemplo, tiñe el almidón de azul a negro, lo que es útil para detectar la presencia del producto de reserva en Chlorophyta, o la cubierta de almidón, alrededor de los pirenoides (Bicudo y Menezes, 2017). La tinta india (diluida) agregada a la muestra es útil para detectar mucílago alrededor de las células o colonias (Shubert y Gärtner, 2015; (Bicudo y Menezes, 2017). Y el acetocarmin, permite distinguir las condiciones nucleares (uninucleado o multinucleado) (Shubert y Gärtner, 2015).

Posterior a la revisión del material vivo, es importante haber considerado la elección del fijador, que permitirá conservar a las algas presentes en la muestra. Se recomienda que se usen los preservadores no rebasando las primeras 24 horas de la colecta (Bicudo y Menezes, 2017). Entre los principales fijadores se encuentran la solución de glutaraldehído entre el 1-3 %, neutralizado con buffer Sorensen de pH 7 (carbonato de calcio), usado en euglenoideos (Triemer y Zakrys, 2015), clorofitas unicelulares y coloniales flageladas (Nakada y Nozaki, 2015), además de algunos otros grupos algales (John y Rindi, 2015; Bicudo y Menezes, 2017); la solución de Lugol, que ha demostrado ser un buen preservador de algas pequeñas y flagelados (Shubert y Gärtner, 2015), pero no de

cianoprocaritas, ya que puede desintegrar las colonias, modificar su color y distorsionar vainas o mucílagos (Komárek y Johansen, 2015); la formalina neutralizada 2-4 % usada de manera común con muchos de los grupos presentes en el fitoplancton (Hall y McCourt, 2015; John y Rindi, 2015; Shubert y Gärtner, 2015; Bicudo y Menezes, 2017), no obstante, se ha observado en Cyanoprokaryota, que concentraciones superiores al 2 %, pueden producir efectos de distorsión en las capas mucilaginosas, el tamaño y la forma de las células (Komárek y Johansen, 2015); solución FAA (formalina, ácido acético y alcohol) considerada adecuada para estados flagelados y otros grupos (Hall y McCourt, 2015; John y Rindi, 2015). Y la solución Transeau (agua/alcohol etílico/formalina) (Bicudo y Menezes, 2017).

En el caso particular de las diatomeas, la identificación primaria consiste en las características morfológicas de las frústulas, por lo que es necesario limpiar del contenido celular, secreciones extracelulares y materia orgánica, para examinar sus paredes celulares. Para lo que se tiene que realizar un tratamiento que va desde el uso de peróxido de hidrógeno, hasta ácidos como clorhídrico o nítrico, lo que conlleva el uso de mayor equipo como campana de extracción, centrífuga, micropipetas, parrilla de calentamiento. Dónde posteriormente, el material obtenido es montado en medios de alto índice de refracción tales como Hyrax, Pleurax, Naphrax (Kociolek *et al.*, 2015). Por lo que, para el estudio de las diatomeas, se requiere mayor infraestructura.

Otro aspecto para considerar es el establecimiento de cultivos obtenidos de poblaciones naturales (Rajaniemi *et al.*, 2005; Palinska y Surosz, 2014), que requiere de un entrenamiento para poder realizar los aislamientos unialgales, esto relacionado a la infraestructura requerida para tener una colección de cepas, donde la intensidad luminosa, la temperatura, y los costos que implican la preparación de medios y resiembra, son factores críticos. Asimismo, se ha reconocido que la transferencia y el cultivo prolongado en condiciones unificadas en colecciones y laboratorios pueden conducir a cambios, lo que a menudo resulta en una morfología modificada, propiedades fisiológicas e incluso genotipos cambiados y la posterior pérdida de características que fueron el resultado de la adaptación a las condiciones de biotopo (Komárek, 2016).

En el caso de las cianofitas, la formación de vainas o la presencia de heterocitos o acinetos, pueden desaparecer en los cultivos, y las cepas sufrir cambios drásticos en la morfología, perdiendo la forma de la colonia, o sufriendo variaciones en el tamaño de las células (Dvorák *et al.*, 2015; Komárek, 2016). Además, existe otra problemática relacionada a la incorrecta identificación de las especies obtenidas en cultivo, lo que provoca dificultades para otros estudios, por ejemplo, cuándo se buscan obtener secuencias para determinada entidad, y que, al comparar con otras secuencias en bancos de datos, provocan informaciones contrastantes. En el caso de las cianoprocariontes, por ejemplo, se estima que más del 50% de las cepas en las colecciones, están mal identificadas (Rajaniemi *et al.*, 2005). Problemática asociada al uso de literatura proveniente de otras regiones del mundo para realizar taxonomía, por lo que esta se debe tomar con mesura. No obstante, se debe reconocer que actualmente nos encontramos en la fase inicial del estudio de la diversidad de microorganismos en los ecosistemas (Chaurasia, 2015), donde apenas se comienzan a explorar hábitats poco conocidos, principalmente en la zona tropical (Nabout *et al.*, 2013).

Finalmente, la implementación del uso de herramientas de biología molecular, que requiere una infraestructura muy particular para llevar a cabo todo el proceso para la obtención de secuencias, y su posterior secuenciación, requiere tanto de recursos humanos cualificados, como de recursos económicos (Nabout *et al.*, 2013).

#### **2.4. Ecología del fitoplancton dulceacuícola**

El fitoplancton es el principal componente fotoautótrofo en las redes tróficas de ambientes dulceacuícolas y marinos, siendo la mayor fuente de energía en forma de carbono orgánico de los organismos heterótrofos (Reynolds, 2006). Responsable de casi la mitad de la productividad primaria global (Litchman *et al.*, 2015). Participante clave en la composición de la atmósfera, el balance de calor en el planeta (Morris, 1980) y los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno, fósforo, sílice y carbono (Litchman *et al.*, 2015). Se estima que alrededor del 45 % de la fijación de carbono planetario, es realizado por las microalgas (Reynolds, 2006). Y que las cianoprocariontes marinas, son responsables de entre el 25 al 50 % de la fijación global de nitrógeno (Litchman *et al.*, 2015).

Los principales ejes que definen los nichos ecológicos y la estructura de las comunidades fitoplanctónicas son el entorno físico, los recursos, enemigos naturales (herbívoros y parásitos) y la biología de las especies (variación morfológica, estrategias de reproducción) (Reynolds, 2006; Litchman y Klausmeier, 2008; Schwaderer *et al.*, 2011).

El entorno físico es el área circundante donde se encuentra el fitoplancton, suspendido en las columnas de agua del ambiente acuático y marino que son su hábitat; en el caso de los factores que influyen los ambientes dulceacuícolas, se encuentran el origen geológico de las cuencas, influencia de sistemas hidrológicos adyacentes, circulación, mezcla y turbulencia de la columna de agua, fenómenos climáticos, y actividades antropogénicas (agricultura y labranza, ganadería, tratamiento y vertido de aguas residuales) que generan perturbaciones en los niveles de nutrientes (N/P) principalmente (Reynolds, 2006).

Dos factores abióticos críticos en el entorno físico son la temperatura y salinidad.

TEMPERATURA. Es un eje ambiental crucial que, en cierta forma, rige la distribución de todos los seres vivos en el planeta. La fotosíntesis, la respiración, el crecimiento, la adquisición de recursos, la motilidad y el hundimiento, dependen de ella (Litchman y Klausmeier, 2008). Además, procesos físicos como la mezcla, la estratificación vertical y las corrientes, son influenciados por esta; así como también como procesos químicos en el agua, ya que, junto con el pH, alteran la solubilidad y estado de oxidación de metales traza, relevantes en procesos bioquímicos de los organismos (Litchman *et al.*, 2015), e influyen en las tasas de respiración y fotosíntesis, por la alteración de las concentraciones del oxígeno disuelto u otros gases en el sistema (Morris, 1980; Reynolds, 2006).

Los principales grupos de fitoplancton, así como las especies particularmente, presentan temperaturas óptimas de crecimiento diferentes (Litchman y Klausmeier, 2008). Las cianoprocarotas dulceacuícolas, por ejemplo, requieren temperaturas más elevadas para su crecimiento, y tienden a dominar a fines del verano cuando las temperaturas del agua son más altas (Whitton, 2012). Además, este factor ambiental juega un papel

importante en la sucesión estacional de fitoplancton, tanto en hábitats marinos como dulceacuícolas (Litchman y Klausmeier, 2008).

**SALINIDAD.** Los ambientes marinos y de agua dulce difieren en varias formas fundamentales que probablemente afectan la selección de rasgos en el fitoplancton. La densidad y la osmolaridad del agua de mar son más elevadas que en los sistemas acuáticos (Litchman y Klausmeier, 2008). Se reconoce que tanto los organismos de agua dulce como los marinos, responden fuertemente a los gradientes de salinidad, identificándose un límite a 4-7 UPS como una región crítica de estrés fisiológico para las especies dulceacuícolas (Ahel *et al.*, 1996).

La salinidad total de las aguas continentales es dominada casi en su totalidad por los cationes: calcio, magnesio, sodio, potasio; y los aniones carbonato, sulfato y cloruro (Margalef, 1983). Su fuente proviene principalmente de un aporte atmosférico, lavado de suelos orgánicos, aguas subterráneas, rocas que forman parte de las cuencas, del balance entre precipitación y evaporación, y de la actividad antrópica (Hammer, 1986).

Se considera que la mayoría de las especies de fitoplancton son estenohalinas, y sufren estrés osmótico tras la exposición a cambios de salinidad, por lo que existe una sucesión del fitoplancton a lo largo del gradiente de salinidad (Lionard *et al.*, 2005). No obstante, varios de los elementos químicos que constituyen a la salinidad, son relevantes para el metabolismo, como el sodio y potasio, en el transporte e intercambio de iones; magnesio en la constitución estructural de la clorofila, o algunos grupos particularmente requieren altas concentraciones, como las cianoprocaritas de sodio, o el calcio por algunas clorofitas (Graham *et al.*, 2016).

Con respecto a los recursos, la luz, el dióxido de carbono y los nutrientes, son fundamentales para el desarrollo, crecimiento y composición del fitoplancton.

**LUZ.** Recurso fundamental en el metabolismo fotoautótrofo. Influencia en la biomasa total y composición de la comunidad. Es heterogénea en espacio y tiempo, atenuada en los sistemas acuáticos por sustancias disueltas y las partículas suspendidas (incluido el fitoplancton) (Gregor y Marsálek, 2004; Litchman y Klausmeier, 2008).

El fitoplancton posee como pigmento principal la clorofila, que se presenta en diferentes configuraciones (clorofila *a*, *b*, *c* y *d*) acompañada de pigmentos accesorios (ficobilinas y carotenoides) que permiten capturar y utilizar eficientemente la luz en sus diversos dominios espectrales (Morris, 1980; Schwaderer *et al.*, 2011). Los diferentes grupos taxonómicos poseen estrategias distintas para la utilización de la luz, donde se reconoce que Cyanoprokaryota presenta una alta eficiencia de la utilización de la luz, dada por la estructura de su aparato fotosintético, la adaptación cromática y el control de la flotabilidad en la columna de agua (Schwaderer *et al.*, 2011). Mientras que las diatomeas poseen una adaptación a los ambientes de poca luz, y esta se encuentra relacionada a la mezcla profunda. Por otra parte, las clorofitas se adaptan a lugares con luz elevada, relacionado con la presencia de membranas que rodean el aparato fotosintético y sus pigmentos (Schwaderer *et al.*, 2011). Otro rasgo que permite la captura de luz es la movilidad, nadar/flotar hacia ella si es limitada, o tomar una mayor distancia por su intensidad (Litchman y Klausmeier, 2008).

Mientras que la duración a la exposición lumínica es un factor crucial para el desarrollo de las poblaciones algales, que se encuentra relacionada con el fotoperíodo, historias de vida, formación de estructuras reproductoras o mecanismos de multiplicación (Reynolds, 2006).

DIÓXIDO DE CARBONO. Producto de la respiración y emisiones de gas antropogénicas, forma parte fundamental en el proceso fotosintético (Litchman y Klausmeier, 2008). Su importancia en los sistemas acuáticos radica en su participación en el sistema carbonato/bicarbonato, donde generalmente actúa como un amortiguador en los cambios de acidez o alcalinidad, permitiendo el equilibrio iónico del agua; además de estar estrechamente relacionado con otros factores abióticos como el pH, salinidad y temperatura (Margalef, 1983). La fuente de CO<sub>2</sub> proviene principalmente de la atmósfera y la oxidación bacteriana (Margalef, 1983).

El sistema carbonato/bicarbonato es una fuente muy importante para la fotosíntesis algal (Margalef, 1983). Algunas algas están restringidas al dióxido de carbono como fuente de carbono y son sensibles a las concentraciones muy bajas

experimentadas a un  $\text{pH} > 8$ ; otras pueden usar bicarbonato o emplear mecanismos de concentración de carbono que consumen energía enfocando los flujos limitados en los sitios de síntesis (Reynolds, 2006). Por lo que existen diferentes estrategias para competir por el  $\text{CO}_2$ , que van desde la absorción pasiva de él, hasta mecanismos sofisticados para recolectar activamente el dióxido de carbono y el bicarbonato (Litchman *et al.*, 2015).

La presencia del dióxido de carbono incide en algunos grupos en aumentos drásticos en la tasa fotosintética, como en el caso de los cocolitofóridos. Aunque en otros casos, como el de las diatomeas, se presenta una mayor eficiencia en la captación del carbono, que permiten captarlo a través de las frústulas de sílice, que se hunden más rápido que otros grupos de fitoplancton, lo que genera un efecto directo sobre el clima global (Litchman y Klausmeier, 2008).

OXÍGENO. Producto de la fotosíntesis, de la acción mecánica del movimiento del agua y el contacto con la atmósfera. Relevante en los sistemas acuáticos por ser indispensable en la respiración, descomposición microbiana, oxidación química en los sedimentos y los compuestos químicos en el agua (Margalef, 1983). Influenciado principalmente por la temperatura y la actividad biológica (Litchman y Klausmeier, 2008).

NUTRIENTES. Un recurso esencial para el fitoplancton, constituido por macronutrientes como nitrógeno, fósforo, sílice y micronutrientes como el hierro, manganeso, molibdeno, cobalto, zinc y vitaminas, como la tiamina, biotina y  $\text{B}_{12}$  (Litchman y Klausmeier, 2008; Graham *et al.*, 2016).

Varios rasgos fisiológicos caracterizan la absorción y utilización de nutrientes, sus valores afectan directamente el rendimiento de las especies (Litchman y Klausmeier, 2008). Se reconoce que entre las superfamilias que constituyen el fitoplancton (cianoprocarotas y eucariotas) presentan estequiometrías nutrimentales distintas entre sí (Litchman *et al.*, 2015). La superfamilia verde contiene a las algas verdes y los euglénidos, mientras que la superfamilia roja, comprende algas rojas, diatomeas, criptófitos y cocolitofóridos; los miembros de la primera superfamilia poseen relaciones C: P y N: P más altas que sus contrapartes en la superfamilia roja, así como requisitos más altos para algunos

micronutrientes (Fe, Cu y Zn) y requisitos más bajos para otros (Cd, Co y Mn) (Litchman *et al.*, 2015).

La limitación de nutrientes a menudo disminuye la eficiencia de la fotosíntesis y el crecimiento dependiente de la luz y aumenta la sensibilidad a la fotoinhibición (Litchman y Klausmeier, 2008). Algunos grupos en el fitoplancton presentan estrategias frente a la limitación extrema de nutrientes, en donde se puede reemplazar el nutriente limitante con otra biomolécula, tal es el caso de *Picocyanobacterium* y *Prochlorococcus*, que utilizan azufre en lugar de fósforo, en la constitución de los lípidos de la membrana en un ambiente oligotrófico (Litchman y Klausmeier, 2008). Otras estrategias consistirían en el aumento de tasas de crecimiento, aprovechando las concentraciones transitorias de nutrientes (Reynolds, 2006), o la mayor capacidad de almacenamiento de nutrientes, como el nitrato en las diatomeas, o en grandes vacuolas en otros grupos (Litchman *et al.*, 2015). Y también la utilización particular de algunos otros elementos químicos, como el sílice para la formación de las frústulas en las diatomeas (Cox, 2011). Se ha reconocido que la presencia de esta pared celular involucra la captación de sílice y su deposición, ofreciendo un menor gasto de energía, que la formación de paredes orgánicas equivalentes (Round *et al.*, 2000).

Asimismo, algunos grupos fitoplanctónicos tienen como forma de nutrición la mixotrofia, que es una estrategia generalista bastante favorable en condiciones de bajos nutrientes presente en euglénidos, dinoflagelados, criptófitas (Litchman y Klausmeier, 2008).

Nitrógeno. Elemento proveniente del aporte hídrico de lluvias y corrientes de agua, sustrato de la cuenca, actividades antropogénicas y actividad biológica de bacterias y cianoprocariontes (Morris, 1980; Reynolds, 2006). Las algas emplean principalmente al amonio, nitratos y urea (Morris, 1980).

El único grupo del fitoplancton capaz de fijar nitrógeno atmosférico es el de las cianoprocariontes, presentando fijadores con formas unicelulares y filamentosas, pero también, con heterocitos (Whitton, 2012). Lo que aumenta la disponibilidad de nitrógeno en la columna de agua (Litchman y Klausmeier, 2008).

Fósforo. Es el elemento limitante en el sistema acuático. Siendo el ortofosfato fuente primaria para las algas (Morris, 1980). No obstante, el fitoplancton es capaz de utilizar ésteres orgánicos de fosfato, como glicerofosfato y pirofosfatos (Morris, 1980).

El suministro de nutrientes más abundantes como nitrógeno y fósforo está siendo alterado por las actividades humanas, como la afluencia de escorrentía agrícola y de sedimentos en los ríos (Litchman *et al.*, 2015). Lo que desencadena y agudiza los procesos de eutrofización, situación que viene acompañada del detrimento de la calidad del agua, la dominancia de algunas especies fitoplanctónicas en sistemas dulceacuícolas (cianoprocariotas y clorofitas principalmente), que aprovechan para crecer y multiplicarse (Reyndolds, 2006), formando blooms algales, que pueden conducir a la pérdida del uso del cuerpo acuático, la afectación de otras de especies a diferentes escalas de la red trófica por la anoxia en el sistema, o problemas de salud en animales y humanos en el ambiente terrestre (Paerl y Fulton, 2006).

Con respecto a los enemigos naturales y la biología de las especies:

PARÁSITOS Y PASTOREO. El fitoplancton es susceptible a enfrentar parásitos y patógenos de varios grupos de organismos: hongos, protozoarios, bacterias y virus (Litchman y Klausmeier, 2008). Frente a los cuáles muchas algas son capaces de producir sustancias tóxicas como mecanismo de defensa (Paerl y Fulton, 2006).

Además, son consumidas por parte de herbívoros, como rizópodos, ciliados, poríferos, platelmintos, nemátodos, anélidos, crustáceos, copépodos, moluscos (Bertoni, 2011). Este consumo es selectivo, ya que el fitoplancton presenta tallas que varían desde menos de una micra, en el caso de picocianobacterias, hasta varios milímetros en diatomeas oceánicas (Litchman *et al.*, 2015). Frente a esto, el fitoplancton presenta otras características que acompañan a los tamaños, como lo son sus formas, su nivel de organización celular (cadenas, cilindros, cenobios, esqueletos de sílice), producción de mucílago, generación de vacuolas de gas, protuberancias y espinas (Morris, 1980; Reynolds, 2006; Litchman y Klausmeier, 2008). Donde también, producen toxinas perjudiciales para los pastores, que afectan negativamente la calidad del agua y los niveles tróficos más altos (Litchman y Klausmeier, 2008).

## BIOLOGÍA DE LAS ESPECIES

El fitoplancton está constituido por un conjunto de organismos muy variados, desde sus morfologías, tamaños, historias de vida y estrategias adaptativas. El tamaño celular es un rasgo clave que afecta el crecimiento, el metabolismo y el acceso a los recursos (Morris, 1980; Litchman *et al.*, 2015). Muchos otros rasgos eco-fisiológicos como la utilización de nutrientes y luz, y resistencia al pastoreo, se correlacionan significativamente con el tamaño de las células (Reynolds, 2006).

Otros rasgos morfológicos que influyen en la adquisición de nutrientes, el hundimiento de las células, y la susceptibilidad al pastoreo, son la forma de la célula, la colonialidad y estructuras o sustancias que influyen en movimiento (Reynolds, 2006; Litchman y Klausmeier, 2008).

La reproducción es otro elemento clave, el fitoplancton se reproduce tanto sexual como asexualmente, aunque algunos grupos como las diatomeas, clorofitas y dinoflagelados, son capaces de presentar ambas formas de reproducción, dependiendo las condiciones ambientales. Y algunos otros, como cianoprocaritas, criptófitas y euglénidos, solo de manera asexual (Litchman y Klausmeier, 2008; Triemer y Zakrys, 2015).

Además, se presentan etapas de descanso, que es la capacidad de producir etapas de reposo, que está muy extendida en el fitoplancton (Litchman y Klausmeier, 2008). Este rasgo confiere una ventaja competitiva en un entorno con condiciones ambientales desfavorables por períodos prolongados (Litchman y Klausmeier, 2008).

## 2.5. Estudios sobre fitoplancton dulceacuícola en México

El inicio de las investigaciones de las microalgas continentales en México comenzó en el siglo XIX con las descripciones de diatomeas y clorofitas que publicó Ehrenberg en 1841, posteriormente algunos otros investigadores como Kützing, Grunow, Rabenhorst y Smith contribuyeron con estos estudios. A inicios del siglo XX, Osorio-Tafall, Sámano-Bishop, Sokoloff y Rioja realizaron estudios sobre el fitoplancton y describieron nuevas especies del lago de Pátzcuaro y diferentes localidades del Valle de México (Ortega, 1984).

El primer trabajo que recopila los registros de algas continentales en México corresponde al catálogo de algas recientes continentales de México, obteniendo la información desde la primera colección de algas realizada por Sessé y Mociño, previa a 1804, hasta 1974, realizado por M. M. Ortega (1984), donde se registran 837 taxa infragenéricos, con 225 géneros, y 377 especies fitoplanctónicas.

Pero no es hasta la última década del siglo XX e inicios del XXI, que incrementa el número de registros para México. Novelo y Tavera (2011) presentaron el trabajo “Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México” producto de una documentación realizada por varias décadas a partir de artículos de revistas, tesis, capítulos de libros, libros, publicaciones informales y reportes técnicos, registrada en las bases de datos NTFico y TaxFich, ahora agrupada en DbLacet. Este trabajo registró un total de 3,256 taxa. Actualmente esta cifra se ha incrementado hasta 4,972, de los cuáles, 2,755 son taxa fitoplanctónicos para México (Novelo y Tavera, 2020).

## 2.6. Estudio sobre algas dulceacuícolas de Tabasco

En 2011 se había estimado un registro 300 especies algales dulceacuícolas en la entidad (Novelo y Tavera, 2011). Cifra que actualmente se ha incrementado a 562 taxa, de los cuáles, 482 son fitoplanctónicos (Novelo y Tavera, 2020).

Entre algunos de los trabajos registrados en la literatura se encuentra el estudio de la relación de abundancia relativa de las diatomeas con las condiciones tróficas en la laguna de las Ilusiones, Villahermosa, registrando 8 especies de diatomeas (Notario,

1998); la presencia de crisofíceas en los suelos inundados de tres brazos (Centla) (Molina, 2000); 283 taxa en la cuenca del río González (Moreno-Ruíz, 2005). En la laguna el Balsón se han documentado 165 especies (Osorio-Sánchez y López-Pérez, 2005). En la laguna de las Ilusiones en Villahermosa, se ha señalado la presencia de 52 morfoespecies algales (Cruz-Rosado, 2006); mientras que, en un estudio posterior, se identificaron 74 (Cruz-Rosado, 2012). En la laguna de Mecoacán, se han registrado 173 (Campos-Campos *et al.*, 2012). Mientras que en el Humedal Chaschoc se reportan 129 taxa (Esqueda-Lara *et al.*, 2016). En las lagunas urbanas “Las Ilusiones” y “La Pólvora” se reportan 21 especies de euglenoideos (Quiroz-González y Rivas-Acuña, 2017). Además, se han documentado 59 especies fitoplanctónicas en la laguna costera el Carmen, en Cárdenas (Campos-Campos *et al.*, 2017). En la laguna el Camarón, en Villahermosa, se registraron 41 especies (Agredano, 2019), y en la laguna las Ilusiones y la laguna de San José, 160 especies metafíticas (Mireles, 2019).

### 3. Justificación

El relevamiento de ficofloras, aunadas a las descripciones de los taxa, constituyen parte importante en el incremento del conocimiento de la riqueza y diversidad de especies, por lo que la elaboración de ficofloras regionales y nacionales, son fundamentales por la información que proporcionan: desde la identificación y descripción de las especies que habitan esos nichos, las condiciones ambientales en que se encuentran, hasta el grado de impacto antropogénico en esas zonas. Por lo que estos datos son de suma importancia, por ser base de otras investigaciones de índole ecológico, fisiológico y biotecnológico.

El estado de Tabasco cuenta con aproximadamente 484 cuerpos de agua temporales y permanentes, siendo la entidad que alberga el mayor volumen de agua continental en el país (Alcocer y Bernal-Brooks, 2010), motivo suficiente para centrar una especial atención sobre el conocimiento que tenemos de la dinámica de estos sistemas, sobre la diversidad biológica que los habita y sobre la influencia que tiene el cambio climático sobre estos, siendo un foco de alerta por ser prácticamente los mayores

reservorios dulceacuícolas en nuestro país (Rodríguez-Rodríguez, 2002). No obstante, los estudios realizados en ellos son escasos.

Los Pantanos de Centla, Tabasco, es una zona identificada como Reserva de la Biósfera, que se estima salvaguarda el 12% de la vegetación acuática y subacuática del territorio nacional, que representa una de las más importantes muestras de flora acuática de Mesoamérica (Lot-Helgueras y Novelo-Retana, 1998). Por lo que este estudio realizado en las lagunas San Pedrito y el Viento, registra e identifica por primera vez, a las especies fitoplanctónicas presentes en estos sistemas acuáticos, reconociendo su diversidad y composición, pero también, presenta una primera aproximación sobre el efecto de algunas variables ambientales sobre la comunidad de microalgas.

## 4. Preguntas de investigación

- ¿Es posible encontrar patrones florísticos y ecológicos entre el fitoplancton de ambas lagunas?
- ¿Cuáles podrían ser los determinantes ambientales de esos patrones?
- ¿La biología de las especies encontradas en Centla, corresponde con lo descrito en la bibliografía, si partimos de que las algas no son cosmopolitas?

## 5. Objetivos

### General

- Describir la composición y la diversidad de las microalgas planctónicas de las lagunas, El Viento y San Pedrito, pertenecientes a la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, para tener un marco de referencia del componente fitoplanctónico en las comunidades acuáticas presentes.

### Particulares

- Determinar las especies presentes en ambos cuerpos de agua durante dos colectas (noviembre 2016; febrero 2017) para obtener la composición florística básica.
- Evaluar taxonómicamente los caracteres diagnósticos de las especies presentes, para compararlos y documentarlos con floras que se utilizan en su identificación, provenientes de zonas geográficas distintas, para realizar una descripción que documente ampliamente a las especies encontradas.
- Caracterizar las variables ambientales de ambas lagunas durante ambas colectas, particularmente pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y nutrientes, para conocer las condiciones ambientales abióticas.
- Relacionar la presencia y densidad de las especies con las variables ambientales como una aproximación a la caracterización de las condiciones de vida de las especies, para explicar los cambios en las densidades o en la distribución de estas.

## 6. Área de estudio

### 6.1. Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla (RBPC)

La RBPC ocupa el 12 % del territorio tabasqueño, resguardando el 94 % de la superficie protegida de la entidad, presentando el 44.43 % de la superficie total de humedales en el estado (Barba-Macías *et al.*, 2006). Se localiza entre las coordenadas geográficas 17° 57' 53" y 18° 39' 03" de latitud norte; 92° 06' 39" y 92° 47' 58" de longitud oeste (Sánchez *et al.*, 2007). Se creó el 6 de agosto de 1992, con el objetivo fundamental de propiciar su conservación y el desarrollo socioeconómico de los habitantes de la zona (SEMARNAP, 2000). Tiene una extensión de 3027.06 km<sup>2</sup> distribuidas en el municipio de Centla (2251.08 km<sup>2</sup>), Jonuta (656.51 km<sup>2</sup>) y Macuspana (62.8 km<sup>2</sup>) (SEMARNAP, 2000), adoptando su nombre por el área que presenta en el municipio de Centla.

Se encuentra catalogada como una región terrestre prioritaria de México (RTP 144), es un área natural protegida por competencia federal (ANP) (INEGI, 2017). Forma parte de los 58 humedales reconocidos por su importancia internacional, ocupando el quinto lugar en extensión en la República Mexicana, abarcando humedales de tipo marino-costeros y de aguas interiores (Barba-Macías *et al.*, 2006). Junto con la laguna de Términos y las lagunas de Pom-Atasta, conforman una zona hidrológica prioritaria para la conservación de los humedales para México y para la convención RAMSAR, pues ocupan el primer lugar en cuánto a área en México, el tercero en América Latina y está incluida dentro de los 10 humedales más importantes del mundo (Sánchez *et al.*, 2007).

La región hidrológica Grijalva-Usumacinta es la que influencia principalmente a la Reserva, a través de tres cuencas: Usumacinta al norte y centro de la Reserva; Laguna de Términos, al este, y río Grijalva-Villahermosa, al sur y oeste (Sánchez y Barba, 2005); mientras que el INEGI (2015) ubica a la Reserva dentro de la subcuenca del río Grijalva, esto por ocupar una mayor área en esta subcuenca. Los ríos más importantes son el Grijalva, con un volumen anual de 27,013 millones de m<sup>3</sup>, y el Usumacinta, con un volumen anual de 55,832 millones de m<sup>3</sup> (SEMARNAP, 2000). Asimismo, la Reserva es drenada por distributarios del Usumacinta como son el Palizada, San Pedrito, San Pedro

y San Pablo, hacia el centro, norte y este. Otros ríos importantes son el Bitzal, el Naranjos y Palomillal que drenan hacia al suroeste del río Grijalva. La longitud total de los cauces activos de la Reserva es de 463 km (ríos Grijalva, Usumacinta, San Pedro, San Pablo, Bitzal y Palizada) que junto con los cauces antiguos suman alrededor de 925 km de ríos (SEMARNAP, 2000). Dadas estas características, Rodríguez-Rodríguez (2002) señala que la RBPC se ubica en la unidad limnológica de confluencia hidrológica, donde se integran una gran cantidad de vasos lacustres continentales, así como a los más grandes de Tabasco. Presenta una marcada dinámica hidráulica que está relacionada con los sistemas deltaicos de los ríos más grandes y caudalosos de la entidad. Es por ello, que confluyen en esta zona dos subregiones limnológicas: la costera y continental, que posiblemente se encuentren delimitadas por la zona denominada tres brazos. Se reconocen tres estaciones a lo largo del año: secas, lluvias y nortes (Sánchez *et al.*, 2007) **(ANEXO 1. FIGURAS 1 y 2).**

Dentro del área que cubre la RBPC se encuentran cuatro zonas fisiográficas denominadas Llanura Aluvial, Llanura de Inundación, Vega de Río y Costa (Palma-López *et al.*, 2007). Los suelos son gleysoles principalmente, siendo el gleysol éutrico el tipo de suelo dominante (INEGI, 2015), sin embargo, existe una asociación entre gleysoles éutricos, mólicos e histosoles sápricos (GLEu-GLmo-HSsa), donde el histosol se asocia fuertemente a ambos gleysoles dependiendo de la duración del período de anegamiento **(FIGURA 3)**. Esta asociación de suelos es conocida regionalmente como "pantanos", "bajos" y "tembladeras" (Palma-López *et al.*, 2007). Por lo que los suelos permanecen inundados la mayor parte del año, estableciéndose en ellos un gran número de asociaciones vegetales hidrófilas como los apompales, tintales, manglares, popales y tulares (Palma-López *et al.*, 2007). Con lo que respecta a su uso, se practica la agricultura (autoconsumo: siembra de maíz, frijol, camote, calabaza), la ganadería (extensiva, producción de ganado bovino para el mercado regional y nacional) y la pesca (actividad más frecuente basada en sociedades cooperativas, especies que se comercializan a gran escala son robalo, pejelagarto, mojarra, camarón de río y de mar, además de la venta de piel de nutrias, cocodrilo y jaguar) (López-Hernández y Pérez, 1993; SEMARNAP, 2000) **(FIGURA 4)**. Según datos del INEGI (2015), la agricultura es la actividad humana más

evidente en la zona, no obstante, es una actividad de baja intensidad, mostrando que es una zona bien conservada sin una mancha urbana. En un censo realizado en 1987, se reporta que la población era de 10,552 habitantes, siendo básicamente población joven; mientras que para 1993, se reportaba que, al interior de la Reserva, se albergan 16,923 habitantes Mayas-Chontales, que se dedican principalmente a la pesca y a la agricultura (López Hernández y Pérez, 1993).

Dentro de la RBPC se localizan 110 ecosistemas acuáticos permanentes, de los cuales las lagunas el Viento y San Pedrito (**FIGURA 5**), son dos de las once lagunas interiores de la entidad con áreas mayores a 15 km<sup>2</sup> (Rodríguez-Rodríguez, 2002).

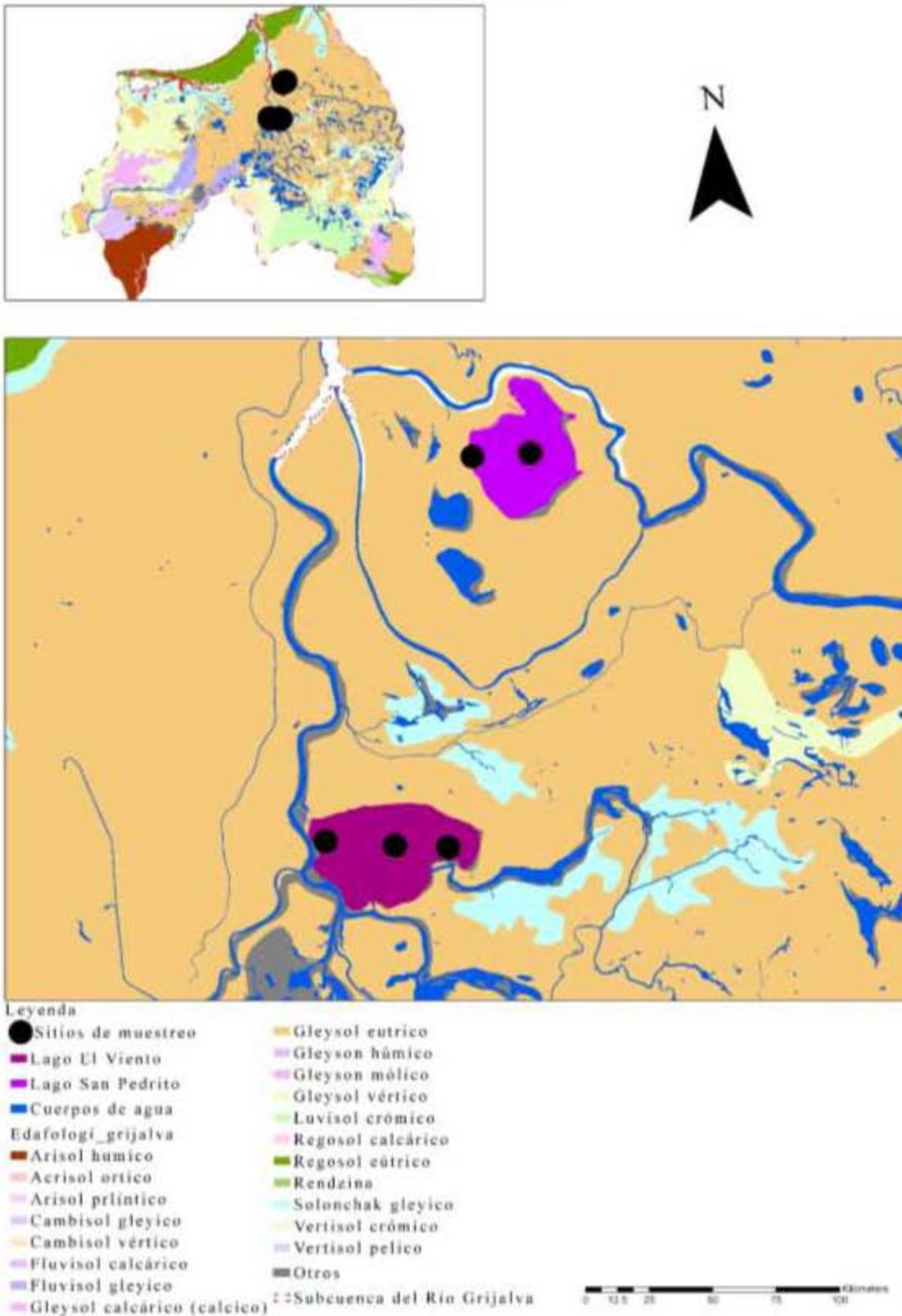
### **6.2. Laguna de San Pedrito**

Se ubica en las coordenadas geográficas 18° 22' 11.3" de latitud norte y 92° 35' 35" de longitud oeste. Abarcando una superficie de 13.602 km<sup>2</sup>, con una línea de costa de 17.8 km, longitud máxima de 5.2 km, ancho máximo de 3.9 km y proporción largo-ancho de 1.3. Se comunica mediante tres pequeños afluentes con el río San Pedrito; es de forma irregular y semi-dendrítica, de origen deltaico y tiene facies hidrófitas como vegetación aledaña. Tiene mezcla completa todo el año (Rodríguez-Rodríguez, 2002).

### **6.3. Laguna el Viento**

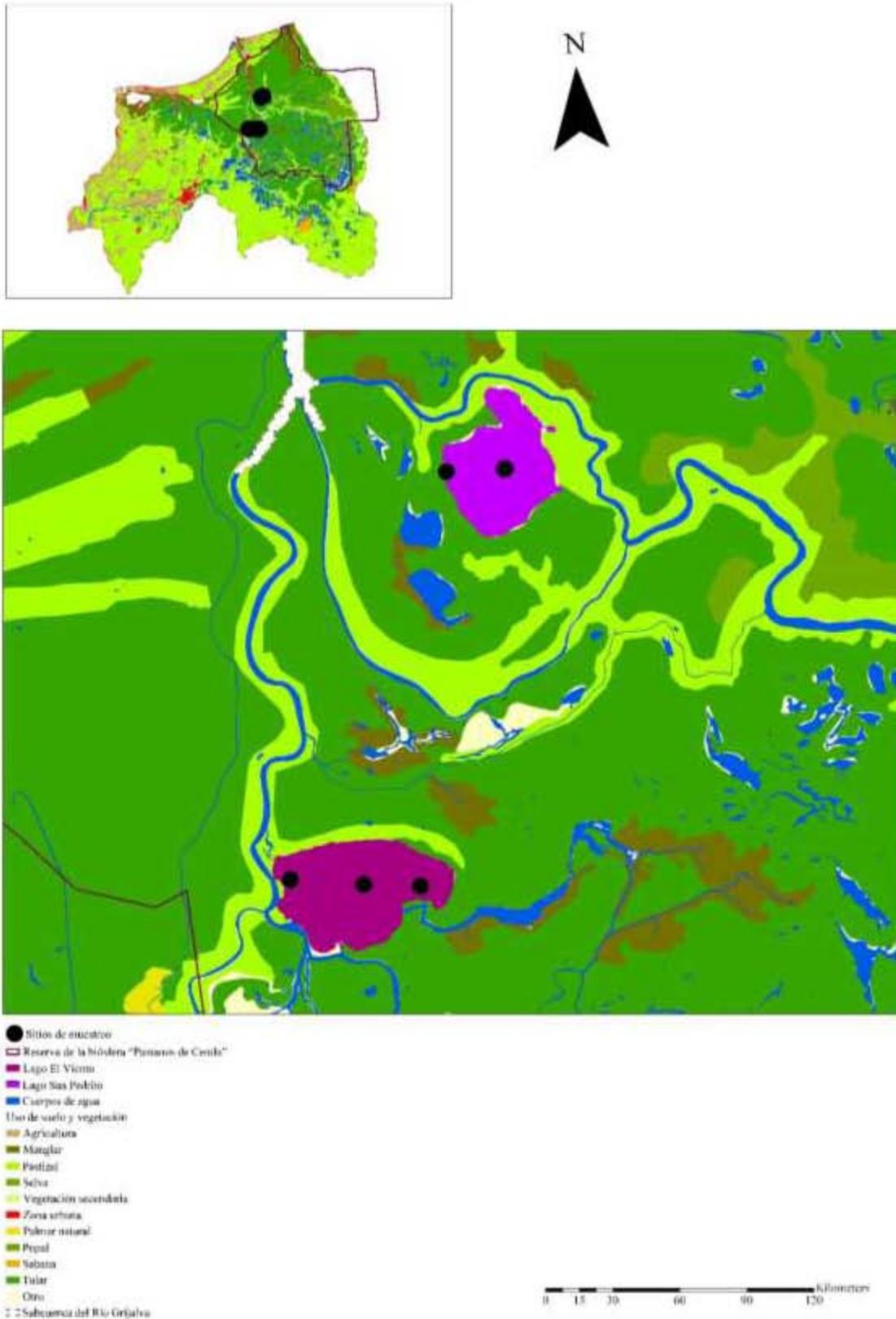
Se ubica en las coordenadas geográficas 18° 14' 22.8" de latitud norte y 92° 38' 13.3" de longitud oeste. Es un sistema lagunar permanente, presenta una superficie de 16.976 km<sup>2</sup>, línea de costa de 20.6 km, longitud máxima de 6.6 km, anchura máxima de 3.9 km y proporción largo/ancho de 1.67. Es de forma ligeramente ovalada, presenta como afluentes a los ríos Bitzal, Hormiguero y Grijalva, tiene tres islas fluviales y facies hidrófitas como vegetación aledaña. Tiene mezcla durante todo el año (Rodríguez-Rodríguez, 2002).

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México



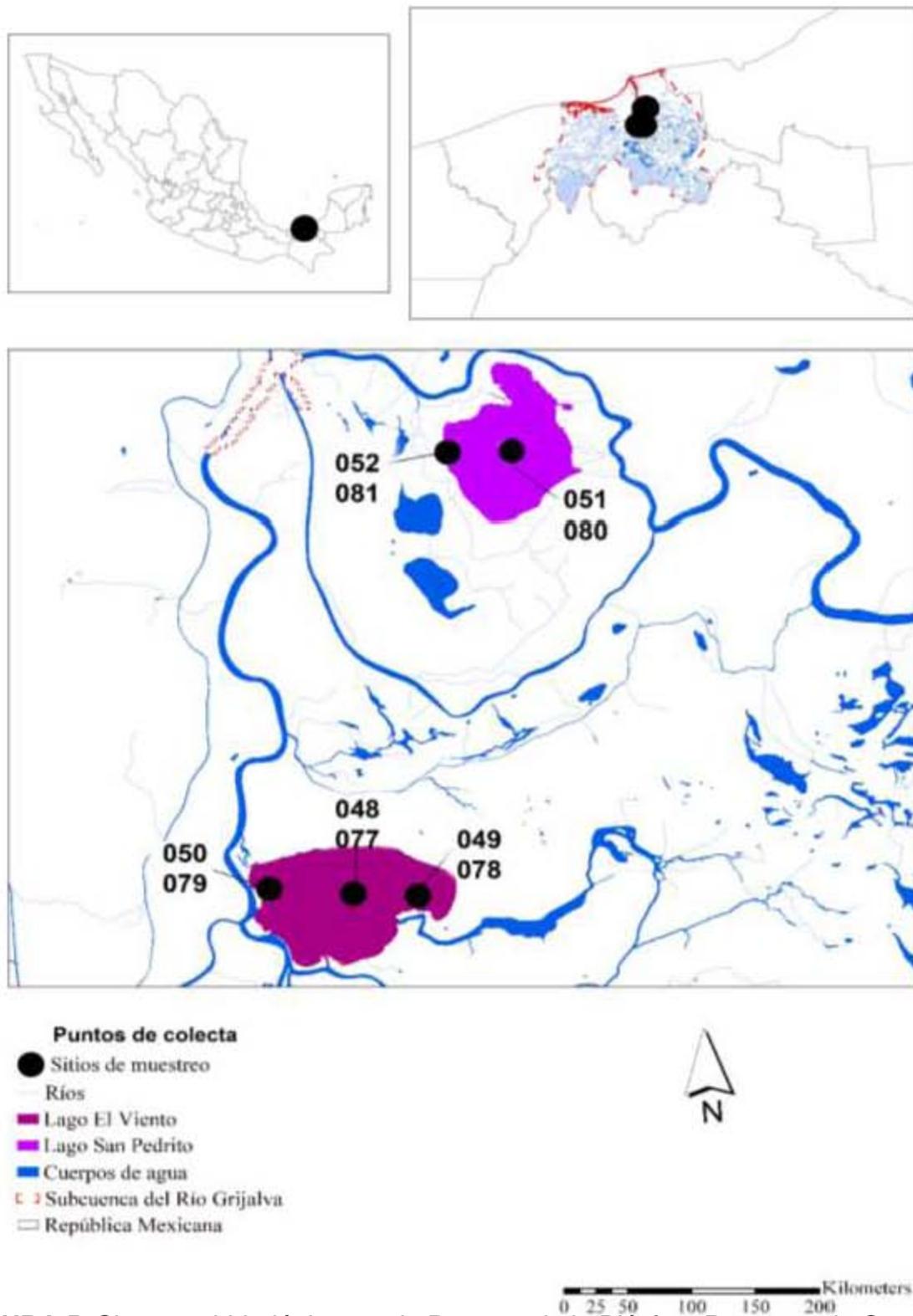
**FIGURA 3.** Composición de los suelos en la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla (lagunas de estudio en tonos morados).

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México



**FIGURA 4.** Tipo de vegetación y uso de suelo en la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla (lagunas de estudio en tonos morados).

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México



**FIGURA 5.** Sistemas hidrológicos en la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla (lagunas de estudio en tonos morados, señalizando los puntos de muestreo).

## 7. Materiales y métodos

### 7.1. Colecta de material biológico y muestras de agua

Para este trabajo se realizaron dos muestreos, uno el 27 de noviembre 2016 (lluvias de nortes), y el segundo, el 26 de febrero 2017 (secas). Durante ambas colectas, los servicios ecoturísticos de la Reserva, ubicados en la Estación Tres brazos nos brindaron las facilidades para desplazarnos en ambas lagunas, a través de lancha, comenzando por la laguna más alejada de la estación (Laguna del Viento), para posteriormente dirigirnos a la laguna de San Pedrito.

En la laguna el Viento, se muestrearon tres sitios, iniciando en el centro geográfico del cuerpo de agua, mientras que los dos sitios restantes, fueron opuestos entre sí. En el caso de la laguna San Pedrito, se tomaron dos sitios de colecta, siendo el primero el centro de la laguna, y un segundo punto, en su salida. En cada sitio se muestrearon diferentes profundidades (superficial, intermedia y cerca del fondo) establecidas a través de un profundímetro Hondex PS-7.

Para la obtención de muestras de agua para fitoplancton se utilizó una red de plancton de 10  $\mu\text{m}$  de apertura de malla para concentrar las muestras, las colectas superficiales consistieron en 100 litros de agua (**LÁMINA 1. A**), mientras que, de las muestras de profundidad, se obtuvieron 3 litros a través de una botella de Van Dorn (**LÁMINA 1. B**). De cada muestra se obtuvieron 2 frascos de 20 mL cada uno (herbario y limpieza de diatomeas), y se les añadió formol al 3 % para su conservación.

Para las muestras de agua para otros análisis, se obtuvieron dos litros de agua en cada laguna, durante cada temporada, éstas se emplearon para realizar el análisis de iones mayores. Las muestras fueron tomadas a 30 cm de profundidad en el centro de las lagunas, un litro fue acidificado con ácido clorhídrico (análisis de aniones), mientras que el litro restante, estuvo libre de ácido (análisis de cationes), de acuerdo con los protocolos del Laboratorio de Química Analítica del Instituto de Geofísica, UNAM, siguiendo los procedimientos descritos en APHA (2005). Al finalizar el muestreo las botellas se

envolvieron en aluminio, y fueron depositadas en una hielera hasta su procesamiento en el laboratorio.

### **7.2. Obtención de variables *in-situ***

Las mediciones se realizaron en cada sitio de muestreo, en las distintas profundidades a las que se colectó el material biológico. Se empleó el disco de Secchi para medir la penetración de la luz en la columna de agua (**LÁMINA 1. C**). Además, se registraron las variables ambientales de cada laguna, entre las que se encuentran el pH, temperatura, clorofila *a*, oxígeno disuelto, conductividad y turbidez, por medio de la sonda multiparamétrica Hydrolab DS5 66288 (**LÁMINA 1. D**).

### **7.3. Análisis de nutrientes del agua**

Se determinaron nitrato, amonio, fósforo total, fósforo reactivo y sílice, con métodos espectrofotométricos con el equipo HACH (DR 1900). Con los datos obtenidos, se procedió a realizar la construcción de una matriz para compararla con dos índices del estado trófico, uno propuesto por el Comité de Eutroficación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (**ANEXO 2**), y con el índice multiparamétrico TRIX (Trophic Index) (**ANEXO 3**).

### **7.4. Análisis de iones mayores en el agua**

Los análisis se realizaron a partir de los 2 litros de agua obtenidos en cada laguna, durante cada temporada. Estas muestras se analizaron por espectrofotometría de masas, actividad realizada por el laboratorio de Química Analítica, del Instituto de Geofísica, UNAM. Las formas químicas analizadas fueron  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ .

Los bicarbonatos se midieron por tritración ácida a un pH de 4.6, usando como indicador una mezcla de rojo de metilo y verde de bromocresol; los sulfatos se determinaron por turbidimetría. El cloruro se cuantificó potenciométricamente con un electrodo selectivo de iones, adicionando una solución a 5M de  $\text{NaNO}_3$ , que fue utilizada como un ajustador de fuerza iónica (Armienta *et al.*, 2008).

Las concentraciones de calcio y magnesio se midieron por medio de tritración complexométrica con EDTA. Mientras que el sodio y el potasio se cuantificaron por espectroscopía de emisión atómica (Armienta *et al.*, 2008).

La calidad analítica de las pruebas se evaluó mediante balance iónico (con un error de >5% (Armienta *et al.*, 2008).

Posteriormente se procedió a analizar la información obtenida, para reconocer la hidroquímica de las lagunas de estudio, a través de los diagramas triangulares de Piper, Hill, Langelier, que permiten visualizar gráficamente el comportamiento iónico en el agua (Fernández-Escalante, 2009). Este análisis parte del principio de que el agua posee formas catiónicas y aniónicas que se encuentran en un equilibrio químico, unos con otros, siendo considerados en estos análisis, 3 formas catiónicas y tres aniónicas, que son las formas iónicas dominantes en el agua (Fernández-Escalante, 2009).

Este diagrama consta de dos triángulos en la base combinados con un rombo central que indica el carácter del agua. En los triángulos se representan aniones y cationes en tanto por ciento de meq/L. En general, el sodio y el potasio, al igual que los carbonatos y los bicarbonatos, se asocian para la construcción de este gráfico (Fernández-Escalante, 2009).

Este fue realizado con el software libre HatariChem.

Mientras que el cálculo de la salinidad se realizó sumando los iones disueltos dominantes de las aguas en ambas lagunas.

### **7.5. Preparaciones semipermanentes de microalgas**

Para su realización se utilizó el material biológico proveniente de la colecta denominada “Herbario” (**LÁMINA 1. E**), se tomó una gota con pipeta Pasteur que se depositó sobre un portaobjetos, y se dejó reposar a temperatura ambiente hasta que se secaba; posteriormente se adicionaron dos gotas tibias de gelatina glicerinada, seguido de presión con un cubreobjetos para sacar al aire del sitio de montaje. Se dejaron por 24 horas, y posteriormente se retiraron los residuos de gelatina del marco del cubreobjetos.

Finalmente se sellaron con barniz transparente, donde se dejaron secar 24 horas más (González-González y Novelo, 1986). Cada muestra tuvo preparaciones por triplicado. Finalmente, las preparaciones se empaquetaron en bolsas de plástico para su protección, y fueron depositadas en el Herbario que resguarda el Laboratorio de Algas Continentales, Ecología y Taxonomía, de la Facultad de Ciencias, UNAM.

### **7.6. Limpieza y montaje de diatomeas**

La limpieza de los frústulos se realizó de acuerdo con el método del ácido nítrico (Johansen, 1983). Las muestras se concentraron en tubos de 15 mL que fueron centrifugadas a 400 rpm por 15 minutos (**LÁMINA 1. F**).

Posteriormente se les decantó el fijador (formol al 3 %) y se mantuvo un pelet con un volumen mínimo (2 mL aproximadamente), estos fueron resuspendidos con agua destilada para retirar residuos del fijador. Este procedimiento se realizó en cinco ocasiones, centrifugando a 400 rpm durante 5 minutos, donde el agua era sustraída y sustituida nuevamente para eliminar cualquier residuo. Al final el material se resuspendió con 10 mL de agua destilada, para transferir a un vaso de precipitados de 50 mL. Se añadieron 20 mL de ácido nítrico, y se hirvieron durante varios minutos a fuego lento para evitar que se salpicara. Con el hervor, el volumen (30 mL) quedó reducido a 15 mL. Posteriormente se adicionó dicromato de potasio (una pizca de la punta de una espátula) y se dejó hervir durante 5 minutos más, finalizado este tiempo se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Para finalizar, el material obtenido en cada muestra es lavado con agua destilada para retirar residuos del ácido durante seis ocasiones, a través de una centrifugación a 400 rpm durante 5 minutos por cada lavado. En el último lavado, se resuspendió el material limpio a 10 mL.

Para realizar las preparaciones, se tomaron 100  $\mu$ L con micropipeta que fueron depositados sobre un cubreobjetos, que fue colocado sobre una parrilla de calentamiento para evaporar el agua, donde posteriormente se colocaron dos gotas de resina Naphrax sobre cada muestra, se dejó que la resina comenzara a hervir y enseguida se retira el portaobjetos para colocarle un cubreobjetos. Se dejan reposar por 24 horas, y

posteriormente se retiran los residuos de la resina del marco del cubreobjetos (**LÁMINA 1. G**). Cada muestra tuvo preparaciones por triplicado (**LÁMINA 1. H**).

### 7.7. Identificación de especies y base de datos por grupo taxonómico

Tanto las preparaciones semipermanentes, como las realizadas después de la digestión ácida, montadas con resina Naphrax (diatomeas), se analizaron mediante microscopía fotónica, con un equipo NIKON Optiphot 2, con los objetivos 40X y 100X principalmente (**LÁMINA 1. I**). Durante la revisión de las preparaciones se realizó un registro que incluyó las descripciones de los organismos, a partir del reconocimiento de distintos caracteres (niveles de organización, presencia de mucilago, estructuras especializadas, gránulos, tipos de plástidos, espinas o proyecciones, entre otros) y posteriormente se tomaron sus medidas morfométricas. Se finalizó con la toma de fotografías del material biológico observado.

Para realizar la identificación taxonómica se consultaron inicialmente obras que compilan ficofloras de las Islas Británicas (John *et al.*, 2002), Argentina (González-Guerrero, 1941), Brasil (Sant'Anna *et al.*, 2012; Bicudo y Menezes, 2017), Chile (González e Inostrosa, 2017) y Cuba (Comas, 2009). A continuación, se procedió a consultar trabajos especializados por grupo taxonómico, para Cyanoprokaryota (Bourrelly, 1970; Parra *et al.*, 1982a; Komárek y Anagnostidis, 1999; Sant'Anna *et al.*, 2004; Komárek y Anagnostidis, 2005; Komárek, 2013), Euglenophyceae (Huber-Pestalozzi, 1955; Parra *et al.*, 1982c; Ciugulea y Triemer, 2010), Bacillariophyta (Rivera *et al.*, 1982; Krammer y Lange- Bertalot, 1986; Krammer y Lange- Bertalot, 1988; Krammer y Lange- Bertalot, 1991a; Krammer y Lange- Bertalot, 1991b; Tomas, 1997; Round *et al.*, 2000; Lange- Bertalot, 2001) y Chlorophyta (Croasdale *et al.*, 1983; Komárek y Fott, 1983; Parra *et al.*, 1983; Sant'Anna, 1984; Comas, 1996). Cabe destacar que, en promedio, para la identificación taxonómica, se revisaron entre 5 a 15 ejemplares por morfoespecie, ya que el material biológico presente en las muestras fue escaso.

Posteriormente, se generó una base de datos que contiene la descripción realizada de los organismos analizados durante este trabajo, además de integrar información de las especies registradas, a nivel sistemático, geográfico y ecológico

(ambiente y estado trófico) a partir de la revisión de 244 artículos y textos científicos, que fue complementada con la información presente en las bases de datos AlgaBase (Guiry y Guiry, 2020), CyanoDB.cz 2.0 (Hauer y Komárek, 2020), Diatoms of North America (2020) y LACET (Novelo y Tavera, 2020).

A partir de lo anterior, se elaboraron fichas taxonómicas por taxa, que incluyen: a) la descripción del género revisado; b) el nombre del taxón, seguido de la autoridad nomenclatural; c) una descripción de la especie; d) información de los ejemplares examinados; e) distribución geográfica; f) ambientes y formas de vida, estos datos se encuentran relacionados con un subíndice numérico que los vincula con las referencias que se encuentran detalladas en el apartado final “Referencias vinculadas al catálogo taxonómico”.

Cabe señalar que las especies que se encuentran en el estado de “aff” no se encuentran determinadas con certeza, esto se debe principalmente al bajo número de individuos en la muestra (no superan los 3), aunado al estado en que se encontraron estos ejemplares (fragmentados o deteriorados), lo que incidió en que algunos caracteres diacríticos no pudieran corroborarse con precisión. No obstante, decidieron incluirse en el catálogo con la ficha taxonómica respectiva, ya que al ser este el primer trabajo ficoflorístico para la zona de estudio, se considera relevante tener la noción de la posible aparición de esas entidades taxonómicas en exploraciones posteriores.

Cada grupo taxonómico se encuentra enmarcado bajo esquemas filogenéticos recientes, en Cyanoprokaryota (Komárek *et al.*, 2014), Euglenophyceae (Bicudo y Menezes, 2016), Bacillariophyta (Medlin y Kaczmarska, 2004), Chlorophyta y Charophyta (Leliaert *et al.*, 2012), que, a su vez, se encuentran insertos en la propuesta de Graham y colaboradores (2016).

## 7.8. Cuantificación de fitoplancton

Se utilizó una cámara Sedgwick Rafter (4603) que tiene 50 mm X 20 mm de lado y 1 mm de profundidad, con capacidad de 1 mL. El material biológico se obtuvo de las muestras de herbario de las dos colectas realizadas. Cada muestra se cuantificó por

triplicado. Para el llenado de la cámara se colocó el cubreobjetos en forma diagonal, colocando la muestra por el espacio libre que queda entre éste y la cámara, dejando sedimentar la muestra 30 minutos (Hötzel y Croome, 1999). Posteriormente se procedió a realizar la cuantificación con un microscopio óptico Nikon Eclipse E200, con el objetivo 10X y 20X, contando las células por transectos, desplazando la cámara con la platina horizontalmente en el sentido opuesto de donde se iniciaba, y cuando se llegaba al final del transecto, se movía la platina verticalmente, para iniciar en el siguiente transecto. De manera general, se alternó el conteo, entre un transecto si, y el siguiente no, así sucesivamente. Se tomó como criterio contar a los organismos que aparecían cruzando los límites de cada cuadrado (Villafañe y Reid, 1995).

Para estimar el número de células por mililitro, se empleó la fórmula planteada por Reguera y colaboradores (2016):

$$D \text{ (cél/mL)} = \frac{\text{número de células contadas}}{\text{número de cuadrantes escaneados}} \times \frac{1000 \text{ cuadrantes}}{1 \text{ mL}}$$

## 7.9. Análisis de comunidad

### 7.9.1. Índice de Shannon-Wiener

Se utilizó el índice para estimar la diversidad de especies. Este refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Pla, 2006). Para calcular la diversidad ( $H'$ ) (Moreno-Díaz, *et al.*, 2015) el índice se expresa como:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (ni/N) \ln(ni/N)$$

Donde “ni” es el número de individuos perteneciente a la *i*ésima especie en la muestra “S”, “N” es el número total de individuos en la muestra y “S” es el número de especies en la muestra. Este se calculó mediante el software PRIMER-E 6, versión 6.1.4.

### 7.9.2. Índice de Simpson

Se empleó el índice para estimar el valor de dominancia, que manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Moreno, 2001).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde “Pi” es la abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i, dividido entre el número total de individuos de la muestra. Este se calculó mediante el software PRIMER-E 6, versión 6.1.4.

### 7.9.3. Índice de Pielou

Se empleó este índice para evaluar la equitatividad, ya que estima la proporción de la diversidad observada, con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno, 2001). Este se calculó mediante el software PRIMER-E 6, versión 6.1.4.

$$\text{donde } H'_{\max} = \ln(S). \quad J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

### 7.9.4. Curva de acumulación de especies

En las curvas de acumulación de especies se representa el número de especies acumulado en el inventario, frente al esfuerzo de muestreo. Cuando mayor sea este esfuerzo, mayor será el número de especies colectadas hasta un máximo donde se estima que ya se han registrado la mayor cantidad de las especies (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

El estimador no paramétrico utilizado para generar la curva de acumulación de especies en este trabajo, fue Jackknife 1, ya que es uno de los estimadores no paramétricos menos sesgado para una variedad de sistemas de estudio (Hellmann y Fowler, 1999). Ha presentado una exactitud global alta al confrontar con la riqueza real de especies, incluso con esfuerzos de muestreo bajos, en el caso de aves (González-Oreja *et al.*, 2010) y, con comunidades vegetales ha presentado valores más cercanos a la riqueza

verdadera, y con un menor sesgo, en el caso de parcelas forestales (Hellmann y Fowler, 1999) y cafetales (López-Gómez y Williams-Linera, 2006).

La realización de la curva de acumulación se realizó con el programa PRIMER-E 6, versión 6.1.4.

#### **7.9.5. Prueba de asociación de Olmstead-Tukey**

Para establecer la dominancia de las especies mediante un análisis gráfico, se realizó la prueba de asociación Olmstead-Tukey, que a partir de la abundancia relativa (AR) y frecuencia relativa (FR), generan una gráfica de dispersión que se divide en cuatro cuadrantes, que utilizando las medianas de ambos parámetros para trazar los ejes. Esos cuadrantes corresponden a las categorías de dominantes, constantes, ocasionales y raras (González-Acosta *et al.*, 2005).

Para esta categorización, se toman en cuenta los siguientes criterios:

**Especies DOMINANTES:** Son aquéllas que obtuvieron valores tanto de abundancia relativa, como de frecuencia relativa, superiores a la media aritmética correspondiente.

**Especies CONSTANTES:** cuya frecuencia relativa de ocurrencia es mayor que la media aritmética correspondiente.

**Especies OCASIONALES:** Especies cuya abundancia relativa es mayor que la media aritmética correspondiente.

**Especies RARAS:** aquéllas que obtuvieron valores inferiores a la media aritmética correspondiente, tanto en abundancia relativa, como de frecuencia relativa.

El gráfico fue realizado por medio del software SigmaPlot versión 11.0.

#### **7.10. Análisis estadísticos**

Se construyeron dos matrices de datos, la primera que contiene las abundancias de las especies fitoplanctónicas estimadas en células/mL (datos biológicos), y la segunda, que posee la información ambiental (pH, temperatura, conductividad, concentración y porcentaje de oxígeno disuelto, nitratos, turbidez, clorofila *a*) (datos

abióticos). Ambas matrices fueron transformadas con raíz cuadrada para minimizar la variación, a excepción del pH.

Se utilizó la matriz de datos biológicos transformada, para obtener una matriz de disimilitud con el índice de Bray-Curtis, que otorga la misma importancia a las diferencias absolutas en abundancia, independientemente del orden de magnitud de estas (Borcard *et al.*, 2011). El valor del coeficiente Bray-Curtis oscila entre 0 (si dos muestreos no tienen ninguna especie en común) y 100 (cuando dos muestreos son idénticos) (García-Ruíz, 2012).

Se realizó un análisis exploratorio con la matriz de disimilitud generada, realizándose un análisis de grupos (análisis clúster) que busca identificar agrupaciones espaciales o temporales de los muestreos realizados, basado en el proceso de similitud entre las unidades de muestreo, en clases o grupos discretos (Quinn y Keough, 2002). El agrupamiento consiste en particionar la colección de objetos, en subconjuntos, de manera que cada objeto o descriptor pertenece a uno y solo un subconjunto para esa partición (Borcard *et al.*, 2011). Según el modelo de agrupación en clústeres, el resultado puede ser una sola partición o una serie de particiones anidadas jerárquicamente, presentadas por medio de dendrogramas (Borcard *et al.*, 2011). Se utilizó la estimación a partir de grupos promedio. Posteriormente se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), para representar gráficamente las relaciones entre las muestras en un número de dimensiones especificado (Quinn y Keough, 2002), que, para este trabajo, se utilizaron 2 dimensiones. Los resultados del NMDS se pueden ponderar a partir de los valores denominados como “stress”, que se refleja en una leyenda en cada representación gráfica del NMDS. Un valor de inferior a 0.05 se considera una excelente representación de los resultados. Si es inferior a 0.1 se considera buena; un valor inferior a 0.2 significa que el método es potencialmente utilizable, sin embargo, es deseable la combinación con otras técnicas como el análisis de grupos, para darle una mayor solidez a las conclusiones que se generen (García-Ruíz, 2012).

A partir de aquí, los siguientes análisis solo fueron realizados con los datos de superficie de la matriz obtenida con el índice de similitud de Bray-Curtis. Esto se justifica

por las tendencias presentadas en los análisis estadísticos anteriores, que mostraron que las muestras de profundidad presentaron una dispersión considerable entre ellas, además de que se obtuvieron valores de abundancias nulos en algunos casos, mientras tanto, las muestras superficiales, mostraron una mayor similitud (agregación) entre las muestras, además de haber exhibido valores de abundancia considerablemente mayores (esto probablemente influenciado por el esfuerzo de muestreo entre estratos de agua), y que todas las especies contabilizadas se registraron en este estrato de la columna de agua.

Se realizó un análisis de disimilitud (ANOSIM) de dos vías, que es una prueba de hipótesis que utiliza las disimilitudes de Bray-Curtis, análogo al análisis de varianza (ANOVA), que se basa en el re-muestreo multifactorial utilizando permutaciones (Quinn y Keough, 2002). La prueba estadística implica el cálculo de un estadístico global (R), el cual contrasta la varianza de la similitud dentro y entre los grupos. Cuando los grupos de muestras son distintos unos de otros, la composición de la similitud dentro de los grupos, son más grandes que las similitudes que pueden existir entre las muestras de diferentes grupos (García-Ruíz, 2012). El estadístico R, de ANOSIM, se encuentra usualmente entre 0 y 1, alcanzando su valor máximo cuando todas las similitudes dentro de los grupos son mayores, que las similitudes entre los grupos; cuando R alcanza el valor de 0, indica que no hay separación en la estructura entre los grupos (García-Ruíz, 2012). Con respecto al valor de significancia, si  $P < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula, indicando que sí existe diferencia significativa entre los grupos que se comparan.

Subsecuentemente se procedió a realizar un análisis de similitud porcentual (SIMPER), para determinar qué especies (variables) son las que más contribuyen a la disimilitud entre grupos de objetos (unidades de muestreo), y cuáles son las representativas dentro de las mismas. Este análisis calcula el porcentaje de contribución de cada especie a las diferencias entre todos los pares de unidades de muestreo en diferentes grupos, y el porcentaje de contribución de cada especie, a las similitudes entre todos los pares de unidades de muestreo dentro de cada grupo (Quinn y Keough, 2002).

Su cálculo parte de la similaridad media entre los pares de grupos, a partir del coeficiente de Bray-Curtis (García-Ruíz, 2012).

Todas estas pruebas fueron realizadas con el software PRIMER-E 6, versión 6.1.4.

Finalmente, se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), que es un estadístico que busca establecer la correlación entre dos conjuntos de variables, para los mismos objetos (sitios de muestreo). Alternativamente, es posible extraer combinaciones lineales de variables (componentes) de los dos conjuntos de variables, para que el primer componente de un conjunto tenga la máxima correlación con el primer componente del segundo conjunto (Quinn y Keough, 2002). Los componentes se denominan variables canónicas y el primer componente de cada conjunto forma un par de variables canónicas, el segundo componente de cada conjunto forma un segundo par, etc. El número de variables canónicas, y por lo tanto pares, es el número de variables en el conjunto más pequeño (Quinn y Keough, 2002).

Se realizó una primera corrida del ACC, con las 10 muestras superficiales, que contenían 43 especies (abundancias) versus la matriz de datos abióticos (con 8 variables); con base a los resultados anteriores, se realizó una segunda corrida del ACC, tomando las 19 especies que la prueba de asociación de Olmstead-Tukey categorizó como dominantes, constantes y ocasionales, versus las 8 variables abióticas. Cabe destacar que, este análisis se realiza como una primera aproximación a la dinámica de la comunidad fitoplanctónica con algunos factores ambientales que se presentan en las lagunas de estudio.

El análisis de correspondencia canónica se realizó con el software XLSTAT 2017.

### **7.11. Construcción cartográfica del área de estudio**

Se obtuvo la información cartográfica del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2015); las cartas topográficas empleadas fueron de la subcuenca del río Grijalva, mostrando hidrología, edafología, geología y vegetación y uso de suelo, estas se encuentran en escala 1:50,000, y fueron procesadas a través del sistema de información geográfica ArcGIS 10.4.

## 8. Resultados

### 8.1. Catálogo de Fitoplancton

**CYANOPROKARYOTA** Komárek

**CYANOPHYCEAE** Schaffner

**SYNECHOCOCCALES** Hoffmann, Komárek & Kastovsky

**Synechococcaceae** Komárek & Anagnostidis

***Cyanocatena*** Hindák

Colonias microscópicas que flotan libremente, con células dispuestas irregularmente, inmersas en un mucílago muy fino, sin estructura definida, incoloro y difluente en el margen, a menudo presentan anillos marrones o negruzcos (precipitados férricos); las células son cilíndricas, alargadas con extremos redondeados, a veces ligeramente arqueadas y carecen de envolturas propias de mucílago. Reproducción por desintegración de colonias; las células se dividen por fisión binaria en un plano, en generaciones sucesivas, transversalmente al eje longitudinal, a menudo donde se localizan las precipitaciones en forma de anillo (Komárek y Anagnostidis, 1999).

***Cyanocatena planctonica*** Hindák (lámina 2, figura a)

**Descripción:** Colonias microscópicas de (3.9) 7.9-11.8 (26.4)  $\mu\text{m}$  envueltas por un tenue mucílago hialino, entre las células se presentan anillos negruzcos (3-7), de 1.3  $\mu\text{m}$  de longitud. Las colonias están conformadas entre 6 a 10 (20) células, que generalmente son cilíndricas alargadas, con extremos redondeados, verde-azul pálidas, con contenido homogéneo, dispuestas irregularmente, que miden 0.6-1.3  $\mu\text{m}$  de ancho.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A, C), TabCen049 (A, B, C), TabCen050 (A, B), TabCen051 (A, B), TabCen052 (B), TabCen077 (A, C), TabCen078 (A, B), TabCen079 (A), TabCen080 (A, B), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>28, 100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 19, 26, 100</sup>, Grecia<sup>70, 100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>. ÁFRICA: Kenia<sup>45</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>42, 100</sup>. AMÉRICA: Estados Unidos<sup>100, 207</sup>. México: Tabasco<sup>238</sup>, Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Estanques<sup>19, 110</sup>, lagos<sup>16, 28, 42, 45, 110</sup>, reservorios<sup>42</sup>, ríos<sup>26</sup>. En ambientes epicontinentales eutróficos<sup>19, 28, 110</sup>. Metafitica<sup>238</sup>, planctónica<sup>16, 19, 26, 28, 42, 45, 110</sup>.

### ***Synechococcus* Nägeli**

Células solitarias o agrupadas en grupos microscópicos a macroscópicos, irregulares, que no forman colonias mucilaginosas, algunas veces las células se encuentran en series cortas de formaciones pseudofilamentosas con 2-4 (20) células. Mucílago ausente o muy fino, incoloro, homogéneo, difluente, alrededor de células individuales. Las células van desde ovoides a cilíndricas, algunas ocasiones varias veces más largas que anchas, rectas, arqueadas o sigmoides, de 1.5 hasta más de 20 µm de largo y de 0.4-6 (11) µm de ancho, con tilacoides parietales. Las células se dividen por fisión binaria, transversalmente (siempre en un plano en sucesivas generaciones, perpendicular al eje longitudinal) en dos células hijas isomórficas o diferentes (después de fisión binaria asimétrica), que de vez en cuando permanecen unidas en pares, durante un período más largo (Komárek y Anagnostidis, 1999).

### ***Synechococcus epigloeicus* Hindák (lámina 2, figura b)**

**Descripción:** 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 ancho, verde azuladas con contenido homogéneo. Se encuentran generalmente sobre alguna superficie, que va desde cristales, hasta una colonia de *Microcystis* aff. *wesenbergii*.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A, B, C), TabCen050 (A), TabCen52 (A), TabCen077 (A).

**Distribución:** EUROPA: Eslovaquia<sup>100, 110</sup>, República Checa<sup>100</sup>. AMÉRICA: México: Ciudad de México<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Lagos<sup>110</sup>, ríos<sup>238</sup>. En ambientes epicontinentales eutróficos<sup>110</sup>. Planctónica<sup>100, 110</sup>, epigloeica en la superficie de una colonia de *Microcystis aeruginosa*<sup>110</sup>, reófila<sup>238</sup>.

***Synechococcus nidulans*** (Pringsheim) Komárek & Bourrelly (lámina 2, figuras c, d)

**Descripción:** Células en un grupo de numerosos individuos, en algunos casos solitarias y agregadas en pares (10-16 células). Células cilíndricas o sigmoides, con contenido homogéneo verde azulado, de 1.9-3.9 (5.9)  $\mu\text{m}$  de longitud y de 0.6-1.3 (2.6)  $\mu\text{m}$  de ancho, aisladas, sin mucílago aparente.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A, B, C), TabCen049 (A, B), TabCen051 (B), TabCen052 (A, C), TabCen077 (A, C), TabCen079 (A, B), TabCen080 (A).

**Distribución:** EUROPA: Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>42, 100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>8, 25, 48, 100</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>. México: Ciudad de México<sup>18</sup>, Jalisco<sup>238</sup>, Oaxaca (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Puebla<sup>18</sup>, Quintana Roo (laguna Lagartos<sup>18, 63</sup>), Tabasco (cuenca del río González<sup>135</sup>), Veracruz<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>14, 42</sup>, estanques<sup>14, 110</sup>, lagos<sup>110</sup>, lagunas<sup>18, 63, 135</sup>, reservorios<sup>8, 42</sup>, ríos<sup>42, 85, 135</sup>, zanjas<sup>110</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, en una laguna costera<sup>25</sup>. Planctónica<sup>8, 14, 18, 25, 42, 48, 63, 85, 110, 135, 238</sup>.

### **Merismopediaceae Elenkin**

#### ***Aphanocapsa* Nägeli**

Colonias generalmente microscópicas y en algunos casos macroscópicas, más o menos esféricas, irregulares o planas, con escasas o numerosas células dispuestas irregularmente; mucílago colonial principalmente incoloro, más o menos homogéneo con margen indistinto, y particularmente en colonias macroscópicas es firme, sin forma, pero claramente delimitado; las células no poseen cubierta mucilaginosa individual, aunque ocasionalmente (en colonias firmes) algunas presentan cubiertas estrechas y difluentes. Reproducción por desintegración de colonias. La división celular es por fisión binaria en dos planos perpendiculares en sucesivas generaciones (principalmente escisión), en donde en algunas ocasiones las células permanecen juntas después de la división (en dos o tétradas). En unas pocas especies se registra la producción facultativa de nanocitos (Komárek y Anagnostidis, 1999).

***Aphanocapsa delicatissima*** West (lámina 2, figura e)

Sinónimos: *Microcystis pulvereae* f. *delicatissima* (West & West) Elenkin  
*Microcystis delicatissima* (W. & West) Starmach

**Descripción:** Colonias microscópicas irregulares de (7.2) 11.8-34.9 (52.8) µm de ancho, con mucilago incoloro homogéneo. Las células se encuentran distribuidas de manera más o menos uniforme, elipsoidales, de 0.6-1.3 µm de ancho, con contenido homogéneo pálido verde-azulado, sin aerotopos.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A, C), TabCen049 (A, B, C), TabCen050 (A), TabCen051 (A), TabCen052 (A, B, C), TabCen077 (A, C), TabCen078 (A, B), TabCen079 (A, B), TabCen080 (A), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>39</sup>, Eslovaquia<sup>19</sup>, España<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Grecia<sup>70, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Lituania<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Suecia<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100, 214, 221</sup>, India<sup>100</sup>, Irán<sup>71</sup>, Israel<sup>80, 100</sup>, Japón<sup>100</sup>, Nepal<sup>69</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Turquía<sup>79</sup>. ÁFRICA: Kenia<sup>45</sup>, Nigeria<sup>77</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>42</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100, 223</sup>, Brasil<sup>6, 8, 40, 43, 48, 73, 74, 100, 158, 237</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>5</sup>, Cuba<sup>100</sup>, Estados Unidos<sup>72, 100, 132, 207</sup>, Groenlandia (Isla de Spitsbergen<sup>75</sup>), Venezuela<sup>12</sup>. México: Guerrero<sup>238</sup>, Oaxaca (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Puebla (lago Tehuitlapa<sup>76</sup>), Tabasco (cuenca del río González<sup>135</sup>), Veracruz (lago de Catemaco<sup>30, 76</sup>, lago Majahual<sup>78</sup>, lago verde<sup>78</sup> y lago Mogo<sup>78</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>69</sup>, canales<sup>72</sup>, estanques<sup>19, 75, 110, 223, 237</sup>, humedales<sup>74</sup>, lagos<sup>5, 12, 30, 45, 72, 74, 75, 76, 78, 80, 110, 223</sup>, lagunas<sup>77, 135</sup>, reservorios<sup>39, 40, 42, 43</sup>, ríos<sup>5, 75, 85, 135</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> mesotróficos<sup>75, 78</sup> y eutróficos<sup>19, 30, 39, 45, 78, 79</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, en lagunas costeras<sup>158, 238</sup> y estuarios<sup>132, 158</sup>. Edáfica<sup>238</sup>, epipélica<sup>238</sup>, metafítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>5, 8, 12, 15, 19, 30, 39, 40, 42, 43, 45, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 85, 110, 132, 135, 158, 223, 237, 238</sup>, subaerofítica<sup>238</sup>.

***Limnococcus*** (Lemmermann) Komárková, Jezberová, Komárek & Zapomelová

Células dispuestas irregularmente en un mucílago ancho, homogéneo, amorfo, incoloro y difluente, distante entre sí en colonias microscópicas, generalmente de un pequeño número de células (2-40). Las células esféricas, después de la división subesférica, de hasta 22 µm de diámetro, generalmente con un contenido gris-verde, azul verdoso o verde oliva. La reproducción procede por desintegración de colonias o liberación de células de las colonias. División celular por fisión binaria, en 2-3 planos en sucesivas generaciones, en donde las células alcanzan la forma esférica original antes de la siguiente división (Komárková *et al.*, 2010).

***Limnococcus limneticus*** (Lemmermann) Komárková, Jezberová, Komárek &  
Zapomelová (lámina 2, figura f)

Sinónimo: *Chroococcus limneticus* Lemmermann

**Descripción:** Células hemisféricas dispuestas irregularmente (2-4), ligeramente distantes entre una y otra, de (5.2) 7.9-10.5 (11.2) µm de longitud, y (3.3) 5.2-8.5 µm de ancho, con contenido homogéneo verde azulado a verde oliva, con mucílago incoloro, sin aerotopos.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A), TabCen051 (A), TabCen052 (B), TabCen077 (A), TabCen078 (A), TabCen080 (A), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>39</sup>, Dinamarca<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 19, 26, 100</sup>, España<sup>100</sup>, Fennoscandia<sup>219</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Grecia<sup>70, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Lituania<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, República Checa<sup>26, 82, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100, 225</sup>. ASIA: China<sup>100, 228</sup>, Corea<sup>100, 214, 221</sup>, India<sup>62, 100</sup>, Irán<sup>233</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>80, 100</sup>, Japón<sup>100</sup>, Nepal<sup>69</sup>, Pakistan<sup>100</sup>, Singapore<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>, Vietnam<sup>100</sup>. ÁFRICA: Argelia<sup>235</sup>, Kenia<sup>45</sup>, Nigeria<sup>77</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>42</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>61, 100, 223</sup>, Brasil<sup>8, 48, 100, 107, 158, 237</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>5</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>, Venezuela<sup>12</sup>. México: Campeche (sistema fluvio-lagunar Pom-Atasta-Palizada<sup>44, 139</sup>), Ciudad de México (canales de Xochimilco<sup>60</sup>), Chiapas<sup>238</sup>, Estado de México (laguna de Victoria<sup>1</sup>), Guanajuato<sup>238</sup>,

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México**

Jalisco<sup>238</sup>, Michoacán (alberca de Tácambaro<sup>34</sup>), Nuevo León<sup>238</sup>, Oaxaca (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Tabasco (laguna el Balsón<sup>44</sup>, sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>), Veracruz (lago de Catemaco<sup>44, 76</sup>, lagos del Dique en Xalapa<sup>44</sup>, río Sedeño<sup>44</sup>, laguna de la Mancha<sup>44</sup>), Yucatán<sup>44, 102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>42, 69</sup>, canales<sup>60</sup>, cenotes<sup>238</sup>, estanques<sup>15, 19, 44, 82, 110, 214, 223, 237</sup>, fuentes termales<sup>233</sup>, lagos<sup>12, 15, 16, 34, 42, 44, 45, 76, 80, 110, 210, 214, 228, 235</sup>, lagunas<sup>1, 5, 9, 14, 44, 56, 77, 107, 139, 225</sup>, pantanos<sup>14, 110</sup>, pozas de turbera<sup>61</sup>, reservorios<sup>8, 39, 110, 210</sup>, ríos<sup>5, 14, 26, 42, 44, 56, 62, 69, 82, 85, 110, 210, 214</sup>, suelos húmedos<sup>69</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> mesotróficos<sup>15, 214</sup> y eutróficos<sup>19, 39, 44, 45, 82</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, en lagunas costeras<sup>107, 158</sup> y estuarios<sup>132</sup>. Bentónica<sup>238</sup>, edáfica<sup>69</sup>, epipélica<sup>225</sup>, perifítica<sup>219, 238</sup>, planctónica<sup>1, 5, 8, 9, 14, 15, 16, 19, 26, 34, 39, 42, 44, 45, 56, 60, 62, 76, 77, 80, 81, 82, 85, 107, 110, 132, 139, 158, 223, 228, 235, 237, 238</sup>.

***Merismopedia* Meyen**

Colonias generalmente microscópicas, raramente macroscópicas, de vida libre, tabulares, con una capa de células dispuestas densa o ligeramente en el plano de la colonia cuadrada o rectangular, a veces con contorno irregular, plano u ondulado; colonias grandes a veces contorsionadas o compuestas por varias subcolonias. Las colonias consisten en pocas a muchas células (en algunas especies más de 4000); células dispuestas en filas perpendiculares, distantes o muy juntas. Envolturas mucilaginosas coloniales incoloras, sin estructura, hialinas, finas, generalmente con un margen angosto o ancho indistinto; células a veces con mucilago individual (en varias especies facultativamente). Células esféricas o ampliamente elípticas (cuando son alargadas u ovales, el eje más largo se encuentra en el plano de la colonia), después de la división hemisférica, con un contenido homogéneo, pálido o azul verdoso brillante o rojizo (violeta, rosa); en unas pocas especies en las partes centrales de las células aparecen cuerpos refractivos o aerotopos (Komárek y Anagnostidis, 1999).

***Merismopedia glauca*** (Ehrenberg) Kützing (lámina 2, figura g)

**Descripción:** Colonias planas cuadradas, con mucilago incoloro que se puede percibir extendiéndose ligeramente más allá de las células. Se encuentran conformadas entre (8) 16-24 (32) células, dispuestas regularmente, algunas son ovales y otras hemisféricas, de color verde pálido a verde azuladas, de 3.3-4.6 µm de longitud, y 1.9-2.6 (3.3) µm de ancho.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A), TabCen051 (A), TabCen077 (A), TabCen078 (A, B), TabCen080 (A, B), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 19, 26, 100</sup>, Fennoscandia<sup>219</sup>, España<sup>22, 27, 100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Grecia<sup>70, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Italia<sup>100</sup>, Lituania<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Serbia<sup>231</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>79, 100, 225</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100</sup>, Corea<sup>221</sup>, India<sup>24, 32, 100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>80</sup>, Japón<sup>100</sup>, Nepal<sup>69</sup>, Sri Lanka<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>, Vietnam<sup>100</sup>. ÁFRICA: Mozambique<sup>100</sup>, Nigeria<sup>77</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>42, 100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100, 223, 226</sup>, Brasil<sup>6, 8, 40, 48, 100, 107, 141, 158, 237</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>5</sup>, Colombia<sup>10</sup>, Costa Rica<sup>100</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>, Uruguay<sup>59, 65</sup>, Venezuela<sup>12</sup>. México: Campeche (sistema fluvio-lagunar Pom-Atasta-Palizada<sup>44, 139</sup>), Ciudad de México (canales de Atlapulco<sup>60</sup>), Estado de México (laguna de Victoria<sup>1, 2</sup>), Guanajuato<sup>238</sup>, Jalisco<sup>3</sup>, Michoacán (alberca de Tácambaro<sup>34</sup>), Oaxaca<sup>244</sup> (río Ejutla<sup>1,2,3</sup>, río Tehuantepec<sup>85</sup>), Puebla<sup>3</sup>, San Luis Potosí<sup>3</sup>, Tabasco<sup>3</sup> (cuenca del río González<sup>135</sup>), Veracruz<sup>44</sup>, Yucatán<sup>44, 68, 102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>3, 42, 69</sup>, canales<sup>60</sup>, cenotes<sup>238</sup>, charcos<sup>1, 2, 3</sup>, estanques<sup>14, 19, 24, 32, 69, 110, 141, 237</sup>, lagos<sup>1, 2, 5, 6, 12, 16, 34, 42, 69, 79, 80, 110, 210, 223</sup>, lagunas<sup>5, 8, 44, 77, 107, 135, 139, 225</sup>, pantanos<sup>110</sup>, reservorios<sup>40, 42, 65, 210</sup>, ríos<sup>5, 6, 26, 27, 42, 59, 69, 85, 135, 210, 226, 231</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48, 110</sup> mesotróficos<sup>15, 59</sup> y eutróficos<sup>19, 27, 59, 79, 238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, en lagunas costeras<sup>8, 158, 238</sup> y estuarios<sup>22, 68, 132</sup>. Bentónica<sup>238</sup>, epifítica<sup>3, 238</sup>, epilítica<sup>244</sup>, epipélica<sup>3, 10, 15, 225, 238</sup>, metafítica<sup>14, 15, 110, 231, 238</sup>, perifítica<sup>3, 219</sup>, planctónica<sup>1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 14, 15, 16, 19, 24, 26, 32, 34, 40, 42, 44, 59, 60, 65, 68, 69, 77, 79, 80, 85, 107, 110, 132, 135, 139, 141, 158, 223, 226, 231, 237, 238, 244</sup>.

***Merismopedia tenuissima*** Lemmermann (lámina 2, figura h)

**Descripción:** Colonias planas rectangulares, con mucilago incoloro, hialino. Se encuentran conformadas entre 32-96 células, dispuestas regularmente, ovoides, de colores gris azulado y verde azul, de 0.6-1.3 (1.9)  $\mu\text{m}$  de longitud, y 0.6  $\mu\text{m}$  de ancho.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A), TabCen051 (A), TabCen052 (A, C), TabCen077 (A), TabCen078 (A, B), TabCen080 (A, B), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>28, 100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 26, 100</sup>, España<sup>22, 27, 100</sup>, Fennoscandia<sup>219</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Grecia<sup>70, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Lituania<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>26, 82</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Serbia<sup>231</sup>, Turquía<sup>79, 100, 225</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100</sup>, Corea<sup>100, 221</sup>, India<sup>100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>80, 100</sup>, Japón<sup>100</sup>, Nepal<sup>69</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: Kenia<sup>45</sup>, Nigeria<sup>77</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>42, 100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>13, 100, 223</sup>, Brasil<sup>6, 8, 40, 43, 48, 100, 107, 141, 158, 237</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>5</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>, Groenlandia (Isla de Spitsbergen<sup>75</sup>), Venezuela<sup>12</sup>. México: Ciudad de México (canales de Xochimilco<sup>60</sup>), Colima<sup>238</sup>, Estado de México (laguna de Victoria<sup>1, 2</sup>), Hidalgo<sup>238</sup>, Morelos<sup>238</sup>, Puebla<sup>238</sup>, Oaxaca<sup>244</sup> (río de los perros<sup>1, 2</sup>, río Tehuantepec<sup>85</sup>), Querétaro<sup>238</sup>, Quintana Roo (reserva de la biósfera Sian Ka'an<sup>54</sup>), San Luis Potosí<sup>238</sup>, Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>, cuenca del río González<sup>135</sup>), Tamaulipas (laguna del Carpintero<sup>86</sup>), Tlaxcala<sup>238</sup>, Veracruz (el infiernillo<sup>1, 2</sup>, lago Mogo<sup>78</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyo<sup>12, 42</sup>, canales<sup>60, 140</sup>, cenotes<sup>238</sup>, charcos<sup>1, 2</sup>, estanques<sup>40, 69, 82, 110, 141, 210, 237</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>6, 16, 28, 40, 42, 45, 69, 75, 78, 79, 80, 110, 210, 223</sup>, lagunas<sup>1, 2, 5, 56, 77, 107, 135, 225</sup>, pantanos<sup>1, 2</sup>, reservorios<sup>42, 43, 107, 210</sup>, ríos<sup>6, 26, 27, 42, 56, 82, 85, 210, 231</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>15, 48</sup> oligotróficos<sup>238</sup>, mesotróficos<sup>75</sup> a eutróficos<sup>14, 15, 27, 28, 40, 45, 78, 79, 82, 110, 238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, en lagunas costeras<sup>158</sup> y estuarios<sup>14, 15, 40, 86, 110, 132</sup>. Bentónica<sup>238, 244</sup>, epipélica<sup>225, 238</sup>, metafítica<sup>231, 238</sup>, perífítica<sup>107, 219, 238</sup>, planctónica<sup>1, 2, 5, 8, 16, 26, 28, 40, 42, 43, 45, 56, 60, 75, 77, 78, 79, 80, 82, 85, 86, 107, 132, 135, 140, 141, 158, 223, 231, 237, 238, 244</sup>. A menudo sobre sedimentos con condiciones reductoras<sup>15</sup>, alfa-beta mesosaprobias<sup>22</sup>.

### ***Synechocystis* Sauvageau**

Células solitarias, esféricas, donde después de la división (hemisférica), se mantienen por un corto período de tiempo, dos células juntas; nunca formando colonias, generalmente sin mucílago, y si lo presenta, son envolturas mucilaginosas angostas, finas, incoloras y usualmente difusas e indistintas. Las células son esféricas o ampliamente ovals. Su división celular es por fisión binaria, en dos células hijas hemisféricas, morfológicamente iguales, que alcanzan la forma globular original antes de la siguiente división; las células siempre se dividen en dos planos perpendiculares en sucesivas generaciones. Si las envolturas mucilaginosas se forman alrededor de las células, se dividen junto con las células en división (Komárek y Anagnostidis, 1999).

#### ***Synechocystis aquatilis* Sauvageau (lámina 3, figura a)**

**Descripción:** Células esféricas, que se encuentran de manera solitaria o en pares. Contenido verde azul pálido, con finas e incoloras envolturas de mucílago, de (3.9) 4.6-5.2  $\mu\text{m}$  de ancho.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A), TabCen050 (B), TabCen051 (A, B), TabCen052 (A), TabCen077 (C), TabCen078 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Fennoscandia<sup>219</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Grecia<sup>70, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Lituania<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Serbia<sup>231</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100, 221</sup>, Irán<sup>233</sup>, India<sup>24, 32, 69</sup>, Singapur<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Antártida (islas Ongul<sup>20</sup>), Brasil<sup>6, 8, 23, 43, 48, 100, 107, 236</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Venezuela<sup>12</sup>. México: Hidalgo<sup>3</sup>, Ciudad de México<sup>3</sup>, Colima<sup>238</sup>, Estado de México<sup>238</sup>, Jalisco<sup>238</sup>, Oaxaca<sup>244</sup> (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Puebla (Tehuacán-Cuicatlán<sup>3</sup>), Tabasco (cuenca del río González<sup>135</sup>), Tamaulipas<sup>3</sup>, Yucatán<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Cenotes<sup>238</sup>, estanques<sup>24, 32, 110</sup>, fuentes termales<sup>233</sup>, lagos<sup>12, 20, 23, 210</sup>, lagunas<sup>107, 135</sup>, lagunas salobres<sup>8</sup>, reservorios<sup>43, 107, 210</sup>, ríos<sup>69, 85, 135, 210, 231</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>15, 48</sup> eutróficos<sup>3, 14, 15, 110, 238</sup>, y crece en aguas ligeramente contaminadas<sup>3, 14</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>15, 236, 238</sup>. Edáfica<sup>3, 238</sup>, epilítica<sup>3, 238</sup>,

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México**

epipélica<sup>3</sup>, epipsámica<sup>3, 238</sup>, metafítica<sup>14, 110</sup>, perifítica<sup>23, 107, 219, 238</sup>, planctónica<sup>3, 14, 15, 20, 24, 32, 43, 85, 107, 110, 135, 231, 238, 244</sup>.

***Synechocystis minuscula*** Woronichin (lámina 3, figura b)

**Descripción:** Células hemisféricas a ovoides, en pares, con contenido homogéneo, color verde oliva, cubiertas de mucílago fino, hialino. De (1.3) 1.9-2.6 µm de ancho.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A), TabCen050 (A, B), TabCen051 (C), TabCen052 (B), TabCen077 (A), TabCen078 (A), TabCen080 (A, B).

**Distribución:** EUROPA: Grecia<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: México: Estado de México<sup>238</sup>, Michoacán<sup>238</sup>, Puebla<sup>238</sup>, Tabasco (Sánchez Magallanes<sup>136</sup>, San Pedro Centla<sup>136</sup>), Yucatán<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>238</sup>, fuentes termales<sup>110</sup>, lagos<sup>238</sup>, manantiales<sup>238</sup>, pantanos salinos<sup>110</sup>, piscinas<sup>110</sup>, ríos<sup>238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, en estuarios<sup>136</sup>. Aerofítica<sup>238</sup>, epifítica<sup>136</sup>, epipélica<sup>238</sup>, perifítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>238</sup>.

**Coelosphaeriaceae** Nägeli

***Coelosphaerium*** Nägeli

Colonias microscópicas, esféricas u ovoides, a veces compuestas de subcolonias, raramente irregulares cuando son viejas, de vida libre, generalmente planctónicas, envueltas por mucílago fino, incoloros, generalmente no definidos claramente, sin tallos en el centro colonial; mucílago limitado alrededor de la capa periférica de células o formando una capa gelatinosa alrededor de las células (en el margen). Células esféricas o hemisféricas después de la división, usualmente ligera o claramente distantes entre sí, con o sin aerotopos. Reproducción por desintegración de colonias. División celular en dos planos en generaciones sucesivas, perpendiculares una a otra y más o menos a la superficie colonial (Komárek y Anagnostidis, 1999).

***Coelosphaerium aeruginum*** Lemmermann (lámina 3, figura c)

**Descripción:** Colonias esféricas a ligeramente irregulares, de 15.1-18.4  $\mu\text{m}$  de ancho, que rodean con una capa de mucílago hialino homogéneo a las células, que son esféricas, muy próximas entre sí, de colores que van desde verde oliva a verde azul brillante, sin aerotopos, y con algunas granulaciones al interior. Las células miden de 1.9-2.6 (3.3)  $\mu\text{m}$  de ancho.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (C), TabCen049 (A), TabCen050 (A), TabCen078 (A).

**Distribución:** EUROPA: Bulgaria<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 207</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Estanques<sup>14</sup>, lagunas<sup>14</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>100</sup> mesotróficos<sup>14, 110</sup> a ligeramente eutróficos<sup>14, 110</sup>. Planctónica<sup>14, 110</sup>, nunca en masas<sup>110</sup>.

***Snowella*** Elenkin

Colonias más o menos esféricas a ovaladas irregulares, raramente compuestas, flotando libremente, con envolturas mucilaginosas distintas o indistintas, homogéneas, incoloras y anchas. Dentro de las colonias hay un sistema más o menos estable de tallos mucilaginosos finos, delgados, como hilos que irradian desde el centro colonial, más o menos pseudo-dicotómicamente divaricados, algunas veces fasciculados, ensanchados en el centro. Las células son esféricas o ligeramente alargadas, unidas a los extremos de los tallos durante el ciclo de vida, distantes entre sí. Cuando las células están dispuestas densamente en la periferia de las antiguas colonias multicelulares, siempre quedan espacios menos estrechos entre ellas. Las células generalmente no están en una capa periférica estrictamente, sino que se encuentran ligeramente desplazadas radialmente entre sí. La división celular solo es por fisión binaria en dos planos, en generaciones sucesivas, perpendiculares entre sí y en la superficie de la colonia. Desintegración de colonias, incluso en células solitarias (Komárek y Anagnostidis, 1999).

***Snowella atomus*** Komárek & Hindák (lámina 3, figura d)

**Descripción:** Colonias esféricas a ligeramente ovaladas, de hasta 17.1  $\mu\text{m}$  de ancho. Las células son entre esféricas a ligeramente ovoides, de 0.6-1.3  $\mu\text{m}$  de ancho, de color verde azulado. Se encuentran dispersas aleatoriamente, unidas a finos hilos de mucílago hacia un centro común.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A, B), TabCen051 (A), TabCen052 (C), TabCen077 (A), TabCen078 (A, B), TabCen079 (A, B), TabCen080 (A, B), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Grecia<sup>70, 100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>26, 100</sup>, Rusia<sup>100</sup>. ASIA: Israel<sup>100</sup>. AMÉRICA: México: Tabasco<sup>238</sup>, Veracruz (lago Majahual<sup>78</sup>, lago verde<sup>78</sup> y lago Mogo<sup>78</sup>).

**Ambientes y formas de vida:** lagos<sup>78</sup>, reservorios<sup>110</sup>, ríos<sup>26</sup>. En ambientes epicontinentales mesotróficos<sup>78, 110</sup> y eutróficos<sup>78, 238</sup>. Metafítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>26, 78, 110, 238</sup>.

***Woronichinia*** Elenkin

Colonias más o menos esféricas a ovaladas irregulares, comúnmente compuestas de subcolonias, de vida libre, generalmente con una capa mucilaginosa envolvente, angosta e incolora. En el centro de las colonias hay un sistema de tallos simples, no ramificados, orientados radialmente y más o menos paralelos, que se dividen a lo largo de toda su longitud después de la división celular, estos tallos son gruesos, y usualmente son tan anchos como las células; comúnmente se encuentran empaquetadas densamente juntas, causando la laminación radical del mucílago colonial central. El sistema de tallos a veces difunde dentro de las antiguas colonias. Las células rara vez son casi esféricas, generalmente ligeramente alargadas, ampliamente ovales, ovales u ovoides, que se separan unas de otras inmediatamente después de la división, pero en colonias antiguas, se agregan radialmente en la capa periférica muy densamente (Komárek y Anagnostidis, 1999).

***Woronichinia microcystoides*** (Komárek) Joosten (lámina 3, figura e)

Sinónimo: *Coelomoron microcystoides* Komárek

**Descripción:** Colonias ovals irregulares, de 5.9  $\mu\text{m}$  de ancho. Las células son ligeramente alargadas, ovals, de color verde azul, de 1.9-2.6  $\mu\text{m}$  de longitud y 0.6-1.3  $\mu\text{m}$  de ancho, conectadas por un sistema de tallos pronunciados.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A), TabCen050 (A), TabCen051 (B, C), TabCen077 (A), TabCen078 (A), TabCen079 (A).

**Distribución:** ÁFRICA: Sudáfrica<sup>110</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>42, 100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>8, 141</sup>, Cuba<sup>14, 100, 110</sup>. México<sup>110</sup>: Hidalgo<sup>238</sup>, Yucatán<sup>102, 142</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Cenotes<sup>238</sup>, estanques<sup>141</sup>, lagos<sup>42, 238</sup>, reservorios<sup>42</sup>, cuerpos de agua subtropicales<sup>8, 42</sup> y tropicales<sup>14, 42, 110</sup>, con abundante vegetación acuática<sup>14, 110</sup>, en ambientes alcalinos<sup>142</sup> y eutróficos<sup>14</sup>. Metafitica<sup>14, 110, 142</sup>, planctónica<sup>8, 14, 42, 141, 238</sup>.

**Romeriaceae** Komárek, Kaštovský, Mareš & Johansen

***Romeria*** Koczwara & Geitler

Tricomas generalmente solitarios, en algunas ocasiones algunos se reúnen en grupos irregulares, mucilaginosos, con pocos individuos, usualmente cortos, finos, irregulares y frágiles, que van de 1 a 8 (18-32) células, pero en ocasiones muy raras, hasta 60 células. A menudo, curvos o semicirculares, e irregulares, como tornillos en espiral, raramente casi rectos, con 1 o 2 o más giros (hasta 8), de 0.6-3  $\mu\text{m}$  de diámetro, constrictos (raras veces sin constreñir) en paredes cruzadas, sin vaina distintiva, pero usualmente más o menos evidente, incolora y con una envoltura fina de mucilago. Las células son cilíndricas a cilíndricas alargadas, o en forma de barril, siempre más largas que anchas. En pocas especies se han encontrado células en forma de Y. Células sin aerotopos. Las células terminales redondeadas en el ápice son capaces de dividirse. Tilacoides con arreglo parietal. Las células se dividen transversalmente, e incluso algunas veces ligeramente asimétricamente, y llegan a tener varias longitudes en las diferentes especies. La reproducción es por fragmentación de tricomas en pequeños hormocitos o en células solitarias (Komárek y Anagnostidis, 2005).

***Romeria* aff. *leopoliensis*** (Raciborski) Koczwara & Geitler (lámina 3, figura f)

**Descripción:** Tricomas solitarios con contenido homogéneo verde azul, cortos y curvados, constreñidos, de 3.3  $\mu\text{m}$  de longitud, y 0.6-1.3  $\mu\text{m}$  de ancho, cubiertos por mucílago muy fino, conformados por 4 células, cilíndricas.

**Ejemplares examinados:** TabCen050 (A).

**Distribución:** EUROPA: Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>. AMÉRICA: Estados Unidos<sup>100, 207</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Estanques<sup>111</sup>, lagos<sup>111</sup>, probablemente sobre toda la zona templada<sup>111</sup>. Planctónica<sup>111</sup>.

**Leptolyngbyaceae** (Anagnostidis & Komárek) Komárek, Kastovsky, Mares & Johansen  
***Planktolyngbya*** Anagnostidis & Komárek

Filamentos de vida libre, solitarios, que flotan libremente, rectos, ondulados, y enrollados, hasta más o menos en forma de tornillo o en espiral, angostos con vainas finas, simples, incoloras, pero firmes, muy excepcionalmente con ramificaciones falsas; tricomas inmóviles, cilíndricos, isopolares, uniseriados, no estrechado o ligeramente contraído en paredes, hacia los extremos no atenuados, célula apical redondeada, no capitado, división sin células necrídicas. Células cilíndricas de hasta 3 (5)  $\mu\text{m}$  de diámetro, generalmente más largas que anchas (hasta varias veces), raramente isodiamétricas con arreglo periférico de los tilacoides. Sin aerotopos, y si los presenta, aerotopos polares solitarios en las células redondeadas finales (Komárek y Anagnostidis, 2005).

***Planktolyngbya contorta*** (Lemmermann) Anagnostidis & Komárek  
(lámina 3, figura g)

Sinónimo: *Lyngbya contorta* Lemmermann

**Descripción:** Filamentos cilíndricos que regularmente se encuentran enrollados en forma de espiral, casi circular, con una vaina estrecha hialina. Las células son más largas que anchas, de 3.3-3.9  $\mu\text{m}$  de longitud, y de 1.3-1.9  $\mu\text{m}$  de ancho, verde-azules pálidas, con

algunas granulaciones distribuidas a lo largo del tricoma. Las células del ápice son cilíndricas, redondeadas.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A), TabCen052 (A), TabCen077 (B), TabCen080 (A), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Grecia<sup>70</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, India<sup>100</sup>, Japón<sup>100</sup>, Singapore<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: Nigeria<sup>77</sup>, OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100, 223</sup>, Brasil<sup>8, 48, 73, 74, 100</sup>, Chile<sup>5</sup>, Estados Unidos<sup>72, 100, 207</sup>. México: Colima<sup>238</sup>, Guanajuato<sup>238</sup>, Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>), Quintana Roo (laguna Lagartos<sup>18, 63</sup>).

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>56, 72</sup>, humedales<sup>74, 238</sup>, lagos<sup>72, 74, 111, 210, 223, 238</sup>, lagunas<sup>18, 56, 63, 77</sup>, reservorios<sup>74</sup>, ríos<sup>56, 210</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>15, 111</sup>, como lagunas costeras<sup>238</sup>. Planctónica<sup>5, 8, 15, 18, 56, 63, 72, 73, 74, 77, 81, 111, 223, 238</sup>.

## **CHROOCOCCALES** Nägeli

### **Mycrocystaceae** Elenkin

#### ***Mycrocystis*** Kützing ex Lemmermann

Colonias microscópicas o macroscópicas, flotantes, esféricas, ovales, entre lobadas a irregulares, o alargadas, en varias especies irregularmente clatradas, y a veces compuestas de subcolonias o agrupadas juntas, rodeadas por un mucílago. Este es fino, incoloro, generalmente homogéneo, o solo puede presentarse indistintamente lamelado, difluente o distinto y delimitado, en varias especies con contorno refractivo (superficie); alrededor de las células individuales, las envolturas gelatinosas nunca están presentes. Células esféricas o semiesféricas después de la división, con vesículas de gas (unidas por distintos aerotopos). Reproducción por desintegración de colonias en pequeños grupos de células o incluso en células solitarias. División celular por fisión binaria en tres

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

planos perpendiculares en disposición «cúbica» regular; las células crecen en el tamaño y forma originales antes de la próxima división (Komárek y Anagnostidis, 1999).

***Microcystis* aff. *wesenbergii*** (Komárek) Komárek & Kondrateva (lámina 3, figura h)

**Descripción:** Colonias elongadas y esféricas, irregulares, de 52.1-60.7 µm de ancho, rodeadas por un mucílago hialino, ligeramente perceptible en los ejemplares examinados. Las células son esféricas, verde oliva a verde azuladas, con (3.9) 4.6-5.2 (5.9) µm de ancho, con aerotopos.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A), TabCen050 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>39</sup>, Eslovaquia<sup>16, 26, 100</sup>, Francia<sup>55</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Grecia<sup>70, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Lituania<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>26, 82, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>35, 100</sup>, Corea<sup>221</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>80, 100</sup>, Japón<sup>37</sup>, Singapore<sup>100</sup>. ÁFRICA: Nigeria<sup>77</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>42, 100</sup>, Nueva Zelanda<sup>33, 100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>6, 8, 40, 43, 48, 73, 100, 158, 237</sup>, Chile<sup>5, 9</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>72</sup>, Perú<sup>36</sup>, Uruguay<sup>59, 65</sup>. México: Estado de México (Valle de Bravo<sup>38</sup>), Hidalgo<sup>238</sup>, Jalisco<sup>238</sup>, Michoacán (alberca de Tácambaro<sup>34</sup>), Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>), Veracruz (lago de Catemaco<sup>30</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>56, 72</sup>, estanques<sup>35, 37, 82, 110, 237</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>16, 30, 33, 34, 35, 38, 40, 42, 53, 72, 80, 110</sup>, lagunas<sup>9, 14, 36, 77</sup>, reservorios<sup>39, 42, 43, 65</sup>, ríos<sup>6, 26, 35, 59, 82</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>15, 48, 53</sup> mesotróficos<sup>59</sup>, eutróficos<sup>14, 30, 37, 37, 38, 39, 59, 82, 110, 238</sup> e hipertróficos<sup>53</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, en laguna costera<sup>158</sup>. Metafítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>5, 8, 9, 14, 16, 26, 30, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 53, 56, 59, 65, 72, 73, 77, 80, 82, 110, 158, 237, 238</sup>, rara vez dominando en los florecimientos, cosmopolita<sup>110</sup>, tóxica<sup>14, 15</sup>.

**OSCILLATORIALES** Schaffner

**Microcoleaceae** Anagnostidis & Komárek

***Johanseninema*** (Szafer) Hašler, Dvorák & Poulícková

Tricomas solitarios,  $4.6 \pm 0.2 \mu\text{m}$  de ancho, de cortos a largos (más de 50 células), rectos o curvados, evidentemente constreñidos de las paredes transversales (puentes mucilaginosos, paredes transversales gruesas), generalmente móviles (deslizamiento). No presenta envolturas gelatinosas o vainas. Los tricomas se fragmentan en partes cortas sin presencia de células necróticas. Células vegetativas en forma de barril, isodiamétricas, rectangulares o cilíndricas, presentan gránulos brillantes y oscuros en las paredes transversales. Contenido celular se puede dividir en un cromatoplasma periférico visible y un nucleoplasma central. Células apicales generalmente son ampliamente redondeadas (Hašler *et al.*, 2014).

***Johanseninema constrictum*** (Szafer) Hašler, Dvorák & Poulícková (lámina 3, figura i)

Sinónimo: *Komvophoron constrictum* (Szafer) Anagnostidis & Komárek

**Descripción:** Tricomas solitarios, rectos, evidentemente constreñidos, sin una cubierta mucilaginosa. Células verde-azul brillantes, en forma de barril con extremos redondeados, constreñidas en la parte media, de  $5.9\text{-}7.26 \mu\text{m}$  de largo, y  $3.9\text{-}4.6 \mu\text{m}$  de ancho, con contenido celular homogéneo, aunque en algunas células se observan gránulos oscuros. Célula apical en forma de cono redondeado.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Grecia<sup>100</sup>, Lituania<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Polonia<sup>100</sup>, República Checa<sup>224</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100, 225</sup>. ASIA: Corea<sup>221</sup>, Israel<sup>100</sup>, Singapur<sup>100</sup>, Taiwán<sup>100</sup>, Tajikistán<sup>100, 210</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup> y Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>100, 137</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 207</sup>. México: Michoacán<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Estanques<sup>14, 100, 111, 224</sup>, humedales<sup>137</sup>, lagos<sup>238</sup>, lagunas<sup>225</sup>, manantiales de azufre<sup>111</sup>, pantanos<sup>14</sup>, ríos<sup>210, 238</sup>, zanjas de lodo<sup>111</sup>. Habitan en acuatorios

con diferente ecología<sup>14</sup>. Se ha registrado en condiciones salobres, como en los sedimentos de marea<sup>111</sup>. Epipélica<sup>224, 225</sup>, metafítica<sup>14</sup>, perifítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>137, 238</sup>.

***Kamptonema*** Strunecký, Komárek & Smarda

Tricomas solitarios sin vainas (o si las presenta, son muy finas, difluentes y facultativas), en algunas ocasiones se presentan varios tricomas asociados más o menos en paralelo, sin vainas comunes. Los tricomas son cilíndricos, uniseriados, de color verde-azul pálido, ligeramente constreñidos, o sin restricciones en las paredes celulares; de (2.5) 3-5 (5.3)  $\mu\text{m}$  de diámetro, móviles. Las células son isodiamétricas, o ligeramente más cortas o largas, que anchas; con contenido celular heterogéneo, a veces con un cromatoplasma periférico, ligeramente distinto al resto de la célula. Los tilacoides son parietales o semiparietales, con un patrón circular que contiene haces de tilacoides, que cruzan el interior de las células. Se presentan gránulos solitarios de polifosfato y cianoficina. Células apicales redondeadas, sin caliptra, donde de 2-3 células de esta región se encuentran curvadas con respecto al eje longitudinal, con un movimiento característico (Strunecký *et al.*, 2014).

***Kamptonema cortianum*** (Meneghini ex Gomont) Strunecký, Komárek & Smarda

(lámina 4, figuras a, b, c)

Sinónimos: *Phormidium cortianum* (Meneghini ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

*Oscillatoria cortiana* Meneghini ex Gomont

**Descripción:** Tricomas solitarios, rectos, ligeramente curvados en la parte terminal; constreñidos, sin vainas. Células isodiamétricas, ligeramente más largas que anchas (7.2-8.5  $\mu\text{m}$  de longitud, y 3.3-4.6  $\mu\text{m}$  de ancho), con contenido celular homogéneo, verde azulado, usualmente con gránulos de cianoficina. Las células apicales ligeramente curvadas.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A, B), TabCen051 (A), TabCen078 (A).

**Distribución:** EUROPA: Croacia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100, 211</sup>, España<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Grecia<sup>70, 100, 111</sup>, Hungría<sup>111</sup>, República Checa<sup>100, 111, 211</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>111</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA:

Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100</sup>, Filipinas<sup>208</sup>, India<sup>69, 100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>100</sup>, Japón<sup>100, 111</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>.  
ÁFRICA: Ghana<sup>100</sup>, Nigeria<sup>77</sup>, Sudáfrica<sup>212</sup>. OCEANÍA: Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA:  
Antártida<sup>213</sup>, Estados Unidos<sup>100, 111, 207</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Lagunas<sup>77, 208</sup>, manantiales termales<sup>111</sup> y minerales<sup>111</sup>,  
ríos<sup>210</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>212</sup>. Epilítica<sup>208, 211, 212</sup>,  
planctónica<sup>77</sup>, subaerofítica<sup>211</sup>.

***Microcoleus*** Desmazières ex Gomont

Filamentos solitarios o que se agregan en fascículos irregulares, formando matas  
enmarañadas. Tricomas uniseriados, isopolares, más o menos cilíndricos, sin vainas, o  
con vaina simple. Con extremos atenuados o cilíndricos. Las células apicales están  
atenuadas y redondeadas, raramente con caliptras. Células isodiamétricas o ligeramente  
más largas o anchas, con los tilacoides localizados irregular o radialmente. Reproducción  
por fragmentos móviles de tricomas u hormogonios, generados por necridios (Strunecký *et*  
*al.*, 2013).

***Microcoleus amoenus*** (Gomont) Strunecky, Komárek & Johansen (lámina 4, figura d)

Sinónimos: *Phormidium amoenum* Kützing ex Anagnostidis & Komárek

*Oscillatoria amoena* Gomont

**Descripción:** Tricomas uniseriados, ligeramente constreñidos, con extremos atenuados,  
capitados, sin vaina. Contenido celular homogéneo, verde azulado. Células  
isodiamétricas (3.3-3.9 µm de longitud, y 2.6-3.3 µm de ancho). Células apicales  
atenuadas, capitadas.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A, C), TabCen052 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>111</sup>, Bulgaria<sup>215, 218</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100, 211</sup>,  
España<sup>22, 100, 111</sup>, Fennoscandia<sup>219</sup>, Francia<sup>100, 111</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Grecia<sup>70, 100, 111</sup>,  
Hungria<sup>111</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Lituania<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>,  
República Checa<sup>100, 111, 211</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100, 222</sup>. ASIA:  
Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100</sup>, Corea<sup>100, 214, 221</sup>, India<sup>69, 100, 111</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>80, 100</sup>, Japón<sup>100</sup>,

Pakistán<sup>230</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Antártida<sup>213</sup>, Argentina<sup>100, 216</sup>, Brasil<sup>100</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>5</sup>, Estados Unidos<sup>100, 111</sup>, Hawaii<sup>100</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>22</sup>, estanques<sup>15, 100, 214</sup>, lagos<sup>80</sup>, lagunas<sup>5</sup>, pantanos<sup>111</sup>, paredes húmedas<sup>69</sup>, reservorios<sup>215</sup>, ríos<sup>5, 210, 222</sup>, zanjas<sup>69</sup>, en sedimentos<sup>15</sup> y barro muy húmedo<sup>15</sup>. En ambientes con plantas acuáticas<sup>15, 100, 214</sup>. Edáfica<sup>216</sup>, epilítica<sup>218</sup>, epipélica<sup>222</sup>, perifítica<sup>211, 214, 219</sup>, planctónica<sup>5, 80</sup>, subaerofítica<sup>211, 218</sup>.

### **Oscillatoriaceae Engler**

#### ***Phormidium* Kützing ex Gomont**

Talos usualmente expandidos, más o menos finos, delgados o cohesivos, gelatinosos, mucilaginosos, membranáceos, a casi correosos, adheridos ampliamente al sustrato, o formándose libremente (de manera parcial), raramente en masas flotantes, grupos o penachos penicilados, y excepcionalmente ocurren filamentos solitarios. Tricomas diversamente curvados, no pseudoramificados, usualmente enredados. Vainas ocurren facultativamente (en condiciones desfavorables) u obligatoriamente (a menudo depende de las condiciones ambientales), firme o delgada, usualmente incolora, adherida al tricoma, no lamelada, ligeramente a intensamente difluente, o completamente ausente. Tricomas cilíndricos, en su mayoría largos, ligeramente a pronunciadamente ondulados, e irregularmente enroscados en espiral, (1.8) 2.5-11 (15)  $\mu\text{m}$  de diámetro, sin constricciones, o ligeramente constreñido de las paredes, claramente móviles (también dentro de la vaina, deslizándose, arrastrándose, tambaleándose, con o sin rotación y oscilación). Células más o menos isodiamétricas, más cortas o largas, que anchas, sin aerotopos. Células apicales puntiagudas, estrechadas o redondeadas, que puede o no presentar caliptra. Tilacoides más o menos longitudinales, y orientados radialmente dentro de la célula. División celular transversal y crecen del tamaño más o menos original del tamaño de la célula madre antes de la siguiente división. Reproducción por desintegración de tricomas, hormogonios móviles cortos, o ligeramente largos, a menudo con células necridiales (Komárek y Anagnostidis, 2005).

***Phormidium chalybeum*** (Mertens ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

(lámina 4, figuras e, f, g)

Sinónimos: *Oscillatoria chalybea* Mertens ex Gomont

**Descripción:** Tricomas solitarios, rectos, constreñidos, ligeramente curvados en los polos; bastante alargados, sin vainas. Células más largas que anchas (6.6-8.5  $\mu\text{m}$  de longitud, y 6.6-7.9  $\mu\text{m}$  de ancho), contenido homogéneo, verde oliva a verde oscuro, finamente granuloso. Células apicales obtusas a ligeramente curvadas, sin caliptra.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A, B, C), TabCen049 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>215</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Fennoscandia<sup>219</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Grecia<sup>70, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>100, 224</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Serbia<sup>231, 232</sup>, Turquía<sup>100, 225</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100, 228</sup>, Corea<sup>100, 214, 221</sup>, India<sup>69, 100, 227, 229</sup>, Irán<sup>233</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>100</sup>, Japón<sup>100</sup>, Pakistán<sup>100, 230</sup>, Tailandia<sup>234</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistán<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: Argelia<sup>235</sup>, Sudáfrica<sup>212</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100, 223, 226</sup>, Brasil<sup>6, 100, 236, 237</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>5</sup>, Estados Unidos<sup>100, 207</sup>, Hawaii<sup>100</sup>, Venezuela<sup>12</sup>. México: Querétaro<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>111</sup>, estanques<sup>224, 237</sup>, fuentes termales<sup>233</sup>, lagos<sup>210, 223, 227, 228, 235</sup>, lagunas<sup>12, 225</sup>, manantiales<sup>111</sup>, riachuelos<sup>5</sup>, reservorios<sup>210, 215</sup>, ríos<sup>5, 210, 226, 229, 231, 232, 238</sup>, sobre barro<sup>15, 111</sup> y rocas<sup>15, 111</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>6, 100</sup>, mesotróficos<sup>224</sup> y contaminados<sup>111</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>15, 100, 111, 212, 234, 236</sup>. Bentónica<sup>111</sup>, epipélica<sup>224, 225</sup>, metafítica<sup>231</sup>, perifítica<sup>111, 219</sup>, planctónica<sup>5, 111, 223, 226, 228, 231, 232, 235, 237</sup>, sobre conchas de moluscos<sup>212</sup>.

## NOSTOCALES Borzí

### Aphanizomenonaceae Elenkin

***Dolichospermum*** (Ralfs ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek

Tricomas libres flotantes, planctónicos, raramente metafíticos, rectos, ligeramente curvados o flexuosos, o irregulares o más o menos helicoidales enrollados, generalmente solitarios, raramente unidos en racimos libres, irregulares (raramente fasciculados),

metaméricos, sin vainas, pero a veces con sobres mucilaginosos finos, incoloros, no claramente delimitados, generalmente contraídos en las paredes transversales, cilíndricos, no estrechados hacia los extremos. Células esféricas, con forma de barril casi cilíndrica con extremos redondeados, usualmente isodiamétricas, raramente hasta dos veces más largas que las vesículas de gas de producción obligada agregadas en aerotopos, células terminales similares a otras células vegetativas. Heterocitos solo intercalares (solo después de la desintegración, es posible la posición terminal), generalmente esféricos, con menos frecuencia en forma de barril, del mismo ancho que las células vegetativas o ligeramente más anchos o estrechos, solitarios, generalmente más o menos equidistantes de otros en tricomas bien desarrollados y largos. Acinetos intercalares, cilíndricos, ovalados, ovoides o esféricos que se desarrollan paraheterocíticamente junto a heterocitos o ligeramente distantes de ellos, pero no en una posición media entre heterocitos, solitarios o en filas de hasta 5 (con menos frecuencia). Reproducción por fragmentación de tricomas y acinetos (Komárek, 2013).

***Dolichospermum flosoquae*** (Brébisson ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann &  
Komárek

(lámina 4, figura h)

Sinónimo: *Anabaena flosoquae* Brébisson ex Bornet & Flauhault

**Descripción:** Tricomas isopolares que regularmente se encuentran enrollados en forma de espiral, claramente constrictos, solitarios, con mucilago difuso. Las células son esféricas de 3.9-4.6  $\mu\text{m}$  de ancho, de una tonalidad verde azul pálido. Presentan heterocitos esféricos, pero generalmente un poco más alargados que las células vegetativas, de posición intercalar, entre 4.6-5.2  $\mu\text{m}$  de ancho. Los acinetos son solitarios, distantes de los heterocitos, son ovoides, casi cilíndricos, de 7.9  $\mu\text{m}$  de diámetro.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen051 (A), TabCen079 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>28, 100</sup>, Dinamarca<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>26, 100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>55, 100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Grecia<sup>70, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Lituania<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>26, 82, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100</sup>, Corea<sup>221</sup>, India<sup>100</sup>, Israel<sup>100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Japón<sup>100</sup>,

Nepal<sup>69</sup>, Singapore<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: Ghana<sup>100</sup>, Nigeria<sup>77</sup>, Senegal<sup>100</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>8, 48, 100, 107</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>5</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132</sup>, Venezuela<sup>12</sup>. México: Jalisco<sup>238</sup>, Michoacán (lago de Pátzcuaro<sup>1, 2</sup>), Nuevo León (Monterrey<sup>1, 2</sup>), Oaxaca (río Ejutla<sup>1, 2</sup>), Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>), Tamaulipas (laguna del Carpintero<sup>86</sup>).

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>56</sup>, charcos<sup>1, 2</sup>, estanques<sup>82, 107, 210</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>1, 2, 12, 28, 55, 210</sup>, lagunas<sup>77, 86, 107</sup>, ríos<sup>5, 26, 56, 82, 210</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> mesotróficos<sup>55</sup> y eutróficos<sup>28, 82, 112, 238</sup> y en campos de arroz<sup>69</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, en estuarios<sup>132</sup> y humedales estuarinos<sup>86</sup>. Es una de las especies más comunes que componen los blooms en las Islas Británicas y en otras partes del mundo<sup>15, 112</sup>. Metafítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>1, 2, 5, 8, 26, 28, 55, 56, 77, 82, 86, 107, 112, 132, 238</sup>.

### ***Raphidiopsis*** Fritsch & Rich

Filamentos de simples tricomas, flotantes, solitarios, con o sin vaina, uniseriados, raramente en fascículos pequeños, irregularmente desintegrados, rectos o ligeramente irregulares doblados o enrollados, isopolares, constrictos o sin restricciones en las paredes transversales, continuamente "telescopico" estrechado en ambos extremos, apuntado o puntiagudo. Los tricomas a menudo se desintegran después de la división, aparentemente con una estructura bipolar (redondeada de un extremo). Las células son cilíndricas o en forma de barril, con aerótopos facultativos, siempre más largos que anchos, generalmente alargados y estrechados a los extremos que se dividen perpendicularmente al eje del tricoma. Siempre faltan heterocitos (¡característica genérica!). Los acinetos se desarrollan particularmente al final de la temporada vegetativa, intercalados, en forma de barril, ovalados o cilíndricos, solitarios o pocos (1-4) en hileras. Reproducción por desintegración de tricomas o por acinetos (Komárek, 2013).

***Raphidiopsis philippinensis*** (Taylor) Aguilera, Berrendero Gómez, Kastovsky,  
Echenique & Salerno (lámina 5, figura a)

Sinónimo: *Cylindrospermopsis philippinensis* (Taylor) Komárek

**Descripción:** Tricomas cilíndricos, ligeramente espiralados y constreñidos, siempre solitarios. Las células cilíndricas, de 5.2-5.9 µm de longitud, y 3.3-4.6 µm de ancho, de color verde azul. Las células apicales son redondeadas. Los heterocitos cónicos y puntiagudos, con 4.6 µm de longitud.

**Ejemplares examinados:** TabCen052 (A).

**Distribución:** ASIA: Filipinas<sup>111</sup>, Indonesia<sup>111</sup>. ÁFRICA: África<sup>111</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>111</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>107</sup>, Cuba<sup>14, 100, 111</sup>, Estados Unidos<sup>100</sup>. México: Campeche<sup>238</sup>, Morelos<sup>238</sup>, Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>), Veracruz (lago de Catemaco<sup>30, 76, 111</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Charcos<sup>14</sup>, canales<sup>56</sup>, cenotes<sup>238</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>30, 76</sup>, reservorios<sup>107, 111</sup>, ríos<sup>56</sup>. En ambientes con vegetación acuática<sup>14</sup>, eutróficos<sup>30</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, en lagunas costeras<sup>238</sup>. Planctónica<sup>14, 30, 56, 76, 107, 111, 238</sup>.

***Raphidiopsis raciborskii*** (Woloszynska) Aguilera, Berrendero Gómez, Kastovsky,  
Echenique & Salerno (lámina 5, figura b)

Sinónimo: *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju

**Descripción:** 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 ancho, 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.

**Ejemplares examinados:** TabCen050 (A), TabCen079 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>28, 100</sup>, Eslovaquia<sup>19, 100</sup>, Francia<sup>55</sup>, Grecia<sup>70, 100</sup>, Hungría<sup>100</sup>, Lituania<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Polonia<sup>100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Serbia<sup>100, 231</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100</sup>, Israel<sup>80, 100</sup>, Singapore<sup>100</sup>, Tailandia<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Vietnam<sup>100</sup>.

ÁFRICA: Senegal<sup>100</sup>, Tunisia<sup>100</sup>, Uganda<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100, 138</sup>, Brasil<sup>8, 43, 48, 73, 74, 107, 141</sup>, Colombia<sup>242</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>72, 100</sup>, Uruguay<sup>100</sup>. México: Chiapas<sup>244</sup>, Estado de México<sup>238</sup>, Michoacán (grandes lagos<sup>76</sup>), Veracruz (lago Asmolapan<sup>76</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>72</sup>, cenotes<sup>238</sup>, cienéga<sup>242</sup>, embalses<sup>112</sup>, estanques<sup>19, 107, 138, 141</sup>, humedales<sup>74</sup>, lagos<sup>28, 55, 72, 74, 80, 138</sup>, reservorios<sup>8, 43, 107, 112</sup>, ríos<sup>231</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48, 112</sup> mesotróficos<sup>112</sup>, eutróficos<sup>19, 28</sup> e hipertróficos<sup>55, 138</sup>. Metafítica<sup>231</sup>, planctónica<sup>8, 19, 28, 43, 55, 72, 73, 74, 80, 107, 138, 141, 238, 242, 244</sup>. Es rara en el plancton de zonas templadas, pero en las zonas cálidas de Europa se llega a presentar durante el verano<sup>28, 112</sup>, y en algunas ocasiones forma floraciones<sup>112</sup>. Es un taxón probablemente tropical<sup>14, 112</sup>, y parece ser una especie invasiva<sup>112</sup>.

#### **EUGLENOPHYCEAE** Schoenichen

#### **EUGLENALES** Bütschli

#### **Euglenaceae** Dujardin

#### ***Strombomonas*** Deflandre

El género se originó de un grupo de especies de *Trachelomonas*, cuyas características comunes son una superficie escabrosa de la pared de la lórica, debido a la aglutinación de diminutas partículas del ambiente, y el cuello indeleblemente separado de la lórica restante, que es afilada en ambos polos (Bicudo y Menezes, 2017).

#### ***Strombomonas* aff. *globulosa*** Conforti & Joo (lámina 5, figura c)

**Descripción:** Lórica elíptica, ampliada en la región mediana, 22.4 µm de longitud y 13.2 µm de ancho. Cuello cilíndrico, corto, 1.9 µm de longitud, con un margen distal recto, borde liso. El polo posterior es gradualmente atenuado en un proceso caudal, recto y corto. Presencia de numerosos cloroplastos discoides, y algunos pirenoides.

**Ejemplares examinados:** TabCen050 (A).

**Distribución:** AMÉRICA: Brasil<sup>31, 48, 100, 125</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Ríos<sup>125</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>31, 48</sup>. Planctónica<sup>125</sup>.

**Phacaceae** Kim, Triemer & Shin

***Lepocinclis*** Perty

Células aisladas de vida libre, de forma definida que puede variar entre elipsoide y fusiforme o incluso ovoide, a causa de la película espesa y rígida; la película es estriada helicoidalmente, y el flagelo emergente presenta una inserción apical en la célula. Los cloroplastos son numerosos, en forma discoide, se localizan periféricamente en el protoplasma y son desprovistos de pirenoide. La sustancia de reserva (paramilón) es acumulada en forma de uno o dos cuerpos semianulares y extremadamente conspicuos. Cuando son dos, tales cuerpos se sitúan lateralmente, en vista frontal, uno frente al otro. Cuando solo es uno, el cuerpo semianular es parietal y se sitúa contra la película. Además de esos cuerpos, pueden ocurrir incontables granos pequeños de paramilón dispersos en el protoplasma (Bicudo y Menezes, 2017).

***Lepocinclis acus*** (Müller) Marin & Melkonian (lámina 5, figura d)

**Descripción:** Células ovoides a cilíndricas rectas, con 95.7-109.5  $\mu\text{m}$  de longitud, y 5.9-7.9  $\mu\text{m}$  de ancho. Poseen una película rígida, con algunas estriaciones peliculares muy finas en el eje longitudinal; con un flagelo siempre emergente. Con cloroplastos discoides, pequeños, y gránulos de paramilón alargados en forma de barra. Presencia de una mancha ocular en el extremo anterior.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A, B), TabCen049 (A, B, C), TabCen050 (A), TabCen051 (A), TabCen052 (A), TabCen077 (A, B), TabCen078 (A, B).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>39</sup>, Eslovaquia<sup>16, 19, 26, 100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, Polonia<sup>100</sup>, República Checa<sup>26, 82, 100, 224</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Turquía<sup>79, 100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100</sup>, Corea<sup>100</sup>, Indonesia<sup>100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>80, 100</sup>, Japón<sup>100</sup>, Singapore<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>210</sup>. ÁFRICA: Costa de Marfil<sup>124</sup>, Egipto<sup>100, 123</sup>, Libia<sup>100</sup>, Sierra Leona<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100, 161, 226</sup>, Brasil<sup>6, 48, 100, 107, 108, 127, 137</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>91</sup>, Colombia<sup>242</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 197, 207</sup>, Perú<sup>84</sup>, Uruguay<sup>59, 65</sup>. México: Aguascalientes<sup>41</sup>, Campeche<sup>238</sup>, Ciudad de México (bosque de

Chapultepec<sup>1, 2</sup>, canales de Xochimilco<sup>1, 2, 60</sup>), Colima<sup>238</sup>, Estado de México (Lerma<sup>1, 2</sup>, laguna de Chignahuapan<sup>41</sup>, laguna de Victoria<sup>1, 2</sup>), Hidalgo<sup>238</sup>, Jalisco<sup>41</sup>, Michoacán (lago de Pátzcuaro<sup>1, 2</sup>), Oaxaca (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>, Villahermosa<sup>58</sup>), Tamaulipas (laguna del Carpintero<sup>86</sup>), Tlaxcala<sup>238</sup>, Yucatán<sup>41, 102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>1, 2, 56, 60</sup>, cenotes<sup>238</sup>, ciénegas<sup>1, 2</sup>, estanques<sup>1, 2, 15, 19, 41, 82, 100, 107, 114, 210, 224</sup>, humedales<sup>41, 100, 137, 238</sup>, lagos<sup>1, 2, 6, 16, 41, 79, 80, 100, 114, 123, 127, 210</sup>, lagunas<sup>1, 2, 56, 58, 84, 91, 107, 108</sup>, pantanos<sup>15, 41, 100</sup>, reservorios<sup>39, 65, 107, 124, 210</sup>, ríos<sup>6, 15, 26, 41, 59, 82, 85, 91, 161, 210, 226, 232</sup>, zanjas<sup>15, 41, 100</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup>, con tendencia mesotrófica<sup>59, 224</sup> a eutrófica<sup>19, 39, 79, 82, 123, 124</sup>, y ambientes mesosapróbicos<sup>41, 210, 238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, en estuarios de marea<sup>132</sup>, humedales estuarinos<sup>86</sup> y lagunas costeras<sup>238</sup>. Epifítica<sup>1, 2</sup>, epipélica<sup>224</sup>, perifítica<sup>107</sup>, planctónica<sup>1, 2, 14, 16, 19, 26, 39, 41, 56, 58, 59, 60, 65, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 91, 107, 108, 114, 123, 124, 132, 137, 197, 226, 232, 242</sup>.

### ***Phacus* Dujardin**

Célula solitaria de vida libre, de forma definida por contar con una película relativamente espesa y rígida. La forma de la célula es muy variada, presentándose más o menos redonda, elipsoide, fusiforme, ovoide o incluso, irregular. Puede, además, tener proyecciones aliformes, pliegues, reentradas y salidas, que propician en la célula una sección transversal trirradiada, o tan irregular que no permite definir su forma geométrica. Entretanto, la sección transversal más común de la célula es lenticular, confiriendo al individuo una apariencia foliácea. La película siempre es ornamentada con estrías, que aparecen, en general, dispuestas longitudinalmente y, aunque raro, también torcidas en hélice. Las estrías son ininterrumpidas, punteadas o puntiagudas y lisas, o adornadas con espinas cortas o verrugas. Los cloroplastos son numerosos, tienen forma discoide y localización parietal. La reserva de paramilón se hace bajo la forma de diminutos granos dispersos por el protoplasma, pero es más frecuente que puedan ocurrir uno o dos granos mayores, de forma característica (globosa, discoide, anular o semilunada) y con una posición definida en el protoplasma. Ocurren dos flagelos por célula, como en *Euglena*, siendo que, uno sea mucho mayor que el otro. El estigma es común en todas las especies del género, y se localiza anteriormente en la célula (Bicudo y Menezes, 2017).

***Phacus curvicauda*** Svirenko (lámina 5, figura e)

**Descripción:** Células solitarias, ovoides, aplanadas en forma de hoja, de 25-26.4 µm de longitud, y 18.4-19.8 µm de ancho. Se aprecian surcos longitudinales en los extremos apicales, con un solo flagelo emergente, con una película rígida. Con cloroplastos discoides, y la presencia de dos discos de paramilón de considerable tamaño.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A, B), TabCen077 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Polonia<sup>100</sup>, República Checa<sup>26, 82, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, India<sup>100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>100</sup>, Japón<sup>100</sup>, Singapur<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: Costa de Marfil<sup>124</sup>, Egipto<sup>123</sup>, Sudan<sup>100</sup>, Zaire<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100, 161</sup>, Brasil<sup>6, 38, 100, 107, 108, 122, 137</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>91</sup>, Colombia<sup>157, 242</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 197, 207</sup>. México: Ciudad de México (canales de Xochimilco<sup>60</sup>), Colima<sup>238</sup>, Estado de México (laguna de Chignahuapan<sup>41</sup>), Hidalgo<sup>238</sup>, Michoacán<sup>238</sup>, Oaxaca<sup>41, 244</sup> (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Tabasco<sup>41</sup> (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>, cuenca del río González<sup>135</sup>), Tamaulipas<sup>238</sup>, Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>56, 60, 122</sup>, charcos<sup>15, 100</sup>, estanques<sup>15, 41, 82, 122</sup>, humedales<sup>137, 238</sup>, lagos<sup>6, 41, 91, 100, 123</sup>, lagunas<sup>56, 91, 100, 108, 135</sup>, pantanos<sup>41, 100</sup>, reservorios<sup>41, 100, 124</sup>, ríos<sup>6, 26, 41, 56, 82, 85, 100, 107, 161, 210</sup>, zanjas<sup>15</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup>, con tendencia con tendencia eutrófica<sup>82, 123, 124</sup>, y ambientes mesosapróbicos<sup>41, 210</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>41, 100, 122, 132, 238</sup>, como estuarios de marea<sup>132</sup>. Metafítica<sup>107</sup>, neustónica<sup>107</sup>, perifítica<sup>107</sup>, planctónica<sup>26, 41, 56, 60, 82, 85, 91, 107, 108, 124, 132, 135, 137, 157, 197, 238, 242, 244</sup>.

**BACILLARIOPHYTA** Hustedt  
**COSCINODISCOPHYCEAE** Round & Crawford  
**AULACOSEIRALES** Crawford  
**Aulacoseiraceae** Crawford  
***Aulacoseira*** Thwaites

Frústulas cilíndricas, unidas por espinas marginales de la cara valvar, formando filamentos cortos. Bandas cingulares 4-5, abiertas, aunque la primera puede ser cerrada, con numerosos poros en hileras; valvas de separación presentes; caras valvares ligeramente más grandes en el manto, que en la longitud del diámetro en las frústulas grandes, y viceversa en las frústulas pequeñas, convexas y sin espinas en las células de división; areolas en hileras curvas; espinas de conexión entre las frústulas, además de las marginales; estrías radiales, desde el área central hasta el borde del manto; rimopórtulas pequeñas hacia el ringleiste, 1-varias en el margen, abiertas hacia el exterior; fultopórtulas en posición y número variables; manto desarrollado, engrosamiento (ringleiste) en el interior de la valva, en la unión entre el manto la porción de areolas. Areolas del manto redondas a rectangulares, ocluidas por velos (Novelo, 2012b).

***Aulacoseira ambigua*** (Grunow) Simonsen (lámina 5, figuras f, g)

**Descripción:** Cadenas conformadas entre 2 a 8 frústulas cilíndricas, cada una con un ancho de (4.5) 7.2-10.5 (13.2)  $\mu\text{m}$ , y una altura del manto de (5.2) 5.9-11.2 (11.8)  $\mu\text{m}$ . 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  $\mu\text{m}$ .

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen050 (A), TabCen077 (A), TabCen078 (A), TabCen079 (A, B), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 19, 26, 100</sup>, España<sup>100, 192</sup>, Finlandia<sup>100</sup>, Francia<sup>55, 100</sup>, Hungría<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>82, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: Corea<sup>100</sup>, Islas de Bering<sup>100</sup>, Japón<sup>100</sup>, Mongolia<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Vietnam<sup>100</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Ghana<sup>100</sup>, Senegal<sup>100</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>,

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México**

Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>48, 100, 159, 175, 176, 178, 180, 189, 201, 202</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Colombia<sup>100, 173</sup>, Estados Unidos<sup>100, 206, 207</sup>, Hawaii<sup>100</sup>, Uruguay<sup>65</sup>. México: Jalisco (Colorada<sup>239</sup>, lago Santa Rosa<sup>239</sup>), Michoacán (lago Burro<sup>239</sup>, lago de Pátzcuaro<sup>240</sup>), Nayarit (lago San Pedro lagunillas<sup>239</sup>, lago Tepetitlic<sup>239</sup>), Puebla (lago Quechulac<sup>239</sup>), Querétaro<sup>238</sup>, Veracruz (lago Verde<sup>78</sup>).

**Ambientes y formas de vida:** Estanques<sup>19, 82</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>16, 55, 78, 178, 180, 238, 239, 240</sup>, lagunas<sup>173</sup>, pantanos<sup>180</sup>, reservorios<sup>65, 159, 189, 238, 239</sup>, ríos<sup>26, 82, 175, 178, 192</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> oligotróficos<sup>55, 175, 239</sup>, mesotróficos<sup>55, 159, 175, 189, 239</sup>, eutróficos<sup>19, 55, 82, 153, 159, 189, 239, 240</sup> e hipertróficos<sup>55, 189, 239</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, como estuarios<sup>202</sup>. Bentónica<sup>55, 189</sup>, epifítica<sup>55</sup>, epilítica<sup>192, 238</sup>, epipsámica<sup>176</sup>, fósil<sup>78, 173, 239</sup>, perifítica<sup>107, 201, 238</sup>, planctónica<sup>16, 19, 26, 55, 65, 82, 153, 173, 175, 178, 180, 189, 201, 202, 206, 238</sup>, y en sedimentos<sup>78, 159, 189, 238, 239, 240</sup>.

***Aulacoseira muzzanensis* (Meister) Krammer (lámina 5, figura h)**

**Descripción:** Cadenas conformadas entre 2 a 3 frústulas cilíndricas, cada una con un ancho de 16.5-17.1  $\mu\text{m}$ , y una altura del manto de 5.9-6.6  $\mu\text{m}$ . 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  $\mu\text{m}$ ). Las areolas del manto son cuadradas, de 15-16 en 10  $\mu\text{m}$ .

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 19, 26, 100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Hungría<sup>100</sup>, Macedonia<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Polonia<sup>100</sup>, República Checa<sup>82, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>, ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100</sup>, Israel<sup>100</sup>. OCEANÍA: Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>48, 100, 178</sup>, Colombia<sup>100</sup>, Estados Unidos<sup>206</sup>. México: Guanajuato<sup>238</sup>, Veracruz (lago Verde<sup>78</sup>).

**Ambientes y formas de vida:** Estanques<sup>19</sup>, lagos<sup>16, 78, 176</sup>, ríos<sup>26, 176</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> eutróficos<sup>19, 153</sup>. Bentónica<sup>153</sup>, metafítica<sup>238</sup>, perifítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>16, 19, 26, 78, 153, 178, 206</sup>, y en sedimentos<sup>238</sup>.

**COSCINODISCALES** Round & Crawford

**Heliopeltaceae** Smith

***Actinoptychus*** Ehrenberg

Células discoides, solitarias. Con valvas sectorizadas (de 6 en el más común, hasta 20), que pueden tener sectores alternos elevados o deprimidos. La zona central es plana o granulada. Areolas en estrías radiadas, que se abren mediante poros simples hacia el exterior, pero en gran parte de la superficie de sílice, se encuentra corrugada, delimitando grupos de areolas. Internamente las areolas sin erosionar están encerradas por una vela abovedada. Tubos externos de las rimopórtulas prominentes, usualmente localizados en puntos distales en radios de sectores elevados. Mientras que, en los sectores deprimidos, ocurren depresiones. Las aberturas internas de las rimopórtulas tienden a estar en ángulo recto con el margen de la valva y son rectas o curvas. El manto de la valva a menudo tiene espinas, crecimientos en forma de verruga o crestas silíceas. Presentan varios plástidos. Son un componente del ensamble en los sedimentos costeros, de manera solitaria o con otras algas. Es muy común en las colecciones neríticas (Guiry y Guiry, 2019).

***Actinoptychus splendens*** (Shadbolt) Ralfs (lámina 6, figura a)

**Descripción:** Valvas areoladas divididas en 12 sectores iguales, alternadamente elevados y deprimidos. Con una región central lisa y circular, de donde surgen líneas hialinas centrales (similares a espinas) que atraviesan a los sectores deprimidos. Con un diámetro de 59.4-60.7  $\mu\text{m}$ , y areolas hexagonales.

**Ejemplares examinados:** TabCen051 (A), TabCen052 (B), TabCen080 (A, B).

**Distribución:** EUROPA: Albania<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, mar Adriático<sup>100</sup>, mar Báltico<sup>100</sup>, mar del Norte<sup>147</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100, 199</sup>, mar Amarillo<sup>149</sup>, Taiwan<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100, 150</sup>, Nueva Zelanda<sup>100, 150</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>48, 100, 146, 151, 202</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Colombia<sup>100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 160</sup>. México<sup>100</sup>: Baja California Sur<sup>204, 238</sup>, Campeche (laguna de Términos<sup>145</sup>), Chiapas<sup>244</sup>, Guerrero<sup>244</sup>, Golfo de California<sup>243</sup>, Oaxaca<sup>244</sup>, Sinaloa<sup>204</sup>, Sonora (laguna Yávaros<sup>145</sup>), Sureste del Golfo de México<sup>148, 174</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Ambiente marino<sup>48, 100, 146, 147, 148, 149, 151, 204, 238, 244</sup>, además en litorales<sup>147, 174, 199</sup> y estuarios<sup>151, 202</sup>. Bentónica<sup>174</sup>, epifítica<sup>204</sup>, epilítica<sup>204</sup>, epipsámica<sup>204</sup>, epipélica<sup>204</sup>, nerítica<sup>145, 244</sup>, oceánica<sup>244</sup>, pelágica<sup>145, 149, 150, 174, 202, 204, 243</sup>.

**MEDIOPHYCEAE** Medlin & Kaczmarska

**STEPHANODISCALES** Nikolaev & Harwood

**Stephanodiscaceae** Makarova

***Cyclotella*** (Kützing) Brébisson

Solitarias, rara vez en cadenas. Frústulas cilíndricas y discoidales; caras valvares circulares o elípticas; manto poco desarrollado; espinas de unión largas o cortas entre las células o dientes, ornamentación en dos zonas concéntricas, la exterior, radialmente estriada o punteada, la interior lisa o irregular y finamente punteada, campo medio ondulado tagencialmente, convexo o cóncavo; rimopórtulas 1-4 marginales o en el manto; fultopórtulas en número variable, en un anillo marginal, siempre presentes (Novelo, 2012b).

***Cyclotella meneghiniana*** Kützing (lámina 6, figura b)

**Descripción:** Frústulos solitarios, cilíndricos. Valvas en forma de disco, transversalmente onduladas, con un manto estrecho; de 17.1-19.1 µm de diámetro. Área central amplia (cerca de la mitad de la cara valvar). Fultopórtulas 1-2. Presenta espinas marginales muy cortas.

**Ejemplares examinados:** TabCen077 (A), TabCen078 (A, B), TabCen079 (A).

**Distribución:** EUROPA: Albania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>121</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 19, 26, 100</sup>, España<sup>17, 27, 83, 100, 192</sup>, Finlandia<sup>100</sup>, Francia<sup>55, 100</sup>, Italia<sup>100</sup>, Macedonia<sup>181</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, República Checa<sup>82, 100, 224</sup>, Rusia<sup>100, 220</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Turquía<sup>79, 225</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100, 228</sup>, Corea<sup>100</sup>, Filipinas<sup>187</sup>, Irán<sup>100</sup>, Israel<sup>80</sup>, Japón<sup>169</sup>, Singapore<sup>100</sup>, Tailandia<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>, Vietnam<sup>100</sup>. ÁFRICA: Argelia<sup>235</sup>, Egipto<sup>100</sup>, Ghana<sup>100</sup>, Senegal<sup>100</sup>, Sudán<sup>100</sup>, Zaire<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>25, 48, 100, 159, 175, 178, 189, 202</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>92, 100</sup>, Colombia<sup>100, 173, 242</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 206, 207</sup>, Uruguay<sup>59</sup>. México: Baja California<sup>204</sup>, Baja California Sur<sup>120</sup>, Campeche (Pom-Atasta<sup>139</sup>-Palizada del Este<sup>139</sup>), Ciudad de México<sup>120</sup> (Xochimilco: canal

el Bordo<sup>140</sup> y en el lago Huetzalín<sup>140</sup>, Tláhuac: canal Japón<sup>140, 171</sup> y laguna de los reyes Aztecas<sup>140</sup>), Colima<sup>238</sup>, Estado de México<sup>120</sup> (lago de Chalco<sup>241</sup>), Guanajuato<sup>120</sup>, Hidalgo<sup>120</sup> (Huasca<sup>1</sup>), Jalisco<sup>120, 238</sup> (Colorada<sup>239</sup>), Morelos<sup>238</sup>, Michoacán<sup>120</sup> (la Magdalena<sup>239</sup>) Morelos<sup>46</sup> (parque alameda de la Solidaridad<sup>89</sup>), Oaxaca (río Tehuantepec<sup>85</sup>, Teotitlán<sup>120</sup>), Puebla (Ajalpan<sup>54</sup>, el humilladero<sup>54</sup>, Zicastla<sup>54</sup>, Nicolas Bravo<sup>54</sup>, Tepanco<sup>54</sup>, Tlacotepec<sup>54</sup>, laguna san Bernardino<sup>54</sup>, río el Gavilán<sup>54</sup>, lago Alchichica<sup>239</sup>, lago la Preciosa<sup>239</sup>), Quintana Roo<sup>120</sup> (laguna Lagartos<sup>18</sup>; reserva de la biósfera Sian Ka'an<sup>54</sup>; laguna de Bacalar<sup>190</sup>), San Luis Potosí<sup>120</sup>, Sinaloa<sup>204</sup>, Sureste del Golfo de México<sup>148, 174</sup>, Tabasco<sup>120</sup>, Tamaulipas (laguna del Carpintero<sup>86</sup>), Veracruz<sup>120</sup>, Yucatán<sup>102, 120</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>14, 120, 171, 238</sup>, canales<sup>14, 83, 120, 140, 171</sup>, cenotes<sup>238</sup>, cienéga<sup>242</sup>, charcos<sup>14, 120, 171, 238</sup>, estanques<sup>14, 19, 82, 120, 171, 210, 224, 238</sup>, humedales<sup>86, 171, 173</sup>, lagos<sup>16, 55, 79, 80, 89, 92, 140, 171, 173, 178, 210, 228, 235, 238, 239, 241</sup>, lagunas<sup>14, 18, 86, 92, 139, 140, 173, 187, 190, 225</sup>, manantiales<sup>46, 171</sup>, reservorios<sup>14, 120, 159, 210, 238, 239</sup>, ríos<sup>14, 26, 27, 59, 82, 85, 92, 120, 169, 171, 173, 175, 178, 192, 210, 232, 238</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>148</sup> oligotróficos<sup>175, 239</sup>, mesotróficos<sup>59, 159, 175, 189, 224, 239</sup>, eutróficos<sup>19, 27, 59, 79, 82, 83, 189, 238, 241</sup> e hipertróficos<sup>55, 83, 89, 159, 189, 238, 239</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>202, 238</sup>, como estuarios<sup>86, 92, 121, 171, 174, 202</sup>, lagunas costeras<sup>25, 238</sup>, marismas<sup>238</sup>. Bentónica<sup>174, 189, 238, 241</sup>, edáfica<sup>120, 171, 238</sup>, epifítica<sup>17, 171, 190, 192, 204</sup> en tallos<sup>17</sup> y hojas<sup>17</sup> de vegetación acuática<sup>14, 16, 17</sup>, epilítica<sup>169, 171, 238</sup>, epipélica<sup>120, 171, 204, 224, 225, 238</sup>, epipsámica<sup>171, 204, 238</sup>, fósil<sup>173, 238, 239</sup>, metafítica<sup>46, 171, 238</sup>, perifítica<sup>171, 173, 187, 220</sup>, planctónica<sup>1, 14, 18, 19, 25, 26, 55, 59, 79, 80, 82, 85, 86, 89, 92, 120, 121, 139, 140, 171, 173, 174, 175, 178, 189, 202, 206, 228, 232, 235, 238, 242</sup> y en sedimentos<sup>159, 189, 238, 239</sup>. Alcalifila<sup>120, 238</sup>, oligohalobia<sup>120, 238</sup>.

## **BACILLARIOPHYCEAE** Haeckel

### **CYMBELLALES** Mann

#### **Gomphonemataceae** Kützing

#### ***Gomphonema*** Ehrenberg

Solitarias o colonias ramificadas. Valvas heteropolares, semilanceoladas, parte basal generalmente recta, polos redondeados a agudos, prominentes o no; área axial recta; área central redondeada o asimétrica; rafe recto, filiforme o sinuoso; centrales; estigmas 1-numerosos o ausentes, en la parte media, aislados de las estrías; estrías con areolas

relativamente grandes, sin líneas longitudinales (márgenes de alveolos) en la estriación (Novelo, 2012b).

***Gomphonema affine*** Kützing (lámina 6, figura c)

**Descripción:** Frústulos en forma clavada. Valvas de 29-39  $\mu\text{m}$  de longitud, por 8.5-10.5  $\mu\text{m}$  de ancho. Márgenes convexos en toda la valva, área axial recta, y área central estrecha 1.3-3.3  $\mu\text{m}$ . El nódulo polar es más corto en la parte apical, que en la parte basal de la valva. El polo basal es agudo, mientras que el apical es redondeado. Rafe lateral con fisuras terminales. Las estrías paralelas a ligeramente radiadas, cortas en los polos y largas en el centro, donde 2-3 se encuentran más separadas que las del resto. Densidad de estrías de 9-12 en 10  $\mu\text{m}$ .

**Ejemplares examinados:** TabCen077 (A, B), TabCen078 (A, B).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>26</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Hungría<sup>100</sup>, Macedonia<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Turquía<sup>79, 100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100</sup>, Filipinas<sup>187</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Zaire<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>48, 100, 191</sup>, Colombia<sup>100, 173</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 207</sup>, México: Baja California Sur<sup>120</sup>, Campeche (Palizada del Este<sup>139</sup>), Chiapas<sup>120</sup>, Ciudad de México<sup>120</sup> (parque Ecológico Xochimilco<sup>140</sup>, zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac: El Japón, Tláhuac<sup>171</sup>), Estado de México<sup>238</sup>, Guanajuato<sup>120</sup>, Hidalgo<sup>120</sup> (Huasca<sup>1</sup>), Michoacán<sup>120</sup>, Jalisco<sup>238</sup>, Morelos<sup>120</sup> (lagunas de Zempoala<sup>50</sup>), Puebla (Ajalpan<sup>120</sup>, el humilladero<sup>120</sup>, San Lorenzo<sup>120</sup>, Tepanco<sup>120</sup>; Tlacotepec<sup>120</sup>, laguna san Bernardino<sup>120</sup>), Oaxaca<sup>244</sup> (río Tehuantepec<sup>85</sup>), San Luis Potosí<sup>120</sup>, Sureste del Golfo de México<sup>148</sup>, Quintana Roo<sup>120</sup> (reserva de la biósfera Sian Ka'an<sup>54</sup>), Tabasco<sup>120</sup>, Veracruz<sup>238</sup>, Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>14, 171</sup>, canales<sup>140, 171, 238</sup>, cascadas<sup>171</sup>, cenotes<sup>171</sup>, charcos<sup>14, 171, 238</sup>, estanques<sup>14, 171</sup>, humedales<sup>171, 173, 238</sup>, lagos<sup>79, 171, 173, 238</sup>, lagunas<sup>14, 50, 139, 187</sup>, oasis<sup>238</sup>, reservorios<sup>14</sup>, ríos<sup>26, 85, 191, 238</sup>. Presente comúnmente en lugares con plantas acuáticas<sup>14</sup>, en ambientes epicontinentales<sup>148</sup> mesotróficos<sup>238</sup>, eutróficos<sup>79</sup> e hipertróficos<sup>238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, como marismas<sup>171</sup>.

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México**

Bentónica<sup>171, 238</sup>, edáfica<sup>120, 171, 238</sup>, epifítica<sup>120, 171, 191</sup>, epilítica<sup>120, 171, 238</sup>, epipélica<sup>120, 171, 238</sup>, epipsámica<sup>120, 238</sup>, fósil<sup>173</sup>, metafítica<sup>120</sup>, perifítica<sup>120, 171, 173, 187, 238</sup>, planctónica<sup>14, 26, 50, 79, 85, 120, 139, 140, 173, 238</sup>, subaérea<sup>238</sup>, y en sedimentos<sup>238</sup>. Alcalofila<sup>120</sup>, oligohalobia<sup>120</sup>.

***Gomphonema gracile*** Ehrenberg (lámina 6, figura d)

**Descripción:** Frústulos linear-lanceolados a casi romboidales, con ambos polos agudoredondeados. Valvas de 34.9-37.6 µm de longitud, por 6.6-8.5 µm de ancho. El área axial estrecha, menos de ¼ del ancho de la valva; área central amplia. Rafe lateral con fisuras distales rectas. Las estrías son ligeramente radiadas en toda la valva. Densidad de estrías de 9-12 en 10 µm.

**Ejemplares examinados:** TabCen051 (A), TabCen052 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Albania<sup>100</sup>, Bélgica<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>39, 100</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 26, 100, 185</sup>, España<sup>17, 100, 192</sup>, Francia<sup>55, 100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Macedonia<sup>100, 181</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Polonia<sup>100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, República Checa<sup>100, 185, 188, 224</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Filipinas<sup>187</sup>, Isla Bering<sup>100</sup>, Japón<sup>169</sup>, Mongolia<sup>100</sup>, Nepal<sup>100</sup>, Singapur<sup>100</sup>, Tailandia<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Ghana<sup>100</sup>, Kenya<sup>100</sup>, Sudán<sup>100</sup>, Zaire<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>61, 100</sup>, Brasil<sup>48, 100, 159, 175, 180, 186, 202</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>92</sup>, Colombia<sup>100, 173, 242</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 207</sup>. México: Baja California<sup>204</sup>, Baja California Sur<sup>120</sup>, Chiapas<sup>244</sup>, Ciudad de México<sup>120</sup> (zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac: El Japón, Tláhuac<sup>171</sup>), Coahuila<sup>120</sup> (Saltillo<sup>1</sup>), Estado de México<sup>120</sup> (lago de Chalco<sup>241</sup>), Guanajuato<sup>120</sup> (río Lerma<sup>1</sup>, río Laja<sup>182</sup>), Hidalgo<sup>120</sup> (Atotonilco el Grande<sup>1</sup>, Huasca<sup>1</sup>, río Moctezuma<sup>1</sup>), Jalisco<sup>120</sup> (río Grande<sup>14</sup>), Michoacán<sup>120</sup> (laguna de Ararón<sup>14</sup>), Oaxaca<sup>244</sup> (río Salado<sup>120</sup>, río Tehuantepec<sup>85</sup>), Puebla (San Luis del Pino<sup>120</sup>, el humilladero<sup>120</sup>, Zicatlá<sup>120</sup>, Nicolas Bravo<sup>120</sup>, Tecamachalco<sup>120</sup>, San Lorenzo<sup>120</sup>, Tepanco<sup>120</sup>, Tlacotepec<sup>120</sup>, Arroyo Zapotitlán<sup>120</sup>), Quintana Roo<sup>120</sup> (reserva de la biósfera Sian Ka'an<sup>54</sup>, laguna de Bacalar<sup>190</sup>), San Luis Potosí<sup>120</sup>, Sureste del Golfo de México<sup>148</sup>, Tlaxcala<sup>120</sup>, Veracruz<sup>120</sup>, Yucatán<sup>102, 120</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>120, 171, 238</sup>, canales<sup>14, 120, 171, 238</sup>, cascadas<sup>171</sup>, cenotes<sup>171, 238</sup>, charcos<sup>14, 120, 238</sup>, estanques<sup>14, 120, 224, 238</sup>, humedales<sup>171, 173, 238</sup>, lagos<sup>16, 55, 92, 120, 171, 173, 180, 238, 241</sup>,

lagunas<sup>1, 14, 92, 173, 187, 190</sup>, pozas de turbera<sup>61</sup>, reservorios<sup>14, 39, 120, 159, 186, 238</sup>, ríos<sup>1, 26, 85, 92, 120, 169, 171, 173, 175, 192, 210, 238</sup>. En aguas epicontinentales<sup>148</sup> oligotróficas<sup>159, 175, 238</sup>, mesotróficas<sup>55, 159, 175, 186, 224, 238</sup>, eutróficas<sup>39, 55, 159, 238, 241</sup> e hipertróficas<sup>55, 186, 238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>154, 202, 238, 242</sup>, como estuarios<sup>92, 202</sup> y lagunas costeras<sup>238</sup>. Bentónica<sup>171, 173, 188, 238, 241</sup>, edáfica<sup>120, 171</sup>, epífítica<sup>17, 55, 120, 171, 173, 204</sup> en tallos<sup>17</sup> y hojas<sup>17</sup> de vegetación acuática<sup>14, 17</sup>; epilítica<sup>120, 169, 171, 173, 182, 190, 192, 238</sup>, epipélica<sup>171, 185, 204, 224</sup>, epipsámica<sup>120, 171, 204</sup>, fósil<sup>173</sup>, metafítica<sup>171</sup>, perifítica<sup>171, 173, 186, 187, 238</sup>, planctónica<sup>14, 16, 26, 39, 85, 92, 120, 173, 175, 180, 202, 238, 242</sup>, y en sedimentos<sup>1, 159, 238</sup>, subaérea<sup>171</sup>. Oligosaprobia<sup>154, 238</sup>, mesosaprobia<sup>154, 238</sup>, indiferente a pH y salinidad<sup>120</sup>.

### **EUNOTIALES** Silva

### **Eunotiaceae** Kützing

### ***Eunotia*** Ehrenberg

Solitarias o cadenas. Frústulas isopolares, simetría transapical, no apical; valvas con polos redondeados, márgenes marcados o ligeramente curvos; margen ventral recto, cóncavo, o rara vez convexo, liso o ligeramente ondulado, el dorsal convexo, liso u ondulado; rafe reducido, visible en vista conectiva, nódulos polares visibles; estrías perpendiculares al eje apical curvo, lineadas o punteadas, a veces seudorrafe ventral o mediano (Novelo, 2012b).

### ***Eunotia minor*** (Kützing) Grunow (lámina 6, figura e)

**Descripción:** Frústulos isopolares. Valvas de 42.9-50.1  $\mu\text{m}$  de longitud, por 6.6-8.5  $\mu\text{m}$  de ancho. Margen dorsal de casi recto a moderadamente cóncavo, mientras que el margen ventral es ligeramente arqueado hacia arriba, lo que produce un efecto de dos jorobas más o menos inclinadas, en cada uno de los polos que son romos. Densidad de estrías de 10-14 en 10  $\mu\text{m}$ .

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A), TabCen052 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Austria<sup>100</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100, 185</sup>, España<sup>100, 184, 192</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Inglaterra<sup>100</sup>, Macedonia<sup>181</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>185, 188</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100</sup>, India<sup>100</sup>, Japón<sup>169</sup>.

<sup>170</sup>, Isla de Bering<sup>100</sup>, Mongolia<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100</sup>. ÁFRICA: Ghana<sup>100</sup>, Kenya<sup>100</sup>, Zaire<sup>100</sup>. OCEANÍA: Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>61, 100</sup>, Brasil<sup>48, 100, 186</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Colombia<sup>100, 173</sup>, Estados Unidos<sup>100</sup>. México: Baja California Sur<sup>238</sup>, Ciudad de México<sup>238</sup>, Estado de México<sup>238</sup>, Quintana Roo<sup>238</sup>, San Luis Potosí<sup>238</sup>, Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Cenotes<sup>238</sup>, humedales<sup>173</sup>, lagos<sup>173, 238</sup>, lagunas<sup>173</sup>, oasis<sup>238</sup>, pozas de turbera<sup>61</sup>, reservorios<sup>186</sup>, ríos<sup>169, 173, 184, 192, 238</sup>. En aguas epicontinentales hipertróficas<sup>186</sup>. Bentónica<sup>173, 188, 238</sup>, epifítica<sup>170, 173, 238</sup>, epilítica<sup>169, 184, 192</sup>, epipélica<sup>185</sup>, fósil<sup>173</sup>, metafítica<sup>238</sup>, perifítica<sup>173, 186</sup>, planctónica<sup>173, 238</sup>.

### **FRAGILARIALES** Silva

#### **Staurosiraceae** Medlin

#### ***Staurosira*** Ehrenberg

Solitarias o cadenas, rectas o en zigzag. Frústulas en vista conectiva rectangulares; bandas singulares amplias; valvas ovales, elípticas, cruciformes o romboidales, espinas marginales cortas, esternón delgado; estrías marginales largas; areolas redondas o elípticas; rimopórtulas ausentes; campo poroso apical (Novelo, 2012b).

#### ***Staurosira construens*** Ehrenberg (lámina 6, figura f)

**Descripción:** Frústulos cruciformes. Valvas de 8.5-15.8 µm de longitud, por 5.9-7.9 µm de ancho. El margen central es amplio, parece inflado, de ligeramente a ampliamente curvado. El área axial es recta, lanceolada y estrecha. Estriación marginal y radial, con un patrón de estrías similar. Densidad de estrías de 14-16 en 10 µm.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A), TabCen051 (A).

**Distribución:** EUROPA: Albania<sup>100</sup>, Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 26, 100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>55, 100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Macedonia<sup>181</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Polonia<sup>100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, República Checa<sup>82, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100, 220</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100</sup>, Filipinas<sup>187</sup>, Isla Bering<sup>100</sup>, Mongolia<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>, Vietnam<sup>100</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Ghana<sup>100</sup>, Senegal<sup>100</sup>, Sudán<sup>100</sup>, Zaire<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Alaska<sup>100</sup>, Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>48, 100</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>92</sup>, Colombia<sup>100</sup>.

<sup>173</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 206, 207</sup>, Hawaii<sup>100</sup>. México: Baja California (desierto de Cataviña<sup>165</sup>), Campeche (Palizada del Este<sup>139</sup>), Ciudad de México (canales de Xochimilco<sup>60</sup>, zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac: El Japón, Tláhuac<sup>171</sup>), Estado de México (lago de Chalco<sup>241</sup>), Golfo de México<sup>174</sup>, Hidalgo (Huasca<sup>1</sup>), Michoacán<sup>238</sup>, Quintana Roo<sup>238</sup>, Tlaxcala<sup>238</sup>, Veracruz<sup>238</sup> (lago de Catemaco<sup>30</sup>).

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>60</sup>, cenotes<sup>171, 238</sup>, charcos<sup>14, 171, 238</sup>, estanques<sup>82, 210</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>16, 30, 55, 171, 173, 238, 241</sup>, lagunas<sup>14, 139, 173, 187</sup>, reservorios<sup>238</sup>, ríos<sup>26, 82, 92, 173, 210, 232, 238</sup>. En aguas epicontinentales<sup>48</sup> oligotróficas<sup>55</sup>, mesotróficas<sup>55</sup>, eutróficas<sup>30, 55, 82, 241</sup> e hipertróficas<sup>55</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>92, 132, 174</sup>, como estuarios<sup>132</sup> y lagunas costeras<sup>174</sup>. Bentónica<sup>171, 174, 206, 238, 241</sup>, edáfica<sup>165</sup>, epipélica<sup>171</sup>, epifítica<sup>55</sup>, fósil<sup>173</sup>, humedales<sup>171</sup>, metafítica<sup>171, 238</sup>, perifítica<sup>171, 173, 187, 220, 238</sup>, planctónica<sup>14, 16, 26, 30, 60, 82, 92, 132, 139, 171, 173, 206, 232, 238</sup> y en sedimentos<sup>238</sup>.

## LICMOPHORALES Round

### Ulnariaceae Cox

#### *Ulnaria* (Kutzing) Compère

Solitarias, colonias estrelladas o cadenas. Frústulas con eje apical recto, en vista conectiva, alargadas, rectangulares; bandas cingulares cerradas, perforadas; espinas marginales ocasionales; valvas lineares a lanceoladas, fascia central no engrosada; área axial amplia o angosta; área central presente o ausente; estrías 1-2 seriadas, opuestas y alternas; areolas elipsoidales o alargadas, ocluidas por velos simples; rimopórtulas 2 polares por valva; campos porosos apicales 2 por valva (Novelo, 2012b).

***Ulnaria ulna*** (Nitzsch) Compère (lámina 7, figuras a, b, c)

Sinónimos: *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot

*Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg

**Descripción:** Frústulos solitarios muy largos con márgenes lineales, con una longitud (116.2) 132.6-265.6  $\mu\text{m}$ , por (7.9) 8.3-11.6 (13.5)  $\mu\text{m}$  de ancho. Valvas lineares, ápices rectos, polos redondeados o rostrados; márgenes rectos, área axial delgada, y área

central rectangular, más larga que ancha. Estrías paralelas a lo largo de toda la valva. Densidad de estrías de 10-15 en 10 µm.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A, B), TabCen077 (A), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Albania<sup>100</sup>, Alemania<sup>100</sup>, Bélgica<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>39</sup>, Eslovaquia<sup>100, 185</sup>, España<sup>17, 27, 100, 192</sup>, Francia<sup>55, 100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Italia<sup>100</sup>, Macedonia<sup>181</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Polonia<sup>100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, República Checa<sup>82, 100, 185, 224</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100, 220</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>79, 100, 222, 225</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100, 222</sup>, India<sup>100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>80</sup>, Japón<sup>169</sup>, mar Cásptico<sup>100</sup>, Mongolia<sup>100</sup>, Nepal<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>, Singapore<sup>100</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Kenia<sup>45</sup>, Sudán<sup>100</sup>, Zaire<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Alaska<sup>100</sup>, Argentina<sup>13, 100</sup>, Brasil<sup>48, 100, 137, 176, 178, 186, 189, 202</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>92, 100</sup>, Colombia<sup>100, 173, 242</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>, Uruguay<sup>59, 65</sup>. México: Baja California Sur<sup>204, 238</sup>, Ciudad de México<sup>120, 238</sup> (canales de Xochimilco<sup>60</sup>, zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac: El Japón<sup>171</sup>, Tláhuac), Estado de México<sup>120, 238</sup> (laguna de Victoria<sup>1</sup>), Guerrero<sup>244</sup>, Golfo de México<sup>174</sup>, Golfo de California<sup>243</sup>, Guanajuato<sup>120, 238</sup> (río Lerma<sup>1</sup>, río Laja<sup>182</sup>), Hidalgo<sup>120</sup> (Atotonilco el Grande<sup>1</sup>, Huasca<sup>1</sup>, Mineral del Monte<sup>1</sup>, río Moctezuma<sup>1</sup>), Jalisco<sup>120</sup> (río Grande<sup>1</sup>), Michoacán<sup>120</sup> (laguna de Araron<sup>1</sup>), Morelos<sup>46, 120</sup> (lagunas de Zempoala<sup>50</sup>), Nuevo León<sup>238</sup>, Oaxaca<sup>120, 238, 244</sup> (río Ejutla<sup>1</sup>, río Atoyac<sup>1</sup>, unión del río Salado<sup>120</sup> y el Santo Domingo<sup>120</sup>), Puebla (Ajalpan<sup>120</sup>, El humilladero<sup>120</sup>; Zicatlá<sup>120</sup>, Nicolas Bravo<sup>120</sup>, Mihuatlán<sup>120</sup>, Tecamachalco<sup>120</sup>, San Lorenzo<sup>120</sup>, Tepanco<sup>120</sup>, Tlacotepec<sup>120</sup>, laguna san Bernardino<sup>120</sup>, arroyo Zapotitlán<sup>120</sup>), Querétaro<sup>238</sup>, Quintana Roo<sup>120, 238</sup>, San Luis Potosí<sup>120</sup>, Tabasco<sup>120</sup>, Tamaulipas<sup>120</sup>, Tlaxcala<sup>120</sup>, Veracruz (lago de Catemaco<sup>30</sup>, lago Majahual<sup>78</sup>, lago Manantiales<sup>78</sup>), Yucatán<sup>68, 102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>14, 120, 171, 238</sup>, canales<sup>1, 14, 60, 120, 238</sup>, cenotes<sup>171, 238</sup>, charcos<sup>1, 14, 120, 171, 238</sup>, estanques<sup>14, 82, 120, 210, 224</sup>, humedales<sup>137, 171, 173, 238</sup>, lagos<sup>30, 45, 55, 78, 79, 80, 92, 120, 171, 173, 178, 210, 238</sup>, lagunas<sup>1, 14, 50, 92, 173, 225</sup>, manantiales<sup>46</sup>, reservorios<sup>14, 39, 65, 120, 171, 173, 186, 189, 210</sup>, ríos<sup>1, 27, 59, 82, 92, 169, 171, 173, 178, 192, 210, 222</sup>. En aguas epicontinentales<sup>48</sup> oligotróficas<sup>55</sup>, mesotróficas<sup>55, 59, 78, 189, 224</sup>, eutróficas<sup>27, 30, 39, 45, 59, 79, 82, 189, 238</sup> e hipertróficas<sup>55, 186, 238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>68, 174, 202, 242, 243</sup>, como estuarios<sup>99, 132, 174, 202</sup>. Bentónica<sup>1, 174, 238</sup>, edáfica<sup>171</sup>, epifítica<sup>13, 17, 46, 55, 120, 204, 238</sup> en tallos<sup>17</sup> y hojas<sup>17</sup> de vegetación acuática<sup>17</sup>, epilítica<sup>120</sup>.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

169, 171, 173, 182, 192, 204, 238, epipélica<sup>120, 222, 224, 225, 238</sup>, epipsámica<sup>120, 176, 238</sup>, fósil<sup>173</sup>, metafítica<sup>171, 238</sup>, nerítica<sup>244</sup>, perífita<sup>120, 171, 173, 186, 220, 238</sup>, planctónica<sup>1, 14, 30, 39, 45, 50, 55, 59, 60, 65, 68, 78, 79, 80, 82, 92, 120, 132, 137, 171, 173, 174, 178, 189, 202, 238, 242, 243</sup>. Alcalifila<sup>120</sup> y eurihalobia<sup>120</sup>.

**NAVICULALES** Bessey

**Plagiotropidaceae** Mann

***Plagiotropis*** Pfitzer

Células solitarias, con cuatro plástidos (a veces 3 o 2), dispuestos simétricamente sobre los planos apical y mediano, y que se apoyan contra una faja. Valvas de forma variable, algunas veces comprimidas lateralmente. El rafe se encuentra en la parte superior de una quilla excéntrica alta, que a veces disminuye en altura o incluso está ausente centralmente. Estrías uniseriadas. Areolas a menudo loculadas, alineadas longitudinalmente, de modo que parecen existir estrías tanto longitudinales como transversales; formas de aberturas en las areolas internas y externas son variables, aunque una que otra abertura son a menudo alargadas apicalmente. Himenio presente, aparentemente cerca del exterior de la superficie de la valva. Terminaciones del rafe externo variables, pero existen simple, como poros, bifurcado (solamente en los polos terminales), o volteado hacia un lado. Es un género salobre o marino, epipélico (Round *et al.*, 2000).

***Plagiotropis lepidoptera* var. *proboscidea*** (Cleve) Reimer (lámina 7, figuras d, e, f)

**Descripción:** Frústulos solitarios, linear-lanceolados, con ápices apiculados. Valvas de (61.38) 62-64 µm de longitud, por (14.5) 15.1-16.5 µm de ancho. 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. Estrías paralelas a lo largo de toda la valva. Densidad de estrías de 20-26 en 10 µm.

**Ejemplares examinados:** TabCen077 (A), TabCen078 (A, B), TabCen079 (A, B).

**Distribución:** EUROPA: mar Báltico<sup>168</sup>. ASIA: Taiwan<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>202, 242</sup>, Colombia<sup>242</sup>, Estados Unidos<sup>100, 206, 207, 242</sup>, Hawaii<sup>100</sup>, Panamá<sup>242</sup>, Puerto Rico<sup>242</sup>,

Venezuela<sup>242</sup>. México<sup>100</sup>: Guerrero<sup>244</sup>, Golfo de México<sup>174</sup>, Oaxaca<sup>238, 244</sup>, Pacífico mexicano<sup>242</sup>, Sinaloa<sup>204</sup>, Yucatán<sup>68</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Se ha registrado en condiciones salobres<sup>68, 100, 168, 174, 202, 242</sup>, como estuarios<sup>174, 202</sup>. Considerada como oceánica<sup>244</sup>. Bentónica<sup>174, 206</sup>, epipelica<sup>204</sup>, epipsámica<sup>204</sup>, nerítica<sup>244</sup>, pelágica<sup>168, 174, 202, 242</sup>. Halófila<sup>242</sup>, polihalobia<sup>242</sup>, mesohalina<sup>242</sup>.

### Naviculaceae Kützing

#### *Gyrosigma* Hassall

Valvas con simetría sigmoide en el eje apical, en vista conectiva elípticas, alargadas, ápices gradualmente atenuados, polos agudos, escarpeliformes, rostrados o redondeados; área axial estrecha, sigmoide a ondulada; área central pequeña, redonda, orbicular, elíptica, irregular o diagonal; rafe axial o sigmoide, con una curvatura constante que puede desplazarlo del eje apical, terminaciones proximales del rafe curvas, las distales rectas, curvas en direcciones opuestas o bifurcadas; areolas en hileras longitudinales y transversales, perpendiculares unas a otras, dando la apariencia de una doble estriación, transversal y longitudinal (Novelo, 2012b).

#### *Gyrosigma acuminatum* (Kützing) Rabenhorst (lámina 8, figura a)

**Descripción:** Valvas ligeramente sigmoidales de (89.1) 95-106.2 (109.5)  $\mu\text{m}$  de longitud, por 11.8-14.5  $\mu\text{m}$  de amplitud, con ápices gradualmente adelgazados, y polos redondeados. El área central es pequeña, de forma elipsoidal, con un rafe central y recto, que hacia los extremos distales se curvan en direcciones opuestas. Estrías longitudinales con una densidad de 17-22 en 10  $\mu\text{m}$ , y estrías transversales, de 18-21 en 10  $\mu\text{m}$ .

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A, B, C), TabCen049 (A, B, C), TabCen050 (A), TabCen051 (A), TabCen077 (A, B, C), TabCen078 (A, B), TabCen079 (A, B), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>39</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 19, 26, 100</sup>, España<sup>27, 100, 192</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Hungría<sup>100</sup>, Macedonia<sup>181</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, Republica Checa<sup>82, 100, 224</sup>, Rusia<sup>100, 220</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Turquía<sup>79, 100, 222, 225</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100, 228</sup>, Corea<sup>100</sup>, Irán<sup>100</sup>, Israel<sup>80, 100</sup>, Mongolia<sup>100</sup>, Tailandia<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>,

Tajikistan<sup>210</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Ghana<sup>100</sup>, Sudán<sup>100</sup>, Zaire<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>48, 100, 175, 202</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Colombia<sup>100, 173</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 206, 207</sup>, México: Baja California<sup>204</sup>, Baja California Sur<sup>204</sup>, Ciudad de México<sup>120</sup> (canales de Xochimilco<sup>60</sup>), Estado de México<sup>238</sup>, Guanajuato<sup>238</sup>, Jalisco<sup>238</sup>, Michoacán<sup>120</sup>, Oaxaca<sup>120</sup> (río Tehuantepec<sup>85</sup>, Teotitlán-San Juan los Cues<sup>120</sup>, río San Martín<sup>120</sup>), Puebla (Ajalpan<sup>120</sup>, Coxcatlán<sup>120</sup>, San Lorenzo<sup>120</sup>, río Gavilán<sup>120</sup>), Querétaro<sup>238</sup>, San Luis Potosí<sup>120</sup>, Sureste del Golfo de México<sup>148, 174</sup>, Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>), Veracruz<sup>120</sup>, Yucatán<sup>68</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>120, 238</sup>, canales<sup>60, 120, 238</sup>, charcos<sup>120, 238</sup>, estanques<sup>19, 82, 210, 224, 238</sup>, lagos<sup>16, 79, 80, 173, 174, 210, 228, 238</sup>, lagunas<sup>56, 225</sup>, manantiales<sup>238</sup>, reservorios<sup>39, 120, 210, 238</sup>, ríos<sup>26, 27, 56, 82, 85, 175, 192, 210, 222, 232</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48, 148</sup> oligotróficos<sup>175</sup>, mesotróficos<sup>224</sup> y eutróficos<sup>19, 27, 39, 79, 82</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>68, 132, 174, 202, 238</sup>, como estuarios<sup>132, 202</sup>. Bentónica<sup>206, 238</sup>, epilítica<sup>120, 192</sup>, epifítica<sup>204, 220, 238</sup>, epipélica<sup>120, 204, 222, 224, 225, 238</sup>, epipsámica<sup>120, 204, 238</sup>, perifítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>16, 19, 26, 39, 56, 60, 68, 79, 80, 82, 85, 120, 132, 173, 175, 202, 228, 232</sup>. Alcalifila<sup>120, 238</sup>, indiferente a la salinidad<sup>120</sup>.

***Gyrosigma macrum*** (Smith) Griffith & Henfrey (lámina 8, figura b)

**Descripción:** Frústulas solitarias. Valvas estrechas, lanceoladas en la región central, de (147.7) 158.4-174.2 (178.2)  $\mu\text{m}$  de longitud, por 9.9-11.8  $\mu\text{m}$  de amplitud, con ápices angostos, alargados, sigmoidales. Superficie valvar finamente estriada. El área axial muy estrecha, con un rafe sigmoide. Estrías areoladas, con una densidad de 25-28 en 10  $\mu\text{m}$ .

**Ejemplares examinados:** TabCen077 (A), TabCen080 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Finlandia<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Inglaterra<sup>242</sup>, Irlanda<sup>242</sup>, mar Báltico<sup>168</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistán<sup>100</sup>, ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>. OCEANÍA: Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>48, 100</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Colombia<sup>100, 242</sup>, Ecuador<sup>242</sup>, Estados Unidos<sup>132, 242</sup>. México: Chiapas<sup>244</sup>, Golfo de California<sup>243</sup>, Oaxaca<sup>238, 244</sup> (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Sureste del Golfo de México<sup>148, 174</sup>, Tabasco<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Ciénegas<sup>242</sup>, ríos<sup>85, 238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>116, 168, 174, 238, 242</sup>, como estuarios<sup>132</sup>. Considerada oceánica<sup>168, 243, 244</sup>. Bentónica<sup>174</sup>, Nerítica<sup>244</sup>, planctónica<sup>116, 132, 238, 242</sup>. Alcalífila<sup>238</sup>, meshalobia<sup>238, 242</sup>, eurihalobia<sup>238</sup>.

### **Stauroneidaceae** Mann

#### ***Craticula*** Grunow

Solitarias. Valvas con simetría en los ejes apical, transapical y pervalvar, naviculoides, lanceoladas, ápices alargados, rostrados o no, polos agudos, romos o redondeados, en condiciones de estrés se forman valvas internas con esternón amplio y estriación radial (craticula); área axial estrecha; área central pequeña, redonda; rafe filiforme recto, fisuras proximales breves, las terminaciones bifurcadas; no existen engrosamientos en el esternón cercanos al rafe; estrías 1-seriadas, paralelas; areolas redondas, pequeñas, alineadas longitudinalmente, lo que da la apariencia de dos sistemas de estrías (Novelo, 2012b).

#### ***Craticula ambigua*** (Ehrenberg) Mann (lámina 8, figura c)

**Descripción:** Valvas elípticas-lanceoladas, con extremos rostrados prolongados, de (44.8) 52.8-58 (60)  $\mu\text{m}$  de longitud, por (14.5) 15.8-17.1  $\mu\text{m}$  de ancho. Con un área axial lineal y estrecha, y un área central pequeña, ligeramente ancha. Rafe filiforme, con extremos proximales desviados ligeramente hacia un lado. Estrías atenuadamente radiadas. Densidad de estrías en la parte central de la valva, de 15-19 en 10  $\mu\text{m}$ .

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A), TabCen077 (A, B), TabCen079 (A).

**Distribución:** EUROPA: Albania<sup>100</sup>, Alemania<sup>100</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Macedonia<sup>100, 179, 181</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Polonia<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100</sup>, India<sup>100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>100</sup>, Tailandia<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>210</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>100, 180, 202</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Colombia<sup>100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 206, 207</sup>. México: Baja California Sur<sup>238</sup>, Ciudad de México

(zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac: El Japón, Tláhuac<sup>171</sup>), Golfo de México<sup>148, 174</sup>, Guanajuato (río Laja<sup>182</sup>), Oaxaca<sup>244</sup>, Tabasco<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>171</sup>, humedales<sup>179, 180</sup>, lagos<sup>179, 180, 238</sup>, oasis<sup>238</sup>, ríos<sup>171, 210, 238</sup>. En ambientes eutroficados<sup>155</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>174</sup>, como estuarios<sup>202</sup>. Bentónica<sup>174, 206, 238</sup>, epilítica<sup>171, 182, 238</sup>, epipélica<sup>155, 171, 179</sup> planctónica<sup>171, 180, 202, 238</sup>, común en lugares con flora<sup>155</sup>. Saprobias<sup>155</sup>, en niveles  $\alpha$  y  $\beta$  mesosaprobio<sup>155</sup>.

### **SURIRELLALES** Mann

#### **Surirellaceae** Kützing

#### ***Surirella*** Turpin

Frústulas iso o heteropolares, en vista conectiva rectas, trapezoidales o cuneiformes; valvas elípticas, lanceoladas o lineares, superficie plana, rafe en un margen desarrolla formando una carina saliente en toda la periferia, a veces con espinas en uno de los polos o líneas centrales (crestas) como el equivalente de un área central; fíbulas gruesas, estrías finas, no siempre evidentes (Novelo, 2012b).

***Iconella linearis*** (Smith) Ruck & Nakov (lámina 8, figura d)

**Sinónimo:** *Surirella linearis* Smith

**Descripción:** Frústulos isopolares. Valvas lineares a linear-lanceoladas con ápices agudos; de 79.2-97 (136)  $\mu\text{m}$  de longitud, por 25-26.4  $\mu\text{m}$  de ancho. Área central ausente, carina marginal amplia, fíbulas no evidentes. Densidad de estrías de 22-24 en 10  $\mu\text{m}$  (muy finas, poco evidentes).

**Ejemplares examinados:** TabCen077 (A), TabCen078 (A, B).

**Distribución:** EUROPA: Albania<sup>100</sup>, Alemania<sup>100</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>26, 100, 185</sup>, España<sup>100, 192</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Macedonia<sup>100, 181</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Polonia<sup>100</sup>, República Checa<sup>100, 185, 188</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>79, 100, 222</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100</sup>, Isla Bering<sup>100</sup>, India<sup>100</sup>, Indonesia<sup>100</sup>, Japón<sup>169, 170</sup>, Mongolia<sup>100</sup>, Singapore<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Ghana<sup>100</sup>, Kenia<sup>45, 100</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Alaska<sup>100</sup>, Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>48, 100</sup>.

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México**

<sup>164, 202</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>92</sup>, Colombia<sup>100, 173</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100</sup>, Uruguay<sup>59</sup>. México: Ciudad de México<sup>238</sup>, Estado de México<sup>120, 238</sup>, Puebla<sup>238</sup> (San Hipólito Xichitenango<sup>120</sup>), San Luis Potosí<sup>120, 238</sup>, Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>), Veracruz<sup>120, 238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>238</sup>, estanques<sup>238</sup>, humedales<sup>56, 173</sup>, lagos<sup>45, 79, 92, 238</sup>, lagunas<sup>56, 173</sup>, reservorios<sup>173</sup>, ríos<sup>26, 59, 92, 169, 192, 210, 222, 238</sup>. En ambientes mesotróficos<sup>59, 164</sup> y eutróficos<sup>45, 59, 79</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>202, 238</sup>, como estuarios<sup>202</sup>. Bentónica<sup>164, 173, 188, 238</sup>, edáfica<sup>238</sup>, epifítica<sup>170, 173</sup>, epilítica<sup>169, 192</sup>, epipélica<sup>120, 222, 238</sup>, metafítica<sup>238</sup>, perifítica<sup>173, 238</sup>, planctónica<sup>26, 45, 56, 59, 79, 92, 202, 238</sup>. Oligohalobia<sup>120, 238</sup>, mesosaprobia<sup>238</sup>.

***Iconella tenera*** (Gregory) Ruck & Nakov (lámina 8, figuras e)

**Sinónimo:** *Surirella tenera* Gregory

**Descripción:** Frústulos heteropolares. Valvas lanceoladas, con extremidades apicales fuertemente redondeadas, 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 ancho. Área axial hialina amplia, cresta central dentada, carina alta fenestrada, fíbulas rectas, marcadas sobre la superficie, de 2-4 en 10 µm. Estrías no visibles al microscopio óptico.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A, C), TabCen049 (A, B, C), TabCen050 (A), TabCen051 (C), TabCen052 (A), TabCen077 (A, B, C), TabCen078 (A, B), TabCen079 (A, B, C).

**Distribución:** EUROPA: Albania<sup>100</sup>, Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>100</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>26, 100, 185</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Hungría<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>100, 185</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100, 222</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100</sup>, Japón<sup>169, 170</sup>, Mongolia<sup>100</sup>, Tailandia<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Ghana<sup>100</sup>, Sudán<sup>100</sup>, Zaire<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Alaska<sup>100</sup>, Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>48, 100, 137, 166, 202</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Colombia<sup>173</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 206</sup>, Hawaii<sup>100</sup>, Uruguay<sup>59</sup>. México: Ciudad de México<sup>120, 238</sup> (zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac: El Japón, Tláhuac<sup>171</sup>), Estado de México<sup>120</sup>,

Guanajuato<sup>120, 238</sup> (río Laja<sup>182</sup>), Michoacán<sup>120, 238</sup>, Morelos<sup>46, 120, 238</sup> (laguna de Zempoala<sup>2</sup>), Oaxaca<sup>238, 244</sup> (río Tehuantepec<sup>85</sup>, carretera Santa María Tecomavaca<sup>120</sup>), Puebla<sup>238</sup> (Ajalpan<sup>120</sup>, Zicastla<sup>120</sup>, San Lorenzo<sup>120</sup>, Tlacotepec<sup>120</sup>), Querétaro<sup>238</sup>, Quintana Roo<sup>120, 238</sup>, San Luis Potosí<sup>120, 238</sup>, Veracruz<sup>120</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>120, 171, 238</sup>, canales<sup>120, 171</sup>, cenotes<sup>171, 238</sup>, charcos<sup>120, 171, 238</sup>, estanques<sup>120, 171, 238</sup>, humedales<sup>137, 171, 238</sup>, lagos<sup>166, 171, 210</sup>, manantiales<sup>46, 171, 238</sup>, reservorios<sup>171, 210</sup>, ríos<sup>26, 59, 85, 120, 169, 171, 210, 222, 238</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> oligotróficos<sup>14</sup>, mesotróficos<sup>59, 166</sup> y eutróficos<sup>59</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>132, 202</sup>, como estuarios<sup>132, 202</sup>. Bentónica<sup>14, 46, 171, 206, 238</sup>, edáfica<sup>171</sup>, epifítica<sup>120, 170, 171</sup>, epilítica<sup>169, 171, 173, 182, 238</sup>, epipélica<sup>120, 171, 222, 238</sup>, epipsámica<sup>120, 171, 238</sup>, metafítica<sup>171, 238</sup>, nerítica<sup>244</sup>, perifítica<sup>120, 166, 171, 173</sup>, planctónica<sup>2, 14, 26, 59, 85, 120, 132, 137, 171, 202, 238</sup> y en sedimentos<sup>238</sup>. Alcalifila<sup>120</sup>, oligohalobia<sup>120</sup>.

**CHLOROPHYTA** Reichenbach

**CHLOROPHYCEAE** Wille

**SPHAEROPLEALES** Luerssen

**Hydrodictyaceae** Dumortier

***Monoactinus*** Dumortier

Cenobios de vida libre, planos, tienen forma aproximadamente discoide y están compuestas por 4, 8 o 16 células. Margen libre de las células periféricas, sobresaliente un único lobo truncado. Las células internas dejan amplios espacios entre ellas, constituyendo un cenobio clatrado. La pared celular es típicamente granulosa. Un único cloroplasto parietal asociado con un pirenoide por célula (Bicudo y Menezes, 2017).

***Monoactinus simplex*** (Meyen) Corda (lámina 9, figura a)

**Sinónimo:** *Pediastrum simplex* Meyen

**Descripción:** Cenobios planos constituidos por 8-12 células dispuestas concéntricamente, con espacios intercelulares, y paredes celulares lisas, ligeramente granuladas. Las células externas son poligonales con un proceso cilíndrico cónico de ápice truncado, 13.8-15.8 µm de longitud y 8.5-9.9 µm de ancho, mientras que las células

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México**

internas son poligonales, 9.9-10.5  $\mu\text{m}$  de longitud y 11.2-11.8  $\mu\text{m}$  de ancho. Un cloroplasto parietal extendido por todo el proceso, junto con un pirenoide, por célula.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A, B), TabCen049 (A), TabCen051 (C), TabCen052 (A), TabCen077 (A, C), TabCen078 (A, B), TabCen079 (A, C), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>39</sup>, Eslovaquia<sup>19, 26, 100</sup>, España<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Islas Canarias<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, República Checa<sup>26, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Turquía<sup>79, 100</sup>. ASIA: China<sup>100, 228</sup>, Corea<sup>100, 101</sup>, Israel<sup>80</sup>, Japón<sup>100</sup>, Singapur<sup>100</sup>, Taiwán<sup>100</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Kenia<sup>45</sup>, Gana<sup>100</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>6, 7, 100, 103, 107, 108</sup>, Chile<sup>93</sup>, Colombia<sup>10, 242</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>, Uruguay<sup>59, 65</sup>. México: Campeche (sistema fluvio-lagunar Palizada<sup>139</sup>), Ciudad de México (lago de Chapultepec<sup>1, 2</sup>), Estado de México<sup>238</sup>, Hidalgo<sup>238</sup>, Guerrero<sup>244</sup>, Jalisco (lago Juanacatlán<sup>239</sup>), Michoacán (lago de Pátzcuaro<sup>1, 2</sup>), Morelos<sup>238</sup>, Oaxaca (río Tehuantepec<sup>85</sup>), San Luis Potosí<sup>238</sup>, Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>, cuenca del río González<sup>135</sup>), Valle de México<sup>1, 2</sup>, Veracruz (lago de Catemaco<sup>30, 51</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>56, 107</sup>, estanques<sup>15, 19, 107, 172</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>1, 2, 15, 30, 45, 51, 79, 80, 172, 228, 238, 239</sup>, lagunas<sup>56, 107, 108, 139</sup>, reservorios<sup>39, 65, 238</sup>, ríos<sup>6, 15, 26, 56, 59, 85, 135, 232</sup>. En ambientes epicontinentales mesotróficos<sup>59, 239</sup>, eutróficos<sup>14, 15, 19, 30, 39, 45, 51, 59, 79, 99, 103, 172</sup> e hipertróficos<sup>238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, en estuarios<sup>132</sup>. Metafítica<sup>107, 238</sup>, neustónica<sup>107</sup>, perifítica<sup>107</sup>, planctónica<sup>1, 2, 14, 19, 26, 30, 39, 45, 51, 56, 59, 65, 79, 80, 81, 85, 93, 97, 101, 103, 107, 108, 132, 135, 139, 172, 228, 232, 238, 239, 242</sup>.

***Monactinus simplex* var. *echinulatum* (Wittrock) Pérez, Maidana & Comas**  
(lámina 9, figura b)

**Sinónimo:** *Pediastrum simplex* var. *echinulatum* Wittrock

**Descripción:** Cenobios planos constituidos por 4 células dispuestas concéntricamente, formando una figura romboidal, ligeramente perforado al centro, con paredes celulares lisas, y en algunos casos, se presentan espinas muy pequeñas. Las células son poligonales con un proceso cilíndrico cónico de ápice truncado, 7.9-9.2  $\mu\text{m}$  de longitud y

(5.9) 6.6-7.9  $\mu\text{m}$  de ancho. Un cloroplasto parietal extendido por todo el proceso, junto con un pirenoide, por célula.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A), TabCen051 (A), TabCen052 (A), TabCen079 (A), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Serbia<sup>232</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100, 101</sup>, Taiwan<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>100, 107</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>. México: Campeche (sistema fluvio-lagunar Pom-Atasta-Palizada<sup>139</sup>), Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>), Veracruz (lago de Catemaco<sup>51</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>56, 107</sup>, estanques<sup>107, 172</sup>, lagos<sup>51, 101, 172</sup>, lagunas<sup>56, 139</sup>, reservorios<sup>101</sup>, ríos<sup>56, 232</sup>. En ambientes epicontinentales eutróficos<sup>51, 97, 99, 172</sup>. Metafítica<sup>107, 238</sup>, neustónica<sup>107</sup>, perifítica<sup>107</sup>, planctónica<sup>14, 51, 56, 97, 99, 101, 107, 139, 172, 232, 238</sup>.

### ***Stauridium*** Corda

Cenobios de vida libre, redondeados, compuestos por 4, 8 o 16 células dispuestas concéntricamente. Las células se organizan de modo contiguo, sin espacios intercelulares. Células marginales trapeziformes, bilobadas, con una incisión mediana en forma de V o con proyecciones en dos planos. La pared celular puede ser lisa, o decorada con gránulos, verrugas o crestas. Un único cloroplasto parietal asociado con un pirenoide por célula (Bicudo y Menezes, 2017).

#### ***Stauridium tetras*** (Ehrenberg) Hegewald (lámina 9, figura c)

Sinónimo: *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs

**Descripción:** Cenobios planos, conformados entre 8-16 células arregladas concéntricamente. Células poligonales con 7 ángulos, con pared celular lisa. Células externas de 7.9-11.2  $\mu\text{m}$  de longitud, y 5.2-7.2  $\mu\text{m}$  de ancho, con 2 procesos bifurcados, divididos por una incisión central. Células internas 6.6-7.2  $\mu\text{m}$  de longitud, y 5.9-7.2  $\mu\text{m}$  de ancho. Con cloroplastos parietales con un pirenoide.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>28, 100</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 26, 100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>55</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, Polonia<sup>100, 172</sup>, Portugal<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100, 220</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100, 228</sup>, Corea<sup>101</sup>, India<sup>100, 144</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>100</sup>, Japón<sup>100</sup>, Singapur<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Ghana<sup>100</sup>, Kenia<sup>45</sup>, Sudán<sup>100</sup>, Zimbabue<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>6, 7, 103, 105, 177</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>9, 93, 217</sup>, Colombia<sup>242</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>, Hawaii<sup>100</sup>, Uruguay<sup>59, 65</sup>. México: Campeche (Palizada del Este<sup>139</sup>), Ciudad de México<sup>90</sup> (laguna la Virgen<sup>140</sup>, canal el Bordo<sup>140</sup> y canal el Japón-Tlahuac<sup>140</sup>), Estado de México<sup>90</sup>, Michoacán<sup>90</sup>, Morelos (lagunas de Zempoala<sup>87</sup>), Nuevo León<sup>238</sup>, Oaxaca<sup>90</sup>, Puebla (Tehuacán<sup>90</sup>, Vicente Guerrero<sup>90</sup>), Tabasco<sup>90</sup>, Tamaulipas<sup>90</sup>, Tlaxcala<sup>90</sup>, Veracruz (lago de Catemaco<sup>30, 51</sup>, lago verde<sup>78</sup>, paso del Toro<sup>49</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>238</sup>, Canales<sup>140</sup>, charcos<sup>14, 90</sup>, estanques<sup>14, 90, 172, 210</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>16, 28, 30, 45, 51, 55, 78, 90, 93, 210, 228</sup>, lagunas<sup>14, 87, 93, 139, 140</sup>, pantanos<sup>90</sup>, reservorios<sup>65, 103</sup>, ríos<sup>26, 59, 93, 105, 210</sup>. En ambientes epicontinentales oligotróficos<sup>14, 49</sup>, mesotróficos<sup>14, 49, 55, 59, 90, 172</sup> y eutróficos<sup>14, 28, 30, 45, 49, 51, 55, 59, 78, 90, 103, 172, 238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, como estuarios<sup>132</sup> y lagunas costeras<sup>172</sup>. Metafítica<sup>90, 105</sup>, perifítica<sup>90, 105, 220, 238</sup>, planctónica<sup>7, 9, 15, 16, 26, 28, 30, 45, 49, 51, 55, 59, 65, 78, 81, 87, 90, 93, 101, 103, 105, 132, 139, 140, 144, 172, 228, 238, 242</sup>.

### **Scenedesmaceae** Oltmanns

#### ***Coelastrum*** Nägeli

Individuos coloniales de vida libre. La colonia tiene la forma de una esfera hueca y es formada por 4, 8, 16, 32, e inusualmente por 64 células. Las células varían de forma, desde esféricas, elipsoidales, tetraédricas hasta poligonales y pueden poseer un número de apéndices más o menos largos que las unen entre sí. El único cloroplasto existente en cada célula tiene una forma de copa (poculiforme) y un pirenoide más o menos central (Bicudo y Menezes, 2017).

***Coelastrum astroideum*** De Notaris (lámina 9, figura d)

**Descripción:** Cenobios constituidos por 8-16 células, donde no se observan procesos conectivos, y parecen estar fusionados por las bases celulares. Las células son ovoides en vista lateral, y circulares en vista apical, con una pared celular ligeramente engrosada, que llegan a medir 9.2-9.9  $\mu\text{m}$  longitud, y 8.5-9.2  $\mu\text{m}$  de ancho, con un cloroplasto parietal.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A), TabCen051 (A), TabCen052 (A), TabCen077 (A, B), TabCen079 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>28, 100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 19, 26, 100</sup>, España<sup>17, 83, 100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, República Checa<sup>29, 82, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>101</sup>, India<sup>62</sup>, Israel<sup>80</sup>, Taiwan<sup>100</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Tunisia<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>7, 48, 66, 100, 107, 137, 177</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>, Perú<sup>100</sup>. México: Campeche (sistema fluvio-lagunar Pom-Atasta-Palizada<sup>139</sup>), Ciudad de México<sup>238</sup>, Hidalgo<sup>238</sup>, Michoacán<sup>238</sup>, Nuevo León<sup>238</sup>, Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>), Tamaulipas (laguna del Carpintero<sup>86</sup>), Yucatán<sup>102</sup>, Zacatecas<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>56, 83</sup>, estanques<sup>15, 19, 82, 107</sup>, humedales<sup>86, 137</sup>, lagos<sup>15, 16, 28, 80</sup>, lagunas<sup>56, 107, 139</sup>, lagunas salobres<sup>86</sup>, pantanos<sup>66</sup>, planicie costera<sup>7</sup>, reservorios<sup>107</sup>, ríos<sup>26, 82, 232</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> eutróficos<sup>14, 19, 28, 82, 99</sup> e hipertróficos<sup>83</sup>. Epifítica<sup>17</sup> de tallos y hojas de macrófitas<sup>17</sup>, metafítica<sup>107, 238</sup>, perifítica<sup>66, 238</sup>, planctónica<sup>15, 16, 19, 26, 28, 56, 62, 80, 81, 82, 86, 97, 101, 107, 137, 139, 232, 238</sup>.

***Coelastrum indicum*** Turner (lámina 9, figura e)

**Descripción:** Cenobios en forma de estrella, constituidos por 12-16 células unidas por 5 procesos conectivos, arqueadas en el exterior. Las células son redondeadas en vista lateral, poliédricas en vista apical, (3.3) 3.9-4.6  $\mu\text{m}$  de ancho, con un cloroplasto parietal y un pirenoide.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A), TabCen077 (A).

**Distribución:** EUROPA: España<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>, Ucrania<sup>97</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100, 133</sup>, China<sup>100</sup>, Corea<sup>101</sup>, India<sup>97</sup>, Indonesia<sup>97</sup>, Japón<sup>97</sup>, Singapur<sup>97</sup>. ÁFRICA: Kenia<sup>45</sup>, lago de Chad<sup>97</sup>, Malawi<sup>97</sup>, Mozambique<sup>97</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>6, 7, 66, 97, 100, 103, 137, 177</sup>, Cuba<sup>14, 97, 99, 100</sup>, México: Campeche (sistema fluvio-lagunar Palizada<sup>139</sup>), Estado de México<sup>238</sup>, Michoacán<sup>238</sup>, Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>), Veracruz (paso del Toro<sup>49</sup>, Cerro Gordo<sup>49</sup>, la Piedra<sup>49</sup>), Yucatán<sup>102</sup>, Zacatecas<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>238</sup>, canales<sup>56</sup>, estanques<sup>97</sup>, humedales<sup>137, 238</sup>, lagos<sup>6, 45, 49, 238</sup>, lagunas<sup>56, 139</sup>, pantanos<sup>66</sup>, reservorios<sup>7, 101</sup>. En ambientes epicontinentales mesotróficos<sup>31</sup> y eutróficos<sup>14, 31, 45, 49, 99, 103, 238</sup>. Perifítica<sup>14, 66, 99, 238</sup>, planctónica<sup>14, 45, 49, 56, 66, 97, 99, 101, 103, 133, 137, 139, 238</sup>.

***Coelastrum sphaericum* Nägeli (lámina 9, figura f)**

Sinónimo: *Coelastrum morus* West & West

**Descripción:** Cenobios globosos, regulares, constituidos por 8-16 células visibles, conectadas por 3 procesos conectivos muy evidentes. Las células son esféricas, (2.6) 3.3-3.9 (4.6)  $\mu\text{m}$  de ancho, con un cloroplasto parietal y un pirenóide.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A, B, C), TabCen052 (A), TabCen077 (A), TabCen078 (A), TabCen079 (A), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Azores<sup>97</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Hungría<sup>100</sup>, Irlanda<sup>15, 100</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Suiza<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>101</sup>, India<sup>97, 144</sup>, Israel<sup>80</sup>, Japón<sup>100</sup>, Mar Caspio<sup>100</sup>, Singapur<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: lago de Chad<sup>97</sup>, Mozambique<sup>97</sup>, Sudáfrica<sup>97</sup>, Sudán<sup>100</sup>, Tanzania<sup>97</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>48, 100, 104, 107, 177</sup>, Chile<sup>93</sup>, Colombia<sup>242</sup>, Cuba<sup>14, 97, 99</sup>, Estados Unidos<sup>97, 100, 207</sup>. México: Campeche (sistema fluvio-lagunar Palizada<sup>139</sup>), Ciudad de México<sup>238</sup>, Estado de México<sup>238</sup>, Jalisco (lago Atotonilco<sup>239</sup>), Michoacán<sup>238</sup>, Oaxaca<sup>238</sup>, Puebla (laguna de San Felipe<sup>1, 2</sup>), Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>), Veracruz (el Infiernillo<sup>1, 2</sup>).

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>238</sup>, canales<sup>56</sup>, charcos<sup>1, 2</sup>, estanques<sup>15, 101, 210</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>15, 80, 101, 210, 238, 239</sup>, lagunas<sup>1, 2, 56, 93, 107, 139</sup>, pantanos<sup>1, 2, 97</sup>, reservorios<sup>97, 101, 104</sup>, ríos<sup>210</sup>. En ambientes epicontinentales mesotróficos<sup>239</sup>, eutróficos<sup>99</sup> e hipertróficos<sup>104</sup>. En aguas cubiertas de maleza<sup>97</sup>. Perifítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>1, 2, 48, 56, 80, 81, 93, 97, 99, 104, 107, 139, 144, 239, 242</sup>.

### ***Crucigenia* Morren**

Colonias planas constituidas por cuatro células que flotan libremente en el ambiente. La forma de la colonia varía entre casi circular, cuadrada, rectangular, rómbica. Las células pueden ser elipsoidales, triangulares, trapezoidales o tener la forma de un cuarto de círculo y se distribuyen alrededor de un meato central cuadrado o casi. Es común encontrarlas en colonias múltiples. Un único cloroplasto por célula, en posición lateral, en forma de lámina, con un pirenoide aproximadamente central, no siempre fácilmente visible. Se discute inclusive, la existencia real de un pirenoide en la especie *C. fenestrata* (Bicudo y Menezes, 2017).

### ***Crucigenia tetrapedia* (Kirchner) Kuntze (lámina 9, figura g)**

**Descripción:** Cenobios planos cuadrangulares, conformados por 4 células que se agrupan en pares, opuestas unas a otras, formando figuras ligeramente rectangulares a romboidales, de 5.9-14.5 µm de ancho. Las células triangulares de 3.3-5.9 µm de longitud, con un cloroplasto laminar, y un pirenoide.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A, B), TabCen051 (A), TabCen052 (A, B), TabCen077 (A), TabCen078 (A), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>39, 218</sup>, Eslovaquia<sup>26, 100</sup>, España<sup>17, 100</sup>, Gran Bretaña<sup>15</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, Polonia<sup>183</sup>, Portugal<sup>100</sup>, República Checa<sup>26, 82, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100, 228</sup>, India<sup>100, 144</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>80, 100</sup>, Japón<sup>100</sup>, Mar Caspio<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100</sup>, Singapore<sup>100</sup>. ÁFRICA: Kenia<sup>45</sup>, Sudán<sup>100</sup>, Zimbabue<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>6, 47, 48, 100, 105, 107, 131, 177</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>, Uruguay<sup>59</sup>. México: Campeche (sistema fluvio-lagunar Pom-Atasta-Palizada<sup>139</sup>), Ciudad de México (canales de Xochimilco<sup>60</sup>, de

Atlapulco<sup>60</sup>), Colima<sup>238</sup>, Estado de México<sup>238</sup>, Jalisco<sup>238</sup>, Michoacán (lago de Pátzcuaro<sup>1, 2</sup>), Morelos<sup>238</sup>, Oaxaca (río Ejutla<sup>1, 2</sup>, río Tehuantepec<sup>85</sup>), Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>, cuenca del Río González<sup>135</sup>), Tamaulipas: (laguna del Carpintero<sup>86</sup>), Veracruz<sup>238</sup>, Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>56</sup>, estanques<sup>15, 47, 60, 82, 210, 238</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>1, 2, 15, 45, 80, 183, 210, 228, 238</sup>, lagunas<sup>56, 107, 135, 139</sup>, charcos<sup>1, 2</sup>, reservorios<sup>39, 107, 238</sup>, ríos<sup>1, 2, 15, 26, 56, 59, 82, 85, 105, 135, 210, 232</sup>, planta de tratamiento<sup>131</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> mesotróficos<sup>59</sup> y eutróficos<sup>14, 39, 45, 82, 97, 99, 131, 183, 238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>86</sup>, en estuarios<sup>132</sup> y lagunas costeras<sup>238</sup>. Epifítica<sup>17, 105</sup> de hojas y tallos de macrófitas<sup>17</sup>, metafítica<sup>238</sup>, perifítica<sup>105, 107</sup>, planctónica<sup>1, 2, 26, 39, 45, 47, 56, 59, 60, 80, 81, 82, 85, 86, 97, 105, 107, 132, 135, 139, 144, 183, 228, 232, 238</sup>, subaerofítica<sup>218</sup>.

### ***Desmodesmus*** (Chodat) Friedl & Hegewald

Individuos de vida libre conformando un cenobio, que siempre es plano y formado por 2, 4, 8 o 16 células dispuestas lado a lado, con sus ejes más largos paralelos entre sí, formando una línea de células en una sola serie, que se pueden encontrar de manera alternante, una más hacia arriba y la otra más abajo. Las células pueden ser elipsoidales u ovoides y ser todas iguales entre sí o de dos tipos, esto es, los extremos del cenobio de un tipo, y las internas de otro. La pared celular es ornamentada con diminutas verrugas, un retículo, o puede tener una cresta mediana bastante evidente. En la mayoría de las especies ocurren espinas de longitud variable en los polos, estas se presentan en las células externas, y en uno o ambos polos de las células internas. Raramente no existen las espinas. Un único cloroplasto por célula, parietal y que llega a cubrir toda la superficie interna de la célula. Generalmente existe un pirenoide central en cada célula (Bicudo y Menezes, 2017).

***Desmodesmus granulatus*** (West) Tsarenko (lámina 9, figura h)

Sinónimo: *Scenedesmus granulatus* West & West

**Descripción:** Cenobios planos lineales, constituidos por 4 células, que se alternan ligeramente entre una y otra. Las células son oblongo-ovaladas, 5.2-11.8 µm longitud, y (1.9) 3.3-5.2 µm de ancho, con un cloroplasto parietal y pirenoides. Se presentan por célula, verrugas en las caras laterales, gránulos y espinas en la parte apical.

**Ejemplares examinados:** TabCen050 (A), TabCen078 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 97, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, India<sup>97</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Japón<sup>97, 100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Vietnam<sup>97</sup>. ÁFRICA: lago de Chad<sup>97</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>6, 7, 48, 66, 97, 100, 107, 137</sup>, Chile<sup>93</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>, México: Veracruz<sup>238</sup>, Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Estanques<sup>7, 97</sup>, humedales<sup>137</sup>, lagos<sup>7</sup>, lagunas salobres<sup>7</sup>, pantanos<sup>66</sup>, reservorios<sup>107</sup>, ríos<sup>6, 93</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> oligotróficos<sup>99, 238</sup> y eutróficos<sup>97</sup>. Perifítica<sup>66</sup>, planctónica<sup>15, 81, 93, 97, 107, 137, 238</sup>.

***Desmodesmus lefevrei*** (Deflandre) Friedl & Hegewald (lámina 10, figura a)

Sinónimo: *Scenedesmus lefevrei* Deflandre

**Descripción:** Cenobios planos constituidos por 2 células dispuestas linealmente. Las células son elipsoidales, 8.5-9.2 µm longitud, y 4.6-5.2 µm de ancho, con un cloroplasto parietal y un pirenoide. Se presentan dos proyecciones en los polos, por célula, mientras que en los ápices se observan pequeñas filas de espinas (dientes).

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (B).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>97</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Suecia<sup>97</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, India<sup>97</sup>, Japón<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>, Vietnam<sup>97</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>47, 48, 100</sup>, Chile<sup>93</sup>, Estados Unidos<sup>100, 207</sup>, México: Veracruz (lago de Catemaco<sup>30</sup>, paso del Toro<sup>49</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Charcos<sup>238</sup>, estanques<sup>47, 210</sup>, lagos<sup>30</sup>, reservorios<sup>238</sup>, ríos<sup>93, 210</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup>, eutróficos<sup>30, 49, 238</sup>, donde se le encuentra dispersa<sup>97</sup>. Planctónica<sup>30, 47, 49, 93, 238</sup>.

### ***Scenedesmus* Meyen**

Individuos coloniales que viven flotando en el agua. La colonia siempre plana y formada en general, por 2, 4, 8, 16 o más raramente, 32 células dispuestas lado a lado, con sus ejes más largos paralelos entre sí. Es más usual la disposición en línea de las células que se disponen una al lado de la otra en una sola serie, pero también en dos series, presentando alternancia entre las células una más hacia arriba y la otra más abajo, así sucesivamente. También existen colonias constituidos por dos series superpuestas de células, que les confiere la apariencia de un disco. Las células pueden ser elipsoides, ovoides, fusiformes o lunadas, y pueden ser todas iguales en la misma colonia o las externas son de una forma, mientras que las internas son de otra. La pared celular en la mayoría de las especies es lisa, pero también pueden ser ornamentadas con diminutas verrugas, o tener una cresta mediana bastante evidente. En muchas especies ocurren espinas de longitud variada en los polos de las células extremas de la colonia, a veces también en la superficie libre de las mismas células externas y, otras veces, también en uno o en ambos lados de los polos de las células internas de la colonia. Con un único cloroplasto, parietal, que se encuentra ocupando toda la superficie interna de la célula. Siempre existe un pirenoide central (Bicudo y Menezes, 2017).

#### ***Scenedesmus ecornis* (Ehrenberg) Chodat (lámina 10, figura b)**

**Descripción:** Cenobios planos lineales constituidos por 4-8 células, con una pared lisa. Las células son elipsoidales cilíndricas, 10.5-11.2 µm longitud, y 5.2-5.9 µm de ancho, con un cloroplasto parietal y un pirenoide.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A, C), TabCen077 (A), TabCen078 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>218</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>17, 27, 83, 100</sup>, Finlandia<sup>97</sup>, Hungría<sup>97</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, Rumania<sup>97, 100</sup>, Rusia<sup>220</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Turquía<sup>100</sup>.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100</sup>, India<sup>97</sup>, Israel<sup>80</sup>, Japón<sup>100</sup>, Nepal<sup>100</sup>, Singapore<sup>100</sup>, Tailandia<sup>143</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Vietnam<sup>97</sup>. ÁFRICA: lago de Chad<sup>97</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>61, 100, 226</sup>, Brasil<sup>6, 48, 66, 97, 100, 106, 107, 177</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Colombia<sup>242</sup>, Chile<sup>93</sup>, Cuba<sup>14, 97, 99, 100</sup>, Estados Unidos<sup>97, 100, 132, 207</sup>, Groenlandia (Isla de Spitsbergen<sup>75</sup>), México: Ciudad de México<sup>238</sup>, Estado de México<sup>238</sup>, Guanajuato<sup>238</sup>, Morelos<sup>238</sup>, Oaxaca (Teotitlán<sup>90</sup>), Puebla (Coxcatlán<sup>90</sup>, Tehuacán<sup>90</sup>), Querétaro<sup>238</sup>, San Luis Potosí<sup>90</sup>, Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>238</sup>, canales<sup>83</sup>, estanques<sup>75, 93, 238</sup>, lagos<sup>6, 75, 80, 93, 106, 238</sup>, lagunas<sup>83, 93, 107</sup>, pantanos<sup>66</sup>, pozas de turbera (piscinas de turbera)<sup>61, 238</sup>, riachuelos<sup>93</sup>, ríos<sup>6, 27, 93, 226, 232, 238</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> oligotróficos<sup>143</sup>, mesotróficos<sup>238</sup>, eutróficos<sup>27, 97, 238</sup> e hipertróficos<sup>83</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, en estuarios<sup>132</sup>. Epifítica<sup>17</sup> de tallos y hojas de macrófitas<sup>17</sup>, epilítica<sup>238</sup>, epipélica<sup>238</sup>, epipsámica<sup>238</sup>, metafítica<sup>238</sup>, perifítica<sup>66, 107, 220, 238</sup>, planctónica<sup>75, 80, 81, 90, 93, 99, 106, 107, 132, 143, 226, 232, 238, 242</sup>, subaerofítica<sup>218</sup>.

***Scenedesmus quadricauda*** (Turpin) Brébisson & Brébisson & Godey  
(lámina 10, figura c)

**Descripción:** Cenobios planos conformados por 4 células dispuestas linealmente, sin ornamentaciones, en ambos polos de las células externas se presentan proyecciones alargadas. Las células son oblongo-cilíndricas, 10.5-12.5 (13.2)  $\mu\text{m}$  longitud, y 3.9-4.6  $\mu\text{m}$  de ancho, con un cloroplasto parietal.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A), TabCen050 (A, B), TabCen052 (A), TabCen077 (A), TabCen078 (A), TabCen079 (A, B), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>121</sup>, España<sup>83, 100</sup>, Francia<sup>55, 100</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, Perú<sup>84</sup>, Portugal<sup>100</sup>, República Checa<sup>82</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Suecia<sup>100</sup>. Islas Canarias<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Filipinas<sup>209</sup>, India<sup>62</sup>, Israel<sup>80</sup>, Japón<sup>100</sup>, Singapore<sup>100</sup>, Turquía<sup>79, 100</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Ghana<sup>100</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>13, 100, 226</sup>, Bolivia<sup>100</sup>, Brasil<sup>6, 100, 107, 137, 177</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Colombia<sup>242</sup>, Chile<sup>93, 217</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207, 208</sup>, Uruguay<sup>59, 65</sup>. México: Ciudad de

México (canales de Xochimilco<sup>60</sup>, Ciudad Universitaria<sup>1</sup>, lago de Chapultepec<sup>1</sup>), Estado de México (laguna de Victoria<sup>1</sup>), Michoacán (lago de Pátzcuaro<sup>1</sup>), Morelos (lagunas de Zempoala<sup>87</sup>), Oaxaca (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>, cuenca del río González<sup>135</sup>), Tamaulipas (laguna del Carpintero<sup>86</sup>), Veracruz (lago de Catemaco<sup>51</sup>, lago verde<sup>78</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>56, 60, 83</sup>, charcos<sup>13, 238</sup>, estanques<sup>82, 107, 210</sup>, humedales<sup>86, 137</sup>, lagos<sup>1, 6, 51, 55, 78, 79, 80, 93, 210, 238</sup>, lagunas<sup>1, 56, 84, 86, 87, 93, 107, 135, 208</sup>, lagunetas<sup>1</sup>, lagunas de estabilización<sup>1</sup>, reservorios<sup>65, 107, 210</sup>, ríos<sup>6, 56, 59, 82, 85, 93, 135, 210, 226, 232</sup>. En ambientes epicontinentales mesotróficos<sup>59, 97</sup>, eutróficos<sup>51, 59, 78, 79, 82, 97</sup> e hipertróficos<sup>55, 83</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>121</sup>, como estuarios<sup>132</sup>. Edáfica<sup>209</sup>, epilítica<sup>208</sup>, perifítica<sup>107, 238</sup>, planctónica<sup>1, 51, 55, 56, 59, 60, 62, 65, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 93, 97, 107, 121, 132, 135, 137, 226, 232, 238, 242</sup>.

### ***Tetrademus* Smith**

Los representantes de este género son colonias de vida libre. La colonia está constituida en general por 2-4 células, y muy inusualmente, 8 células, que se tocan por su cara convexa, formando un tipo de haz sin cualquier mucilago envolvente. Las células son fusiformes o lunadas, y se organizan con sus ejes mayores paralelos entre sí. Con un cloroplasto que se localiza parietalmente en toda la célula. Existe un pirenoide que se ubica más o menos de manera central en el cloroplasto (Bicudo y Menezes, 2017).

***Tetrademus dimorphus* (Turpin) Wynne** (lámina 10, figura d)

Sinónimo: *Scenedesmus dimorphus* (Turpin) Kützing

**Descripción:** Cenobios aplanados de 4-8 células, que van desde ligeramente lineales hasta evidentemente alternantes. Las células son lunadas, (5.9) 9.2-11.2 (11.8)  $\mu\text{m}$  longitud, y (1.9) 2.6-3.9  $\mu\text{m}$  de ancho, que en los extremos se estrechan y generan una punta redondeada. Con un cloroplasto parietal y un pirenoide.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A), TabCen077 (A), TabCen078 (A), TabCen079 (A, B).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Turquía<sup>79, 100</sup>.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

ASIA: China<sup>100, 228</sup>, Filipinas<sup>209</sup>, Irán<sup>100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, India<sup>62, 97, 100, 144</sup>, Indonesia<sup>97</sup>, Japón<sup>97</sup>, Madagascar<sup>97</sup>, Pakistán<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>. ÁFRICA: Ghana<sup>100</sup>, Kenia<sup>45</sup>, lago de Chad<sup>97</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>48, 66, 100, 107, 177</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Cuba<sup>97</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>. México: Ciudad de México (canales de Xochimilco<sup>60, 140</sup>, laguna la Virgen<sup>140</sup>), Michoacán<sup>238</sup>, Nuevo León<sup>238</sup>, Oaxaca (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Quintana Roo<sup>238</sup>, Tabasco (cuenca del Río González<sup>135</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>60, 140, 238</sup>, estanques<sup>107, 238</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>15, 45, 79, 228, 238</sup>, lagunas<sup>140, 209</sup>, pantanos<sup>66</sup>, ríos<sup>85, 135</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> mesotróficos<sup>15</sup> y eutróficos<sup>45, 79</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, como estuarios<sup>132</sup>. Asociada con superficies sumergidas en hábitats acuáticos<sup>15</sup>, entre plantas acuáticas<sup>97</sup> y costras de suelo<sup>209</sup>. Perifítica<sup>66, 238</sup>, planctónica<sup>15, 45, 60, 62, 79, 81, 85, 97, 107, 132, 135, 140, 144, 228, 238</sup>.

***Tetrademus incrassatulus*** (Bohlin) Wynne (lámina 10, figura e)

Sinónimo: *Scenedesmus incrassatulus* Bohlin

**Descripción:** Cenobios aplanados de 4 células alternadas, cubiertas de mucilago incoloro. Las células son fusiformes, 11.8-13.2 µm longitud, y 4.6-5.2 µm de ancho. Con un cloroplasto parietal y un pirenoide.

**Ejemplares examinados:** TabCen050 (B).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, Rumania<sup>97, 100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Suecia<sup>97</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, India<sup>97, 100</sup>, Israel<sup>100</sup>, Japón<sup>97</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: Sudáfrica<sup>97</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>99, 100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. América: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>48, 100, 107, 177</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>. México: Estado de México (laguna de Victoria<sup>1</sup>), Jalisco<sup>238</sup>, Michoacán<sup>238</sup>, Morelos<sup>238</sup>, Oaxaca<sup>238</sup>, Tabasco<sup>238</sup>, Veracruz<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>238</sup>, estanques<sup>97</sup>, lagos<sup>210, 238</sup>, lagunas<sup>1, 97</sup>, reservorios<sup>238</sup>, ríos<sup>210, 238</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> oligotróficos<sup>99, 238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>238</sup>, como estuarios<sup>132</sup>. Perifítica<sup>107, 238</sup>, planctónica<sup>1, 97, 132, 238</sup>.

***Tetrastrum*** Chodat

Individuos coloniales que viven libremente. La colonia es plana y está formada por cuatro células dispuestas de modo para formar un cuadrado, o un rombo, de un meato central. Las células pueden ser elipsoidales, más o menos triangulares o cordiformes y poseen de una a cuatro espinas en la parte libre. Los cloroplastos van de 1 a 4, tienen forma de disco (disciforme), con una localización parietal y puede o no tener un pirenoide más o menos central (Bicudo y Menezes, 2017).

***Tetrastrum heteracanthum*** (Nordstedt) Chodat (lámina 10, figura f)

**Descripción:** Cenobios planos en forma romboidal, conformados por 4 células, dejando un espacio central, con 2 espinas por célula, una es más larga que otra. Las células triangulares, 4.6-5.2  $\mu\text{m}$  de ancho, con un cloroplasto parietal.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A), TabCen050 (A), TabCen052 (A), TabCen079 (A), TabCen080 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>121</sup>, Eslovaquia<sup>26, 100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Serbia<sup>232</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, India<sup>100, 144</sup>, Israel<sup>80</sup>, Japón<sup>100</sup>, Singapur<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>. ÁFRICA: Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>6, 7, 31, 47, 48, 100, 104, 105, 107</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100</sup>. México: Campeche (sistema fluvio-lagunar Palizada<sup>139</sup>), Ciudad de México<sup>238</sup>, Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>, cuenca del Río González<sup>135</sup>), Veracruz (paso del Toro<sup>49</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>238</sup>, estanques<sup>15, 47, 107, 238</sup>, lagos<sup>6, 15, 80, 238</sup>, lagunas<sup>56, 107, 139</sup>, reservorios<sup>104, 107</sup>, ríos<sup>26, 105, 135, 232, 238</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> eutróficos<sup>14, 49, 97, 99, 238</sup> e hipertróficos<sup>104</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>121</sup>. Epifítica<sup>105</sup>, metafítica<sup>105, 238</sup>, planctónica<sup>15, 26, 47, 49, 56, 80, 97, 104, 105, 107, 121, 135, 139, 144, 232, 238</sup>. Aparece siempre en poblaciones con pocos individuos<sup>14</sup>.

**Willea** Schmidle

Cenobios de entre 2-4 células, que se agregan en colonias compuestas de hasta más de 100 células e incluso más, en un solo plano, que se encuentran incrustadas en una envoltura mucilaginosa sin estructura. El cenobio de 4 células posee un espacio rómbico al centro. Las células no vistas desde el plano del cenobio son ovaladas a cilíndricas, 6-15  $\mu\text{m}$  de longitud, y 4-6  $\mu\text{m}$  de diámetro, con extremos ampliamente redondeados. Son uninucleadas, con cloroplastos simples y parietales, con pirenoides que pueden estar presentes o ausentes. Las paredes celulares son lisas. Reproducción asexual por autosporas (Guiry y Guiry, 2020).

**Willea rectangularis** (Braun) John, Wynne & Tsarenko (lámina 10, figura g)

Sinónimo: *Crucigeniella rectangularis* (Nägeli) Komárek

**Descripción:** Cenobios conformados por 4 células, con una abertura central romboidal, unidas en algunas ocasiones con otras colonias, integradas por 16-32 células, que son ovaladas a reniformes, 4.5-5.2 (7.9)  $\mu\text{m}$  de longitud, y 2.6-3.3  $\mu\text{m}$  de ancho, redondeadas en los polos, con cloroplasto parietal y en algunas ocasiones se distingue un pirenoide.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A, C), TabCen050 (A, B), TabCen051 (A), TabCen052 (A, B, C), TabCen078 (A, B), TabCen079 (A), TabCen080 (A), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, República Checa<sup>82</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, India<sup>100, 144</sup>, Israel<sup>80, 100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>97, 100</sup>, Brasil<sup>48, 100, 107, 137</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Chile<sup>93</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>. México: Jalisco<sup>238</sup>, Michoacán<sup>238</sup>, Morelos<sup>238</sup>, Tabasco<sup>238</sup>, Yucatán<sup>102</sup>, Zacatecas<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Estanques<sup>15, 82, 238</sup>, humedales<sup>137</sup>, lagos<sup>15, 80, 93, 210, 238</sup>, lagunas<sup>93, 107</sup>, reservorios<sup>238</sup>, ríos<sup>15, 82, 93, 210, 238</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> eutróficos<sup>82, 97</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, como estuarios<sup>132</sup> y lagunas costeras<sup>107</sup>. Metafítica<sup>238</sup>, perifítica<sup>107, 238</sup>, planctónica<sup>14, 15, 80, 81, 82, 93, 97, 107, 132, 137, 144, 238</sup>.

**Selenastraceae** (Blackman & Tansley) Fritsch

***Ankistrodesmus*** Corda

Células raramente solitarias, en general reunidas en colonias, en forma de mechones (menos organizados) y en forma de haces flojos (más organizados). Algunas veces inclusive, las células se tuercen espiraladamente una sobre otras para formar un haz. No existe mucilago para mantener las células juntas. Las células pueden ser lunadas, fusiformes, muchas veces más largas que su propio diámetro, pareciendo verdaderas agujas, pueden ser rectas, encurvadas o sigmoides. Con un único cloroplasto parietal en forma de lámina, que puede o no tener pirenoide, por lo que puede variar en su número: uno (más común), varios (raro) (Bicudo y Menezes, 2017).

***Ankistrodesmus fusiformis*** Corda (lámina 10, figura h)

**Descripción:** Colonias conformadas por 4 células dispuestas radialmente, con mucilago hialino rodeándole, con células fusiformes, alargadas, ligeramente curvas, 34.9-35.6 µm de longitud, y 2.6-3.3 µm de ancho, terminando con puntas acuminadas, cruzándose unas sobre otras, con un cloroplasto parietal, sin pirenoides.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A), TabCen050 (A), TabCen052 (C).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>28, 100</sup>, Bulgaria<sup>39</sup>, Eslovaquia<sup>26, 100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>. ASIA: Irak<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>210</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>61, 100, 226</sup>, Brasil<sup>6, 7, 48, 98, 100, 103, 104, 105, 107, 177</sup>, Chile<sup>93</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100</sup>. México: Ciudad de México<sup>238</sup>, Colima<sup>238</sup>, Estado de México<sup>238</sup>, Michoacán<sup>238</sup>, Oaxaca (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Veracruz (lago de Catemaco<sup>30</sup>, lago Majahual<sup>78</sup>, lago Chalchoapan<sup>78</sup>, lago Verde<sup>78</sup>, lago Mogo<sup>78</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>238</sup>, estanques<sup>107</sup>, lagos<sup>6, 28, 30, 78, 210, 238</sup>, lagunas<sup>93, 107</sup>, pozas de turbera (piscinas de turbera)<sup>61</sup>, reservorios<sup>7, 39, 103, 104, 210</sup>, ríos<sup>6, 26, 85, 93, 105, 210, 226, 238</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> oligotróficos<sup>238</sup>, mesotróficos<sup>14, 78, 99, 238</sup>, eutróficos<sup>28, 30, 39, 78, 103</sup>,

<sup>238</sup> e hipertróficos<sup>104</sup>. Metafítica<sup>105, 107</sup>, perifítica<sup>14, 15, 99, 105, 238</sup>, planctónica<sup>14, 15, 26, 28, 30, 39, 78, 81, 85, 93, 97, 98, 99, 103, 104, 105, 107, 226, 238</sup>.

### ***Kirchneriella*** Schmidle

Colonias de vida libre. Las células son de forma lunada, subcilíndrica o fusiforme, rectas o irregularmente torcidas, distribuyéndose en grupos más o menos regulares de cuatro células en el interior de abundante mucilago que es homogéneo, formando colonias esféricas o elipsoidales. Un único cloroplasto por célula, parietal que casi llena en su totalidad el interior de la célula, con un pirenoide central (Bicudo y Menezes, 2017).

### ***Kirchneriella lunaris*** (Kirchner) Möbius (lámina 10, figura i)

**Descripción:** Colonias rodeadas con mucilago hialino común, en donde las células se distribuyen irregularmente, o se les encuentra juntas, de 4-12 células arqueadas en forma de media luna, 6.6-8.5 µm de longitud, y 5.9-7.9 µm de diámetro, con polos atenuados y puntiagudos, con un cloroplasto parietal y un pirenoide.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, India<sup>62, 100</sup>, Singapore<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>210</sup>. ÁFRICA: Sudán<sup>100</sup>, Zimbawe<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>13, 100</sup>, Brasil<sup>6, 7, 48, 100, 106, 107, 137, 177</sup>, Chile<sup>9, 93</sup>, Colombia<sup>242</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>. México: Ciudad de México (lago de Chapultepec<sup>1</sup>, lago de Xochimilco<sup>1, 60</sup>), Estado de México<sup>238</sup>, Jalisco<sup>238</sup>, Michoacán<sup>238</sup>, Morelos<sup>238</sup>, Oaxaca (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>, cuenca del Río González<sup>135</sup>), Veracruz (paso del Toro<sup>49</sup>).

**Ambientes y formas de vida:** Arroyuelos<sup>13</sup>, canales<sup>56, 60</sup>, estanques<sup>15, 49, 97, 210, 238</sup>, humedales<sup>137, 238</sup>, lagos<sup>1, 15, 106, 238</sup>, lagunas<sup>107, 135</sup>, reservorios<sup>107, 238</sup>, ríos<sup>6, 85, 93, 135, 210, 238</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> mesotróficos<sup>14, 49, 97, 99, 238</sup>, eutróficos<sup>14, 49, 97, 99</sup> e hipertróficos<sup>238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>238</sup>, como estuarios<sup>132</sup>. Metafítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>1, 14, 15, 49, 56, 60, 62, 81, 85, 93, 97, 106, 107, 132, 135, 137, 238, 242</sup>.

***Raphidocelis*** Hindák

Individuos unicelulares solitarios o formando pequeñas colonias, más siempre de vida libre. Las colonias pueden aparecer envueltas por una cubierta de mucilago. Las células son lunadas, tienen los ápices puntiagudos y pueden ser más o menos torcidas de modo que los ápices parecen en un mismo plano o en diferentes planos. La pared celular varía en cuánto al color, desde hialina hasta castaña, cubierta por diminutos gránulos distribuidos más o menos uniformemente sobre la superficie. El cloroplasto es de forma laminar, parietal y carece de pirenoide (Bicudo y Menezes, 2017).

***Raphidocelis arcuata*** (Smith) Marvan, Komárek & Comas (lámina 11, figura a)

Sinónimo: *Kirchneriella arcuata* Smith

**Descripción:** Colonias cubierta de mucilago delicuescente, compuestas por 4-8 células semilunadas, 9.9-10.5  $\mu\text{m}$  de longitud, y 3.9-4.6  $\mu\text{m}$  de ancho, con los polos redondeados, atenuados, sin un ordenamiento específico, con cloroplastos parietales sin pirenoides.

**Ejemplares examinados:** TabCen052 (A).

**Distribución:** EUROPA: Eslovaquia<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Estados Unidos<sup>100</sup>. México: Ciudad de México<sup>238</sup>, Veracruz (paso del Toro<sup>49</sup>, la Piedra<sup>49</sup>).

**Ambientes y formas de vida:** Humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>49, 97</sup>. En ambientes epicontinentales oligotróficos<sup>49</sup> y eutróficos<sup>238</sup>. Metafítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>49, 97, 238</sup>.

**TREBOUXIOPHYCEAE** Friedl

**CHLORELLALES** Bold & Wynne

**Chlorellaceae** Brunthaler

***Actinastrum*** Lagerheim

Individuos coloniales de vida libre. La colonia se forma por ocho células (raro 4 o 16) que irradian de un centro común en direcciones diferentes, en donde se confieren a la forma aproximada de una estrella. Las células son cilíndricas, cuneiformes o clavadas. Un único

cloroplasto por célula en forma de lámina, que se encuentra parietalmente, con un pirenóide basal (Bicudo y Menezes, 2017).

***Actinastrum hantzschii*** Lagerheim (lámina 11, figura b)

**Descripción:** Cenobios en forma de estrella, conformados por 8 células cilíndricas, fusiformes, unidas al centro por uno de sus extremos, en estos puntos de unión las células están levemente aplanadas. Las células son cónicas, rectas, fusiformes, estrechándose gradualmente en dirección al ápice, donde los polos son aguzado-redondeados, 17.8-23.1  $\mu\text{m}$  de longitud, y 3.3-3.9  $\mu\text{m}$  de ancho. Con un cloroplasto parietal y un pirenóide.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A), TabCen050 (A), TabCen077 (A), TabCen078 (A), TabCen079 (A), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>28, 100</sup>, Bulgaria<sup>39</sup>, Eslovaquia<sup>16, 19, 26, 100</sup>, España<sup>83, 100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81</sup>, República Checa<sup>26, 82, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Turquía<sup>79, 100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Corea<sup>100, 101</sup>, India<sup>100</sup>, Israel<sup>80, 100</sup>, Irak<sup>100</sup>, Japón<sup>100</sup>, Singapur<sup>100</sup>, Taiwán<sup>100</sup>, Tajikistán<sup>210</sup>. ÁFRICA: Egipto<sup>100</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>6, 7, 31, 96, 100, 103, 137, 177</sup>, Chile<sup>93</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>, Perú<sup>84</sup>, Uruguay<sup>59, 65</sup>. México: Ciudad de México (canales de Xochimilco<sup>60</sup>), Campeche<sup>238</sup>, Estado de México<sup>238</sup>, Hidalgo<sup>238</sup>, Michoacán<sup>238</sup>, Morelos (lagunas de Zempoala<sup>87</sup>), Oaxaca (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>, cuenca del río González<sup>135</sup>), Yucatán<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>56, 60, 83</sup>, estanques<sup>15, 19, 82, 96, 238</sup>, humedales<sup>137, 238</sup>, lagos<sup>15, 16, 28, 79, 80, 93, 97, 101, 210, 238</sup>, lagunas<sup>83, 84, 87</sup>, reservorios<sup>39, 65, 101, 210</sup>, reservorios<sup>238</sup>, ríos<sup>6, 26, 59, 82, 85, 93, 97, 101, 135, 210, 232, 238</sup>, zanjas<sup>15</sup>. En ambientes epicontinentales mesotróficos<sup>59</sup>, eutróficos<sup>14, 15, 19, 28, 39, 59, 79, 82, 96, 99, 103, 238</sup> e hipertróficos<sup>83, 238</sup>. En ambientes mesosapróbicos<sup>14, 99, 238</sup> así como en lagunas de oxidación con residuales porcinos o de albañal<sup>14, 99</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, como estuarios<sup>132</sup> y lagunas costeras<sup>238</sup>. Bentónica<sup>238</sup>, metafítica<sup>238</sup>, perifítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>16, 26, 28, 39, 56, 59, 60, 65, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 87, 93, 97, 101, 103, 132, 135, 137, 232, 238</sup>. Rara vez dominante<sup>15</sup>.

***Hindakia*** Bock, Proschold & Krienitz

Colonias planctónicas compuestas por células ovaladas a ampliamente elipsoidales, 4-64, unidas a los restos de la pared materna por sus extremos. Las células son uninucleadas, con un solo cloroplasto poculiforme, con un solo pirenoide, cubierto con almidón. Se propagan por autoesporulación (2 o 4 autosporas por célula madre), reproducción sexual no observada (Bock *et al.*, 2010).

***Hindakia tetrachotoma*** (Printz) Bock, Pröschild & Krienitz (lámina 11, figura c)

Sinónimo: *Dictyosphaerium tetrachotomum* Printz

**Descripción:** Colonias que se encuentran dentro de un sistema ramificado que irradia de un centro común, compuesto por hilos de mucilago que se encuentran insertos en la porción basal de las células que son elipsoidales, con un cloroplasto poculiforme y un pirenoide, presentando de 3.9-5.2 µm de longitud, y 2.6-3.3 µm de ancho.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (C), TabCen052 (A), TabCen077 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>19, 26, 100</sup>, España<sup>83, 100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>26, 82, 100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100, 133</sup>, India<sup>100</sup>, Israel<sup>80</sup>, Tajikistan<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Estados Unidos<sup>132</sup>, Brasil<sup>6, 7, 48, 97, 100, 106, 107, 108, 177</sup>, Cuba<sup>14, 97, 99, 100</sup>, México: Ciudad de México (parque ecológico Xochimilco<sup>140</sup>), Michoacán<sup>238</sup>, Tabasco<sup>238</sup>, Veracruz<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>238</sup>, canales<sup>83</sup>, estanques<sup>19, 82, 107, 140</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>6, 80, 106, 238</sup>, lagunas<sup>83</sup>, ríos<sup>26, 82, 232</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> oligotróficos<sup>97</sup>, eutróficos<sup>19, 82, 97, 99, 238</sup> e hipertróficos<sup>83</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, como estuarios<sup>132</sup>. Asociada con objetos sumergidos<sup>15</sup>, con bromelias (fitotélmica)<sup>107</sup>, metafítica<sup>107, 238</sup>, perifítica<sup>107, 238</sup>, planctónica<sup>15, 19, 26, 80, 82, 97, 99, 106, 107, 108, 132, 133, 140, 232, 238</sup>.

***Mucidosphaerium*** Bock, Proschold & Krienitz

Individuos coloniales de vida libre. Las colonias son envueltas por mucilago, conformadas por 4, 8 o hasta 64 células, que permanecen ligadas a los restos de pared celular materna después de la ruptura, debido al proceso de autoesporulación. Las células son esféricas y ligadas entre sí por finos hilos mucilaginosos, pero también pueden ser solitarias (cuándo se encuentran en cultivo). Un único cloroplasto único, parietal y poculiforme, con un pirenoide revestido por vaina de almidón (Bicudo y Menezes, 2017).

***Mucidosphaerium pulchellum*** (Wood) Bock, Proschold & Krienitz (lámina 11, figura d)

Sinónimo: *Dictyosphaerium pulchellum* Wood

**Descripción:** Colonias que se encuentran dentro de un sistema ramificado que irradia de un centro común, compuesto por hilos de mucilago que se encuentran insertos en la porción basal de las células, y generalmente se forman grupos de cuatro. Las células esféricas, (3.3) 4.6-5.2 (6.6)  $\mu\text{m}$  de diámetro, con un cloroplasto poculiforme y un pirenoide.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A), TabCen050 (A), TabCen051 (A), TabCen052 (A, B), TabCen077 (A, B, C), TabCen078 (A), TabCen079 (A), TabCen080 (A, B), TabCen081 (A).

**Distribución:** EUROPA: Bulgaria<sup>39, 121</sup>, Eslovaquia<sup>26, 100</sup>, España<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, Polonia<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Turquía<sup>79, 100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100, 133</sup>, China<sup>100, 228</sup>, Corea<sup>100</sup>, India<sup>100, 144</sup>, Irán<sup>100</sup>, Israel<sup>80, 100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>210</sup>. ÁFRICA: Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>61, 100</sup>, Brasil<sup>6, 7, 31, 48, 100, 104, 106, 107, 137, 177</sup>, Chile<sup>93</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132</sup>, Hawai<sup>100</sup>, Uruguay<sup>59, 65</sup>. México: Campeche (sistema fluvio-lagunar Palizada<sup>139</sup>), Ciudad de México (canales de Xochimilco<sup>60, 140</sup>, laguna la Virgen<sup>140</sup>, canal El Japón<sup>140</sup>), Colima<sup>238</sup>, Estado de México (laguna de Victoria<sup>1, 2</sup>), Hidalgo<sup>238</sup>, Jalisco<sup>238</sup>, Michoacán<sup>238</sup>, Morelos (lagunas de Zempoala<sup>87</sup>), Tabasco (sistema lagunar Chaschoc<sup>56</sup>), Veracruz (paso del Toro<sup>49</sup>, la Piedra<sup>49</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>238</sup>, canales<sup>60, 106, 140</sup>, cenotes<sup>238</sup>, estanques<sup>15, 97, 210, 238</sup>, humedales<sup>137, 238</sup>, lagos<sup>6, 15, 79, 80, 93, 106, 210, 228, 238</sup>, lagunas<sup>1, 2, 56, 87, 93, 107, 139, 140</sup>, pozas de turbera (piscinas de turbera)<sup>61, 238</sup>, reservorios<sup>39, 65, 104, 107, 210, 238</sup>, ríos<sup>6, 26, 56, 59, 93, 210, 238</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> oligotróficos<sup>49, 97, 99, 238</sup>, mesotróficos<sup>59, 97, 99, 238</sup>, eutróficos<sup>39, 59, 79, 238</sup> e hipertróficos<sup>104</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>121</sup>, como estuarios<sup>132</sup>. Epilítica<sup>238</sup>, perifítica<sup>15, 49, 107, 238</sup>, planctónica<sup>1, 2, 6, 15, 26, 39, 49, 56, 59, 60, 65, 79, 80, 81, 87, 93, 97, 99, 104, 106, 107, 121, 132, 133, 137, 139, 140, 144, 228, 238</sup>.

### **Oocystaceae** Bohlin

#### **Oocystis** Nägeli ex Braun

Colonias de vida libre, constituidas por 2 a 16 células envueltas en restos de paredes de las células madre, que pueden persistir por dos y hasta tres generaciones. Los remanentes de las paredes de la célula madre pueden aumentar su volumen ganando la apariencia de una cubierta mucilaginosa. Las células aparecen raramente aisladas, pudiendo ser elipsoidales, ovoides o, más comúnmente, citroniformes, que poseen una pared celular más o menos fina y, frecuentemente, engrosada en ambos polos. Pueden existir de 1 a varios cloroplastos por célula, de posición parietal y formas variadas (discoide, laminar, lobado) y que pueden o no, tener un pirenoide (Bicudo y Menezes, 2017).

#### **Oocystis lacustris** Chodat (lámina 11, figura e)

**Descripción:** Colonias conformadas por 2-8 células dispuestas de manera irregular en una matriz mucilaginosa proveniente de los restos de las paredes maternas. Las células son elipsoidales, de (7.9) 8.5-9.2 (10.5)  $\mu\text{m}$  de longitud, y (5.2) 5.9-7.2  $\mu\text{m}$  ancho, con polos muy agudos. Presentan de 1-4 cloroplastos parietales, con un pirenoide por plasto.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A, C), TabCen051 (A), TabCen052 (A), TabCen077 (A, B), TabCen079 (A).

**Distribución:** EUROPA: Bulgaria<sup>39</sup>, Eslovaquia<sup>19, 26, 100</sup>, España<sup>27, 100</sup>, Francia<sup>55</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>81, 100</sup>, República Checa<sup>26, 82</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>220</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Turquía<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100</sup>, India<sup>100</sup>, Irán<sup>100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Islas Azores<sup>100</sup>, Israel<sup>80</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: Kenia<sup>45</sup>,

Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>13, 61, 100</sup>, Brasil<sup>6, 7, 31, 48, 100, 104, 107, 177</sup>, Chile<sup>93</sup>, Cuba<sup>14, 99, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100</sup>, Uruguay<sup>59</sup>. México: Campeche (sistema fluviolagunar Palizada<sup>139</sup>), Ciudad de México<sup>18</sup>, Estado de México (lago el Sol<sup>239</sup>), Colima<sup>238</sup>, Hidalgo<sup>238</sup>, Jalisco<sup>238</sup>, Michoacán<sup>18</sup> (lago de Pátzcuaro<sup>1, 2</sup>), Puebla<sup>18</sup> (laguna de San Felipe<sup>1, 2</sup>), Quintana Roo<sup>18</sup>, Veracruz (paso del Toro<sup>49</sup>, la Piedra<sup>49</sup>).

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>238</sup>, estanques<sup>19, 82, 97, 107, 210</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>1, 2, 15, 45, 55, 80, 93, 97, 210, 238, 239</sup>, lagunas<sup>1, 2, 18, 93, 107, 139</sup>, pozas de turbera (piscinas de turbera)<sup>61</sup>, reservorios<sup>39, 97, 104, 107, 210, 238</sup>, ríos<sup>26, 27, 59, 82, 210, 232, 238</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> oligotróficos<sup>49, 97, 238, 239</sup>, mesotróficos<sup>15, 55, 59, 97, 100</sup>, eutróficos<sup>14, 19, 27, 39, 45, 55, 59, 82, 97, 99, 238</sup> e hipertróficos<sup>104</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>97</sup>, como lagunas costeras<sup>238</sup>. Bentónica<sup>238</sup>, edáfica<sup>238</sup>, metafítica<sup>99, 238</sup>, perifítica<sup>220, 238</sup>, planctónica<sup>1, 2, 14, 15, 18, 19, 26, 39, 45, 49, 55, 59, 80, 81, 82, 93, 99, 100, 104, 107, 139, 232, 238, 239</sup>.

### ***Tetrachlorella*** Korshikov

Individuos coloniales de vida libre. La colonia está formada por cuatro células dispuestas en un solo plano y envueltas por abundante mucilago. Las células son elipsoidales y distribuyéndose en dos pares, cuyos ejes longitudinales son paralelos entre sí, sin embargo, también hay diferentes en dos pares. Existen dos cloroplastos laminares parietales por célula, cada una con un pirenoide excéntrico (Bicudo y Menezes, 2017).

### ***Tetrachlorella alternans*** (Smith) Korshikov (lámina 11, figura f)

**Descripción:** Colonias conformadas generalmente por 4 células elipsoidales envueltas en mucilago muy evidente, dispuestas en pares alternadamente, con ejes longitudinales paralelos entre sí. Las células miden (7.2) 7.9-9.2 (10.5)  $\mu\text{m}$  de longitud, y (3.9) 5.2-6.6  $\mu\text{m}$  de ancho, de color verde brillante. Cuentan con un cloroplasto parietal y un pirenoide.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A), TabCen050 (A), TabCen051 (A), TabCen077 (A), TabCen078 (A), TabCen080 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>26, 100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 19, 26, 100</sup>, España<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>26, 100</sup>,

Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, India<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>7</sup>, México: Ciudad de México (parque ecológico Xochimilco<sup>140</sup>), Jalisco<sup>238</sup>, Veracruz (paso del Toro<sup>49</sup>, Cerro Gordo<sup>49</sup>), Yucatán<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>140</sup>, cenotes<sup>238</sup>, estanques<sup>19</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>15</sup>,<sup>16</sup>, reservorios<sup>15</sup>,<sup>238</sup>, ríos<sup>26</sup>, con tendencia eutrófica<sup>16</sup>,<sup>97</sup>,<sup>238</sup>. Asociada con superficies sumergidas<sup>15</sup>, planctónica<sup>7</sup>,<sup>15</sup>,<sup>16</sup>,<sup>19</sup>,<sup>26</sup>,<sup>49</sup>,<sup>97</sup>,<sup>140</sup>,<sup>238</sup>.

**CHAROPHYTA** Migula

**ZYGNEMATOPHYCEAE** Hoek, Mann & Jahns

**DESMIDIALES** Krieger

**Closteriaceae** Bessey

***Closterium*** Nitzsch ex Ralfs

Es un género que puede presentar células enteramente curvadas (lunadas), arqueadas apenas en los ápices (semilunadas) o enteramente rectas (elípticas o fusiformes) que en general, son varias veces más largas que anchas. Presenta dos márgenes, uno dorsal (externo) que es siempre convexo, y uno ventral (interno) que puede ser recto, cóncavo, ligeramente convexo, hasta inflado en la región media. En algunos casos, ambos márgenes son casi paralelos entre sí. Los polos celulares varían entre redondeados, obtusos, cónicos, acuminados y casi capitados. Puede o no existir un engrosamiento polar y, algunas veces, se producen dos, uno ocurre en el margen dorsal y otro en el margen ventral. La pared celular generalmente es incolora, aunque por el paso del tiempo, puede impregnarse de sales de hierro que se encuentran en el ambiente. Puede ser lisa, cubierta de poros (a veces más denso en la porción apical de la célula), estriada (pueden ser continuas o interrumpidas para hacer una línea de puntos entre dos estrías). Presentan un único cloroplasto por semicélula, ocupando una posición axial y teniendo una forma laminar o esteloide. Además de poseer pirenoides, de entre 1 a 10, que pueden estar arreglados en una serie longitudinal, o estar esparcidos de manera abundante en el cloroplasto. Y presentan una vacuola terminal con uno o varios corpúsculos trepidantes por semicélula (Bicudo y Menezes, 2017).

***Closterium acutum*** Brébisson (lámina 12, figura a)

**Descripción:** Células curvadas muy estrechas, de 91.3-99.6 µm de longitud, y 3.3-4.9 µm de ancho, 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.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen051 (A, B), TabCen052 (A), TabCen077 (A), TabCen079 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Austria<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>39</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 26, 100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Italia<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Serbia<sup>232</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>79, 100</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: Japón<sup>100</sup>, India<sup>100</sup>, Iraq<sup>100</sup>, Israel<sup>80</sup>, Paquistán<sup>100</sup>, Tailandia<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>210</sup>. ÁFRICA: África del sur<sup>115</sup>, Ghana<sup>100</sup>, Madagascar<sup>195</sup>, Namibia<sup>198</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>61, 100, 226</sup>, Bolivia<sup>100</sup>, Brasil<sup>6, 48, 100, 177</sup>, Canadá<sup>100, 203</sup>, Chile<sup>9</sup>, Colombia<sup>53</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 207</sup>, Perú<sup>84</sup>, Uruguay<sup>59, 65</sup>. México: Ciudad de México (canales de Atlapulco<sup>60</sup>, Xochimilco<sup>60</sup>, lago de Chapultepec<sup>1</sup>), Estado de México (lago de Texcoco<sup>1</sup>), Jalisco<sup>238</sup>, Morelos (lagunas de Zempoala<sup>87</sup>), Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>60, 238</sup>, estanques<sup>238</sup>, lagos<sup>1, 15, 16, 79, 80, 115, 203, 238</sup>, lagunas<sup>53, 84, 87</sup>, pozas de turbera<sup>61</sup>, reservorios<sup>39, 65, 238</sup>, ríos<sup>26, 115, 210, 226, 232</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup> mesotróficos<sup>59</sup> y eutróficos<sup>39, 59, 79</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, como estuarios<sup>132</sup>. Bentónica<sup>238</sup>, epilítica<sup>115</sup>, epipélica<sup>238</sup>, metafítica<sup>238</sup>, planctónica<sup>1, 9, 15, 26, 39, 53, 59, 60, 65, 79, 80, 84, 87, 115, 132, 195, 203, 226, 232, 238</sup>.

***Closterium venus*** Kützing ex Ralfs (lámina 12, figura b)

**Descripción:** Células curvadas, de 46.4-59.7 µm de longitud, y 6.6-9.9 µm de ancho, 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.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A, C), TabCen049 (A, B).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Austria<sup>100</sup>, Escandinavia<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>16, 100</sup>, Eslovenia<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Italia<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rusia<sup>100, 118</sup>, Turquía<sup>100</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100</sup>, Corea<sup>100</sup>, Japón<sup>100</sup>, India<sup>100, 163</sup>, Tailandia<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: África del sur<sup>115</sup>, Ghana<sup>100</sup>, Zimbabwe<sup>100</sup>, Zaire<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100, 162</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>6, 100, 137, 177, 194</sup>, Canadá<sup>100, 203</sup>, Colombia<sup>53</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 207</sup>, Hawaii<sup>100</sup>, Perú<sup>84</sup>. México: Estado de México<sup>238</sup>, Jalisco<sup>238</sup>, Michoacán<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyos<sup>238</sup>, charcos<sup>194, 238</sup>, estanques<sup>115, 194, 238</sup>, humedales<sup>137</sup>, lagos<sup>15, 16, 115, 203, 238</sup>, lagunas<sup>14, 53, 84</sup>, pantanos<sup>115</sup>, reservorios<sup>115, 210, 238</sup>, ríos<sup>210</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, como lagunas costeras<sup>238</sup>. Bentónica<sup>238</sup>, epifítica<sup>137, 162, 238</sup>, metafítica<sup>238</sup>, perifítica<sup>15, 115, 238</sup>, planctónica<sup>14, 15, 16, 53, 84, 137, 203, 238</sup>.

### **Desmidiaceae Ralfs**

#### ***Cosmarium* Nitzsch ex Ralfs**

Células en general solitarias, raramente formando filamentos cortos y efímeros, de vida libre, en la mayoría de las ocasiones, más largas que anchas, desde muy poco, a muy profundamente constreñidas en la parte media (seno), variando de una depresión rasa a ampliamente abierta hasta una grieta lineal y cerrada. La sección transversal de la célula puede ser elíptica, oblonga o reniforme, e incluso circular (raramente). Los márgenes laterales de las semicélulas pueden ser lisas o regularmente onduladas, granuladas, dentadas, en forma de sierras o poseer incisiones bajas. La forma de las semicélulas varía de casi esféricas a la subpiramidadas o casi cónicas. La pared celular puede ser lisa y nítidamente con poros, granulada, escrobiculada, o poseer dentículos más o menos cónicos, así como diferentes combinaciones de esos elementos. También pueden presentar poros que secretan mucilago en lugares muy particulares, según las especies. En algunos casos, las semicélulas pueden estar embebidas en una vaina evidente de mucilago. Poseen uno o dos cloroplastos axiales por semicélula, y en algunos casos, hasta ocho cloroplastos parietales en cada semicélula. Presentan uno o dos pirenoides

(raramente más de 2) localizados más o menos en el centro de cada plasto (Bicudo y Menezes, 2017).

***Cosmarium bipunctatum*** Børgesen (lámina 12, figura c)

**Descripción:** Células de 16.5-19.8  $\mu\text{m}$  de longitud, 15.1-18.4  $\mu\text{m}$  de ancho, y una constricción pronunciada en la parte media de 5.2-6.6  $\mu\text{m}$ , con seno linear. Semicélulas reniformes a ligeramente trapezoidales, con márgenes laterales convexos y márgenes apicales truncados, con un cloroplasto central y un pirenoide.

**Ejemplares examinados:** TabCen049 (A), TabCen050 (A), TabCen077 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Bulgaria<sup>100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, Rusia<sup>100</sup>, Serbia<sup>100</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: China<sup>100</sup>, Japón<sup>100</sup>, India<sup>100</sup>, <sup>163</sup>, Tajikistan<sup>100</sup>. ÁFRICA: Ghana<sup>100</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Brasil<sup>100, 167, 177, 193</sup>, Canadá<sup>100</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Arroyo<sup>167</sup>. Perifítica<sup>167</sup>.

***Sphaeroszoma*** Corda ex Ralfs

Células tan largas como anchas (algunas veces más anchas), profundamente constreñidas, en la parte media, cuyo seno mediano es más o menos lineal o abierto para formar un ángulo agudo. Lasemicélulas pueden ser elípticas, oblongas o más o menos rectangulares en vista frontal, y poseen un par de procesos cortos, más largos y bastoniformes o más o menos cónicos, en cualquier caso, situados en el borde apical de cada semicélula, justo debajo del margen, de forma oblicua, uno volteado hacia la cara anterior y el otro, hacia la cara posterior de la semicélula. La vista apical de la célula es más o menos elíptica (2-angular). Los procesos de dos semicélulas vecinas se yuxtaponen íntimamente, permitiendo la formación de colonias filamentosas con hasta una decena, o poco más, de semicélulas. Los filamentos pueden ser torcidos en hélice y frecuentemente aparecen envueltos por un evidente mucilago. La pared celular puede ser lisa o tener dos o más series completas o incompletas de poros, a través de las cuales extravasa mucilago. Esta pequeña fuga de mucilago da a los poros la falsa apariencia de

gránulos. Presentan un cloroplasto axial por semicélula, que tiene la forma más o menos de la semicélula y posee un pirenoide central (Bicudo y Menezes, 2017).

***Sphaerosoma laeve*** (Nordstedt) Thomasson (lámina 12, figura d)

Sinónimo: *Onychonema laeve* Nordstedt

**Descripción:** Filamentos con paredes celulares lisas, rectos a retorcidos, envueltos por mucilago. Semicélulas oblongas de 8-12, de 13.8-16.5  $\mu\text{m}$  de longitud, 19.8-22.4  $\mu\text{m}$  de ancho, con una constricción mediana pronunciada de 1.9-2.6  $\mu\text{m}$  de ancho, con seno abierto. Poseen márgenes superiores truncados, con dos procesos uniendo las semicélulas, y márgenes laterales con una espina, convergente. Con un cloroplasto axial.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A), TabCen077 (B).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>100</sup>, Francia<sup>100</sup>, Gran Bretaña<sup>100</sup>, Italia<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100, 119</sup>, China<sup>100</sup>, Japón<sup>100</sup>, India<sup>100</sup>, Tailandia<sup>100</sup>. ÁFRICA: África del sur<sup>115</sup>, Nigeria<sup>200</sup>, Sudán<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda. AMÉRICA: Argentina<sup>226</sup>, Brasil<sup>6, 100, 137, 177, 205</sup>, Canadá<sup>100, 203</sup>, Chile<sup>9</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100</sup>. México: Estado de México (Laguna de Victoria<sup>1</sup>), Michoacán<sup>238</sup>, Oaxaca<sup>238</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Canales<sup>14</sup>, charcos<sup>14, 115, 238</sup>, estanques<sup>119</sup>, humedales<sup>137</sup>, lagos<sup>119, 203, 238</sup>, lagunas<sup>14</sup>, reservorios<sup>205, 238</sup>, ríos<sup>119, 226</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres, como estuarios<sup>200</sup>. Perifítica<sup>205, 238</sup>, planctónica<sup>1, 9, 14, 137, 203, 226, 238</sup>.

### ***Staurastrum*** Meyen ex Ralfs

Las células son solitarias, de vida libre, varían mucho de tamaño, sin embargo, son generalmente más anchas que largas, sin contar los procesos angulares con los que cuentan. Las células poseen, además, simetría vertical radial y una constricción mediana que varía, en cuanto a la profundidad, desde bastante rasa, apareciendo casi con una indentación, hasta bastante profunda, pero siempre abierta. Las semicélulas pueden tener una forma muy variada, pudiendo ser casi circulares, más o menos elípticas, triangulares, trapeziformes, campanuladas, cuyos ángulos pueden ser lisos (destituidos

de ornamentación) o terminados por más de una espina o por procesos huecos, de tamaños variados y decorados con verticilos de gránulos o diminutos denticulos, y terminados por un grupo de dos a cinco espinas. La pared celular puede ser lisa, con puntos, escrobiculada, granulada, verrugosa o cubierta por espinas de varios tipos. Presentan generalmente un cloroplasto axial por semicélula (aunque en algunas especies es parcial o completamente parietal), y posee un par de proyecciones loboides que sigue en el sentido de cada ángulo de las semicélulas. Existe un pirenoide central por cada plastidio (Bicudo y Menezes, 2017).

***Staurastrum tetracerum*** Ralfs ex Ralfs (lámina 12, figura e)

**Descripción:** Células bi o trirradiadas, 7.9-9.9  $\mu\text{m}$  de longitud (sin sus procesos) profundamente constreñidas, senos abiertos en forma de V, istmos 3.3-4.6  $\mu\text{m}$  de ancho. Semicélulas inversamente triangulares, con márgenes inferiores directamente divergentes del seno hacia los ángulos apicales que se extienden formando procesos hacia arriba, los márgenes serrulados, con el margen apical cóncavo. En algunos casos se observa cierto retorcimiento de las semicélulas.

**Ejemplares examinados:** TabCen048 (A), TabCen049 (A), TabCen051 (A), TabCen079 (A).

**Distribución:** EUROPA: Alemania<sup>100</sup>, Austria<sup>100</sup>, Eslovaquia<sup>19, 100</sup>, España<sup>100</sup>, Francia<sup>55, 100</sup>, Gran Bretaña<sup>15, 100</sup>, Hungría<sup>100</sup>, Irlanda<sup>15</sup>, Isla de Man<sup>15</sup>, Islas del Canal<sup>15</sup>, Italia<sup>100</sup>, Países Bajos<sup>100</sup>, Portugal<sup>100</sup>, República Checa<sup>100</sup>, Rumania<sup>100</sup>, Rusia<sup>100, 118</sup>, Serbia<sup>100</sup>, Suecia<sup>100</sup>, Turquía<sup>100</sup>, Ucrania<sup>100</sup>. ASIA: Bangladesh<sup>100</sup>, China<sup>100, 228</sup>, India<sup>62</sup>, Israel<sup>80</sup>, Japón<sup>100</sup>, Taiwan<sup>100</sup>, Tajikistan<sup>100, 210</sup>. ÁFRICA: África del sur<sup>115</sup>, Ghana<sup>100</sup>, Namibia<sup>198</sup>, Sudán<sup>100</sup>, Zaire<sup>100</sup>. OCEANÍA: Australia<sup>100</sup>, Nueva Zelanda<sup>100</sup>. AMÉRICA: Argentina<sup>100</sup>, Brasil<sup>6, 48, 100, 177, 238</sup>, Canadá<sup>100</sup>, Cuba<sup>14, 100</sup>, Estados Unidos<sup>100, 132, 196, 207</sup>. México: Colima<sup>238</sup>, Estado de México<sup>238</sup>, Michoacán<sup>238</sup>, Oaxaca (río Tehuantepec<sup>85</sup>), Tabasco<sup>238</sup>, Veracruz<sup>238</sup>, Yucatán<sup>102</sup>.

**Ambientes y formas de vida:** Charcos<sup>14</sup>, estanques<sup>15, 19</sup>, humedales<sup>238</sup>, lagos<sup>15, 55, 80, 210, 228, 238</sup>, lagunas<sup>14</sup>, reservorios<sup>14, 115, 238</sup>, ríos<sup>85, 115, 210</sup>. En ambientes epicontinentales<sup>48</sup>

mesotróficos<sup>55</sup> y eutróficos<sup>19, 55, 238</sup>. Asimismo, se ha registrado en condiciones salobres<sup>238</sup>, como estuarios<sup>132</sup>. Metafítica<sup>14, 238</sup>, planctónica<sup>14, 15, 19, 55, 62, 80, 85, 132, 228, 238</sup>.

## 8.2. Riqueza y composición taxonómica

Se registraron 68 especies durante las colectas realizadas en noviembre 2016 y febrero 2017, en las lagunas el Viento y San Pedrito (**TABLA 3**), de las cuales, 82.3 % se han registrado en alguna entidad colindante al Golfo de México, y un 55.8 % en el territorio tabasqueño. Las especies registradas por primera vez en la entidad son *Cyanocatena planctonica*, *Synechococcus epigloeicus*, *Woronichinia microcystoides*, *Johanseninema constrictum*, *Phormidium chalybeum*, *Raphidiopsis raciborskii*, *Aulacoseira ambigua*, *A. muzzanensis*, *Gomphonema gracile*, *Eunotia minor*, *Staurosira construens*, *Iconella tenera*, *Desmodesmus granulatus*, *D. lefevrei*, *Scenedesmus ecornis*, *Ankistrodesmus fusiformis*, *Raphidocelis arcuata*, *Oocystis lacustris*, *Tetrachlorella alternans*, *Closterium acutum*, *C. venus* y *Sphaerososma laeve*. Además de cuatro taxa que se registran por primera vez para México: *Coelosphaerium aerugineum*, *Kamptonema cortianum*, *Microcoleus amoenus* y *Cosmarium bipunctatum*.

<b>TABLA 3. Riqueza y composición taxonómica de las algas durante el período de estudio</b>						
<b>Phyllum</b>	<b>Clases</b>	<b>Órdenes</b>	<b>Familias</b>	<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>	<b>%</b>
Cyanoprokaryota	1	4	9	18	22	32.35
Euglenophyceae	1	1	2	3	3	4.4
Bacillariophyta	3	10	12	11	15	22.06
Chlorophyta	2	2	5	18	23	33.82
Charophyta	1	1	2	4	5	7.35
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>54</b>	<b>68</b>	<b>100</b>

Se identificaron algunos ejemplares a nivel genérico, que no se determinaron al nivel de morfoespecie, entre las causas principales se encuentra la abundancia escasa de los ejemplares, además de su estado (fragmentado y/o degradado). Los ejemplares en esta situación corresponden a Cyanoprokaryota (*Anabaenopsis* sp. 1, *Cylindrospermum* sp. 1, *Mycrocystis* sp. 1), Euglenophyceae (*Euglena* sp. 1), Bacillariophyta (*Cocconeis* sp. 1, *Pinnularia* sp. 1, *Punctastriata* sp. 1, *Sellaphora* sp. 1), Dinophyceae (*Peridinium* sp. 1), Xanthophyceae (*Centrtractus* sp. 1) y Chlorophyta (*Eutetramorus* sp. 1, *Sphaerocystis* sp. 1).

La temporada de lluvias de nortes presentó el mayor número de especies registradas en las muestras V049A (38), V048A (19), V050A (19), V049B (11), V049C (10), P051A (14), P052A (14), P052B (5) y P051B (4) (**FIGURA 6**). Mientras que, en la estacionalidad de secas, los registros más altos correspondieron a V077A (24), V078A (17), V077B (6), V079B (6), P080A (5) y P081A (5) (**FIGURA 6**).

### **8.3. Estructura de la comunidad**

#### **Esfuerzo de muestreo**

La curva de acumulación de la riqueza de especies según el estimador Jackknife 1, mostró una tendencia asintótica, manifestando un esfuerzo de muestreo excesivo en las colectas realizadas durante ambas estacionalidades (**FIGURA 7**).

#### **Abundancia relativa por grupo taxonómico**

Durante la estacionalidad de lluvias de nortes, en la laguna el Viento se manifestó una mayor presencia de Cyanoprokaryota (63.23 %), seguido de Chlorophyta (21.72 %) y Bacillariophyta (13.32 %), con menor proporción de Charophyta (0.91 %) y Euglenophyceae (0.80 %). Para secas, la presencia de clorofitas se incrementó (47.81 %), mientras que los otros grupos decrecieron: cianoprocariota (43.81 %), diatomeas (7.14 %), euglénidos (0.71 %) y carófitas (0.52 %) (**FIGURA 8**).

En la laguna de San Pedrito, la abundancia relativa en la época de lluvias de nortes estuvo representada principalmente por Cyanoprokaryota (53.27 %) y Chlorophyta (45.75 %), con una escasa representación de Bacillariophyta (0.59 %), Euglenophyceae (0.29 %) y Charophyta (0.10 %). En secas, la tendencia se mantiene, con las cianoprocaristas (54.31 %) y clorofitas (45.61%), no obstante, con escasa representación de diatomeas (0.08%) y nula presencia de eugléridos y carófitas (**FIGURA 8**).

### Asociación de Olmstead-Tukey

La prueba de asociación de Olmstead-Tukey que integró todas las colectas, categorizó 8 especies como dominantes, 7 constantes, 4 ocasionales y 24 raras (**FIGURA 9**). Las especies dominantes en ambos sistemas acuáticos corresponden a *Aphanocapsa delicatissima*, *Merismopedia glauca*, *M. tenuissima*, *Snowella atomus*, *Gyrosigma acuminatum*, *Monactinus simplex var. simplex*, *Mucidosphaerium pulchellum* y *Willea rectangularis* (**FIGURA 9**). Mientras que las constantes fueron *Cyanocadena planctonica*, *Limnococcus limneticus*, *Synechocystis aquatilis*, *Lepocinclis acus*, *Iconella tenera*, *Crucigenia tetrapedia* y *Scenedesmus quadricauda*. Y las ocasionales, *Phormidium chalybeum*, *Kamptonema cortianum*, *Hindakia tetrachotoma* y *Coelastrum sphaericum* (**ANEXO 4, TABLA 4**).

Con respecto a la laguna el Viento, la prueba categorizó a 6 especies como dominantes, 11 constantes, 4 ocasionales y 22 raras (**ANEXO 4, TABLA 5**). Mientras que, para la laguna de San Pedrito, se categorizaron 7 dominantes, 5 constantes, 1 ocasional y 16 raras (**ANEXO 4, TABLA 6**).

### Índices ecológicos

Se presentó una diversidad baja para ambas lagunas; los valores más altos registrados en la laguna el Viento corresponden a la estacionalidad de secas, en V077A (H':1.13), V078A (H':1.09), V078B (H':0.96) y V077C (H':0.62). Mientras que, en la laguna de San Pedrito, se mostraron durante lluvias de nortes, en P051A (H':0.98), P052A (H':0.93), P052C (H':0.52) y P052B (H':0.50) (**TABLA 7**).

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

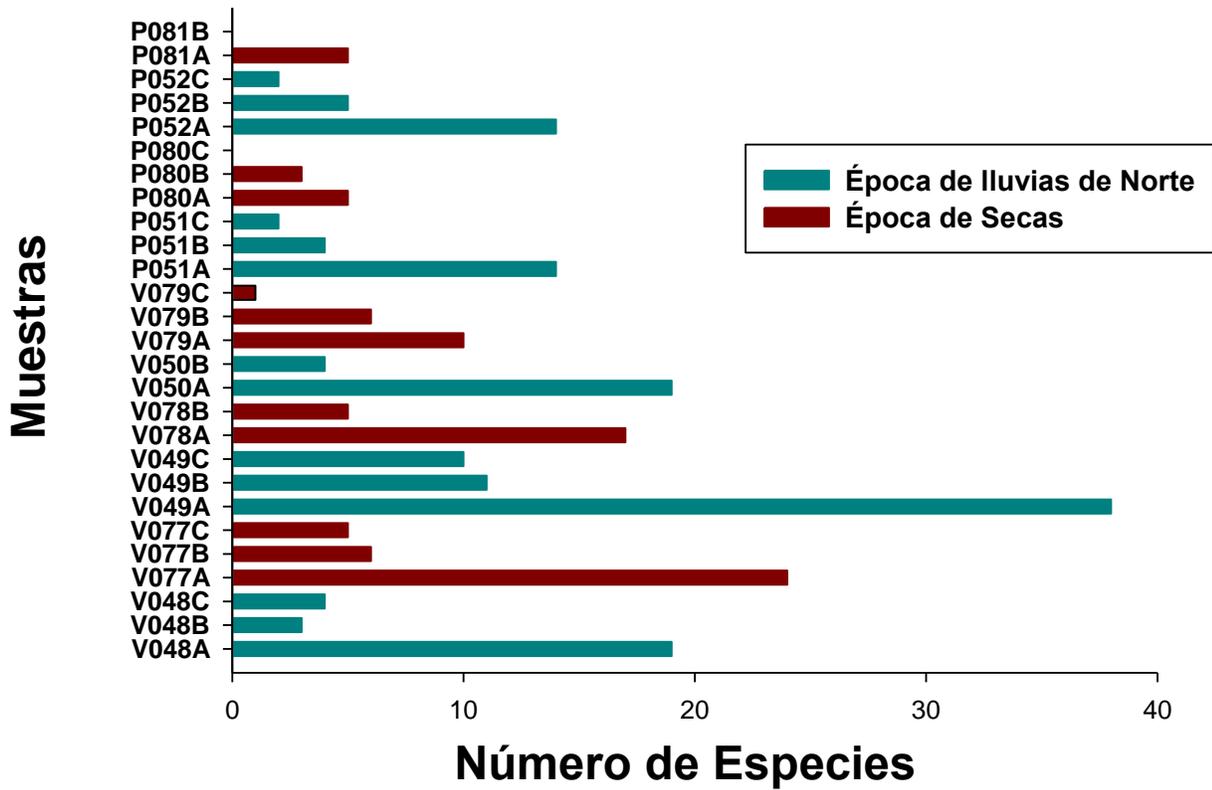


FIGURA 6. Número de especies registradas en las muestras durante ambos muestreos.

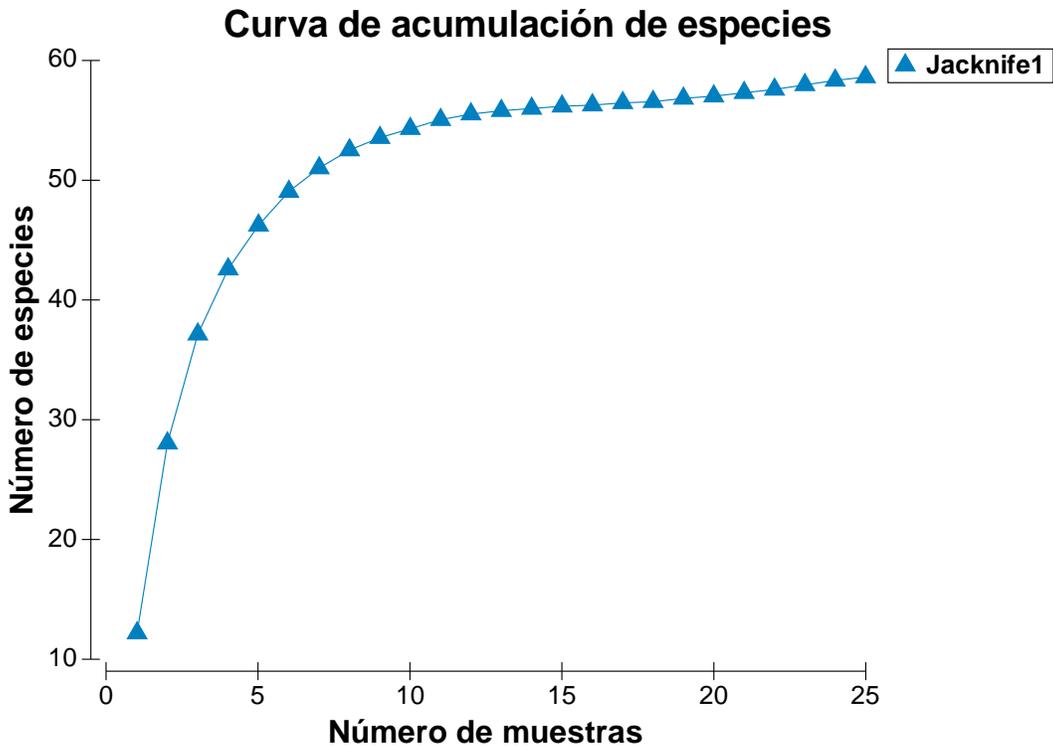


FIGURA 7. Curva de acumulación de especies obtenida por el estimador Jackknife 1.

Durante la estacionalidad de lluvias de norte, la dominancia se manifiesta en las muestras P051B (D:1), P051C (D:1) y V048C (D: 0.60); mientras que la equidad, se expresa en V050B (J: 0.93), P052C (J: 0.86), V050A (J: 0.84) y P052A (J: 0.79) (**TABLA 7**). Con respecto a la temporada de secas, la dominancia registra los valores más altos en V079B (D: 0.43), V079C (D: 0.75); mientras que en V077B (J: 0.86), V078B (J: 0.86), V079A (J: 0.79), V078A (J: 0.78), V077A (J: 0.77), P081A (J: 0.77) se presentan los valores más altos de equitatividad (**TABLA 7**).

#### 8.4. Variables físico-químicas

##### Temperatura

Las temperaturas registradas durante la temporada de secas fueron más elevadas en ambos sistemas acuáticos, presentándose una temperatura promedio de 28.4 °C; en contraste con lluvias de norte, en el Viento (26.4 °C) y San Pedrito (27 °C) (**TABLA 8 y 9**).

Para la laguna el Viento, las temperaturas más elevadas registradas durante ambas estacionalidades, correspondieron a V049A (27.2 °C) y V078A (29.1 °C), colectadas en la zona de muestreo ubicada en la parte opuesta a la entrada del cuerpo de agua, próxima a superficie terrestre. Asimismo, las colectas V050B (26.8 °C) y V079A (29.3 °C) tomadas en la boca de entrada/salida a la laguna, aledaña al río Grijalva (**TABLA 8**). En la laguna de San Pedrito, las temperaturas más altas se presentaron en la zona de muestreo correspondiente a su centro, en ambas estacionalidades: P051A (27.2 °C) y P080A (30.6 °C) (**TABLA 9**).

##### pH

El agua de la laguna de San Pedrito durante ambas temporadas se registró como alcalina (8.1) (**TABLA 9**). Mientras que, en las aguas de la laguna el Viento hay una diferencia estacional, donde en lluvias de nortes se registró como neutra (7.4), mientras que en secas se torna alcalina (8.1) (**TABLA 8**).

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

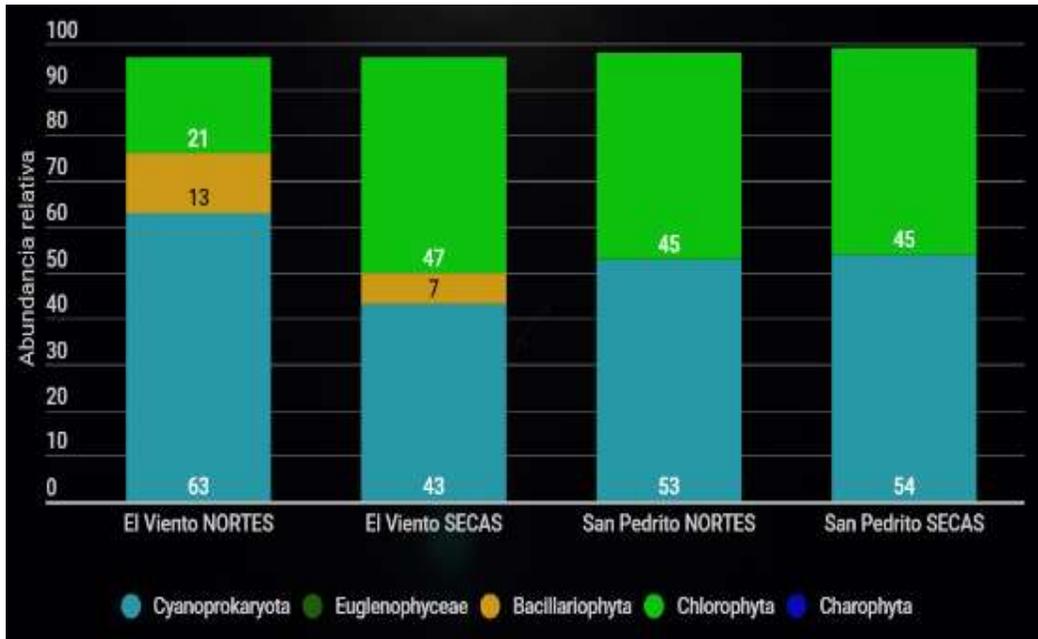


FIGURA 8. Abundancia relativa de grupos algales en las lagunas de estudio durante lluvias de Norte y secas.

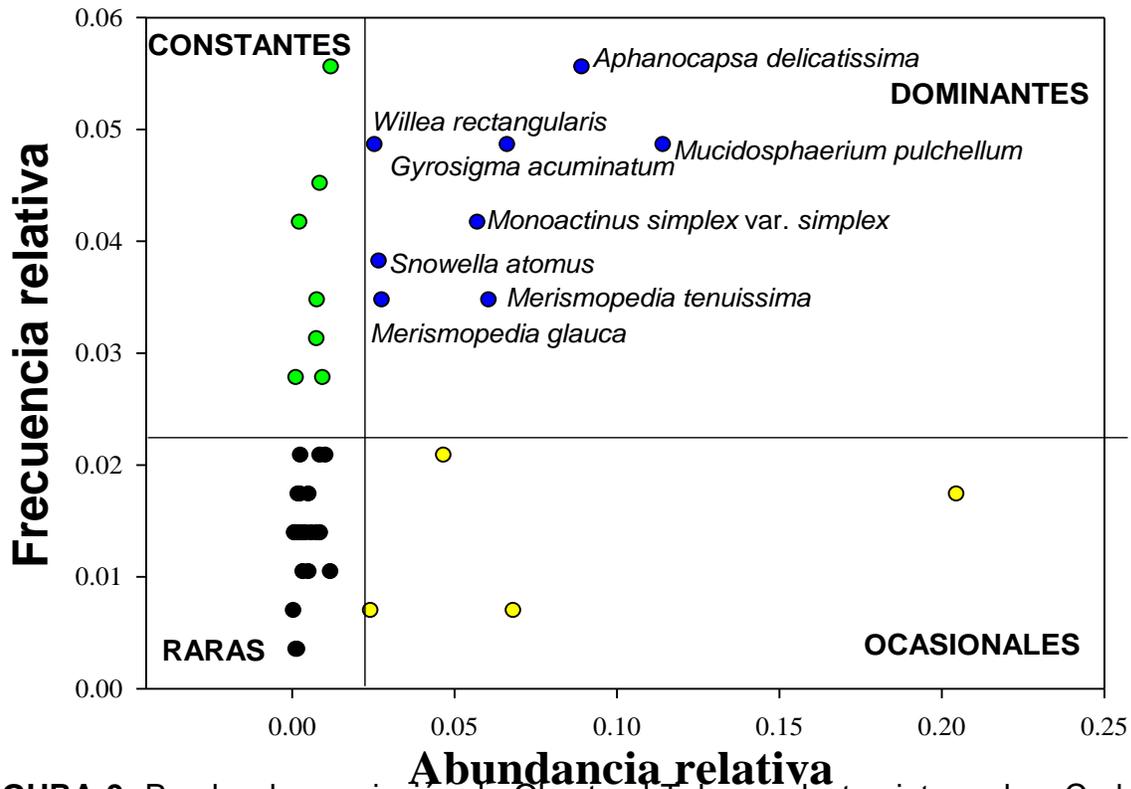


FIGURA 9. Prueba de asociación de Olmstead-Tukey, colectas integradas. Cada color representa cada categoría. Dominantes (AZUL), Constantes (VERDE), ocasionales (AMARILLO) y raras (NEGRO).

**TABLA 7. Análisis de la fracción de fitoplancton >10 micras. Riqueza e índices de diversidad Shannon-Wiener (H'), dominancia de Simpson (D) y equidad de Pielou (J').**

Muestras	Riqueza (S)	Diversidad (H')	Dominancia (D)	Equidad (J')
V048A	27	0.8709	0.2548	0.6084
V048B	3	0.3053	0.6016	0.6398
V048C	7	0.4038	0.5328	0.4778
V049A	35	0.8077	0.3024	0.5231
V049B	12	0.5733	0.3912	0.5312
V049C	5	0.5433	0.3573	0.7773
V050A	10	0.8444	0.1776	0.8444
V050B	4	0.5582	0.2899	0.9271
P051A	19	0.9818	0.1515	0.7678
P051B	1	0	1	****
P051C	1	0	1	****
P052A	15	0.9339	0.1531	0.7941
P052B	6	0.5057	0.4027	0.6499
P052C	4	0.5161	0.3536	0.8572
V077A	30	1.132	0.134	0.7666
V077B	5	0.6006	0.2839	0.8592
V077C	6	0.6251	0.2783	0.8034
V078A	25	1.09	0.1109	0.7801
V078B	13	0.9561	0.138	0.8583
V079A	20	1.024	0.1318	0.7868
V079B	4	0.4667	0.4289	0.7752
V079C	2	0.1781	0.7551	0.5917
P080A	10	0.7421	0.2375	0.7421
P080B	5	0.487	0.393	0.6968
P080C	0	****	****	****
P081A	17	0.9506	0.1434	0.7726
P081B	0	****	****	****

## Conductividad

Los valores más elevados corresponden a la temporada de secas, tanto en el Viento (761  $\mu\text{S/cm}$ ), como en San Pedrito (5615  $\mu\text{S/cm}$ ) (**TABLA 8 y 9**). En el Viento, los valores más altos registrados durante lluvias correspondieron a V050B (423  $\mu\text{S/cm}$ ), punto próximo al río Grijalva; V048B (421  $\mu\text{S/cm}$ ) y V048C (421  $\mu\text{S/cm}$ ), ubicados en el centro de la laguna. Mientras que para secas fueron, V077B (1058  $\mu\text{S/cm}$ ), V077C (889  $\mu\text{S/cm}$ ) y V077A (875  $\mu\text{S/cm}$ ) ubicados en el centro del sistema acuático; seguidos de V079C (716  $\mu\text{S/cm}$ ) y V079A (655  $\mu\text{S/cm}$ ), aledaños al río Grijalva (**TABLA 8**).

La laguna San Pedrito presentó durante lluvias de nortes valores de conductividad entre 453 y 454  $\mu\text{S/cm}$ , en todos los puntos de muestreo; mientras que, en secas, los valores se incrementaron considerablemente, oscilando entre 5259 hasta 5735  $\mu\text{S/cm}$ , pero particularmente, fueron registrados en el mismo punto de colecta, P080A y P080B respectivamente, que se ubican en el centro de la laguna (**TABLA 9**).

## Turbidez

Se registraron valores más altos en promedio, durante la temporada de secas en el Viento (14 NTU) principalmente en las muestras de su centro, V077 (46.9 NTU) y V077B (15.8 NTU). Mientras que en lluvias de nortes, los valores más altos corresponden a V050A (10.6 NTU) y V050B (8.7 NTU), muestras colectadas en el punto de muestreo cercano al río Grijalva (**TABLA 8**).

San Pedrito por otra parte, presentó valores más altos en promedio, durante lluvias de nortes en P052C (19.7 NTU), en el punto próximo al río Grijalva; así como en su centro, en P051C (19.3). Mientras que, en secas, se registró el valor más alto, en P080C (37 NTU) ubicado en su centro.

<b>TABLA 8. Variables físico-químicas obtenidas por la sonda multiparamétrica Hydrolab Laguna El Viento</b>							
	<b>T°C</b>	<b>DO (mg/L)</b>	<b>%DO</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad (µS/cm)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>Clorofila a (µg/L)</b>
<b>Noviembre 2016 (época de Norte)</b>							
<b>V048A</b>	26.3	2.5	37.1	7.2	419	3.9	2.1
<b>V048B</b>	26.1	2.4	35.3	7.1	421	5.0	2.3
<b>V048C</b>	26.1	2.2	33.2	7.1	421	7.8	2.2
<b>V049A</b>	27.2	6.7	104.1	7.7	414	5.2	2.8
<b>V049B</b>	26.1	7.8	114.7	7.8	410	7.0	4.0
<b>V049C</b>	26.1	7.1	105	7.7	413	8.6	4.5
<b>V050A</b>	26.7	3.7	54.7	7.2	413	10.6	2.7
<b>V050B</b>	26.8	3.8	56.4	7.2	423	8.7	2.4
$\bar{x}$	26.4	4.5	67.6	7.4	417	7.1	2.9
<b>Febrero 2017 (época de Secas)</b>							
<b>V077A</b>	28.0	6.9	105.5	8.1	875	5.5	2.6
<b>V077B</b>	27.7	6.9	105.2	8.0	1058	15.8	3.5
<b>V077C</b>	27.6	1.6	24.3	7.8	889	46.9	0
<b>V078A</b>	29.1	7.2	112.9	8.4	628	8.2	3.1
<b>V078B</b>	28.4	7.3	113	8.4	620	10.1	6.3
<b>V079A</b>	29.3	6.5	102.3	7.9	655	5.5	1.6
<b>V079B</b>	28.6	6.5	100.3	7.9	647	11.4	3.7
<b>V079C</b>	28.2	6.9	105.5	8.0	716	8.9	2.8
$\bar{x}$	28.4	6.2	96.1	8.1	761	14.0	2.9

<b>TABLA 9. Variables físico-químicas obtenidas por la sonda multiparamétrica Hydrolab Laguna San Pedrito</b>							
	<b>T°C</b>	<b>DO (mg/L)</b>	<b>%DO</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad (µS/cm)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>Clorofila a (µg/L)</b>
<b>Noviembre 2016 (época de Norte)</b>							
<b>P051A</b>	27.2	7.7	116.4	8.1	453	16.1	1.4
<b>P051B</b>	27.0	7.8	117	8.1	454	17.4	3.0
<b>P051C</b>	26.9	8.3	124.8	8.1	454	19.3	3.3
<b>P052A</b>	27.1	7.7	116.5	8.1	453	16.4	1.4
<b>P052B</b>	27.1	7.8	117.1	8.1	454	17.6	3.0
<b>P052C</b>	26.8	8.3	124.7	8.1	454	19.7	3.2
$\bar{x}$	27.0	7.9	119.4	8.1	454	17.8	2.5
<b>Febrero 2017 (época de Secas)</b>							
<b>P080A</b>	30.6	7.1	114.8	8.2	5259	4.0	0.9
<b>P080B</b>	27.9	7.8	120.6	8.1	5762	7.0	1.9
<b>P080C</b>	27.4	7.0	107.3	8.0	5735	37	2.9
<b>P081A</b>	28.2	7.2	112.1	8.1	5622	10.4	1.2
<b>P081B</b>	28.1	7.2	111.9	8.0	5695	12.8	2.0
$\bar{x}$	28.4	7.3	113.3	8.1	5615	14.2	1.8

## 8.5. Hidroquímica

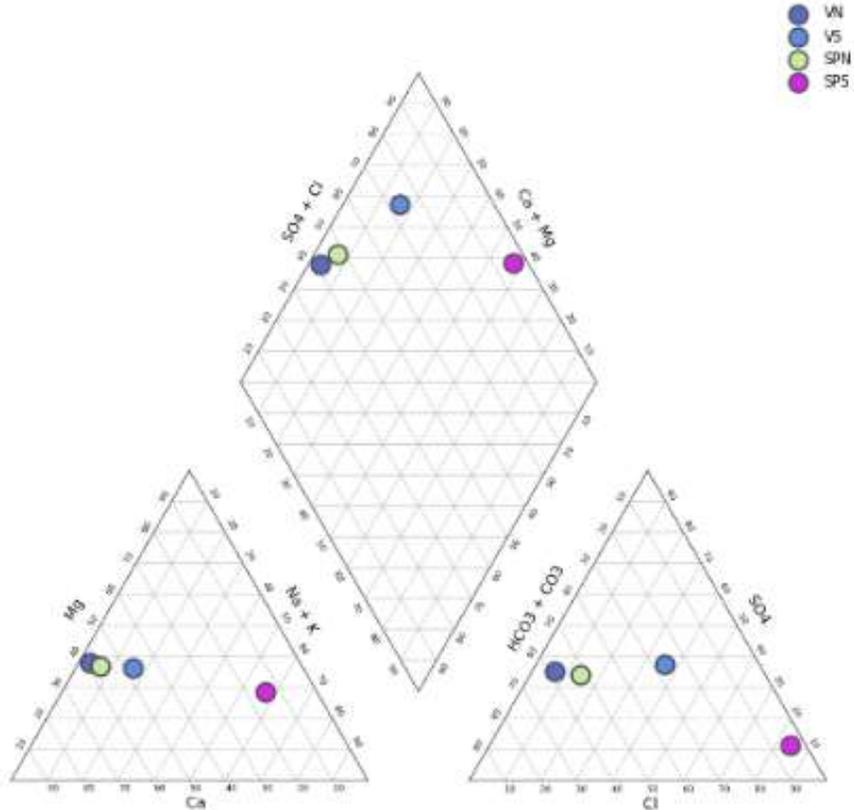
De acuerdo con los diagramas triangulares de Piper-Hill-Langelier obtenidos, se observó un comportamiento estacional en las aguas de los sistemas de estudio.

Durante las lluvias de nortes, se observó una similitud en el comportamiento iónico en ambas lagunas, ubicándolas en la facie de aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas. En el caso del Viento, las formas catiónicas se encuentran en una proporción aproximada de 40 % magnesio y un 60 % calcio, mientras que, en las formas aniónicas, la proporción es análoga para el cloro (40 %) y los bicarbonatos (60 %). Mientras que, en el caso de la laguna de San Pedrito, las proporciones anteriores son muy parecidas, tanto para las formas catiónicas, del magnesio (50 %) y calcio (50 %), como de las aniónicas, que fueron el cloro (50 %) y los bicarbonatos (50 %) (**TABLA 10, FIGURA 10**).

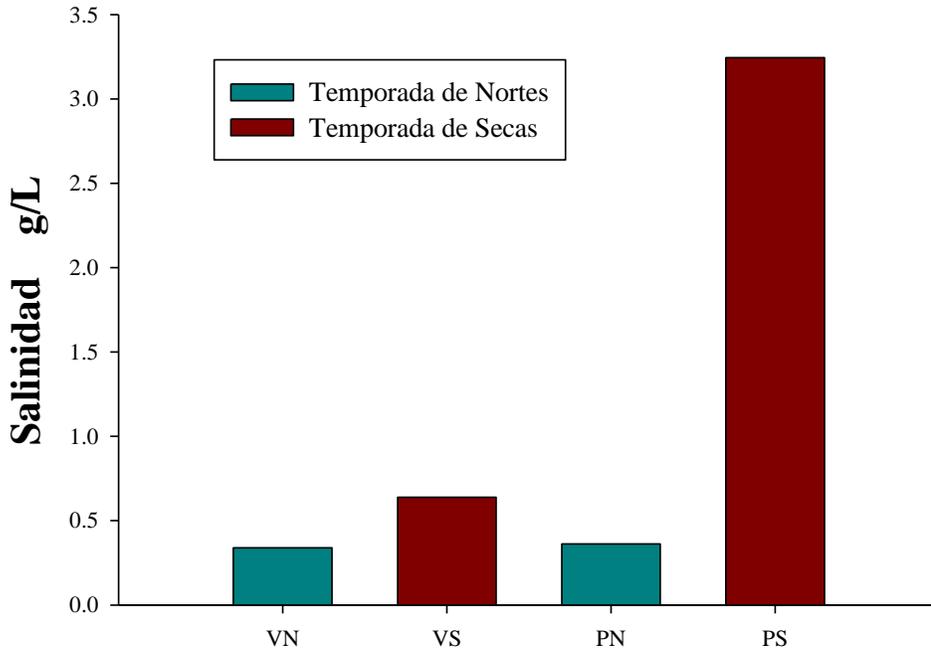
En la temporada de secas, se registró un cambio en la composición iónica de cada laguna. En el Viento, se presenta el cambio a una facie de aguas sulfatadas y/o cloruradas cálcicas o magnésicas, que específicamente sería un agua  $[Cl^{-1}] \gg [SO_4^{2-}]$  clorurada (70 % de cloro, 30 % sulfatos) con una misma proporción de calcio (50 %) y magnesio (50 %)  $[Ca^{2+}]-[Mg^{2+}]$ . Mientras que, para San Pedrito, la facie que se manifestó es la de aguas cloruradas y/o sulfatado sódicas, particularmente un agua clorurada (cloro 90 % y sulfatos 10 %), con una proporción catiónica conformada por sodio (70 %) y potasio (20 %) predominantemente (**FIGURA10**).

Respecto a la salinidad del agua de las lagunas, se registró similitud durante la temporada de lluvias de nortes, en el Viento (0.34 g/L) y en San Pedrito (0.36 g/L), mientras que, en secas, la salinidad se duplica en el Viento (0.64 g/L), y se incrementa considerablemente en San Pedrito (3.24 g/L) (**FIGURA11**). Por lo que de acuerdo con Hammer (1986) la laguna del Viento sería subsalina (0.5-3 g/L); mientras que en el caso de San Pedrito en lluvias nortes, también sería subsalina, pero en secas sería hiposalina (3-20 g/L).

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México



**FIGURA 10.** Diagramas de Piper-Hill-Langelier de las dos lagunas de estudio, durante ambas estacionalidades



**Medición en las lagunas de estudio, durante ambas temporadas**

**FIGURA 11.** Salinidad calculada a partir de la concentración de iones disueltos en las dos lagunas de estudio, durante ambas estacionalidades.

## 8.6. Estado trófico

### Clorofila *a*

La laguna el Viento presentó los mayores valores de clorofila *a* durante las dos temporadas (2.9 µg/L en promedio). Presentando los valores más altos durante lluvias de nortes, en las muestras V049 B (4.0 µg/L) y V049C (4.5 µg/L), colectados en el punto opuesto a la entrada/salida de la laguna, más próximo a superficie terrestre; y en V050A (2.7 µg/L) muestra aledaña al río Grijalva. En secas, los mayores valores correspondieron a V078B (6.3 µg/L), colectado en el punto más próximo a superficie terrestre, más alejado de la entrada/salida de la laguna; y en V079B (3.7 µg/L), aledaña al río Grijalva (**TABLA 8**).

San Pedrito presentó durante lluvias de norte los valores más altos de clorofila *a* (2.5 µg/L), en comparación con secas (1.8 µg/L). Las muestras del centro en ambas temporadas presentaron los mayores valores de clorofila P051C (3.3 µg/L) y P080C (2.9 µg/L) (**TABLA 9**).

### Nutrientes

Las concentraciones más elevadas de fósforo total se registraron durante lluvias de nortes, tanto en el Viento (1520 µg/L) como en San Pedrito (5110 µg/L). Al igual que el sílice, en el Viento (10500 µg/L) como en San Pedrito (8400 µg/L). Mientras que, en la estacionalidad de secas, se presentaron los mayores valores de nitrógeno inorgánico disuelto, en el Viento (260 µg/L) y San Pedrito (70 µg/L) (**TABLA 11**).

Con respecto al estado trófico en ambas lagunas de estudio, según los criterios de la OCDE (fósforo total y transparencia) se marca una tendencia hacia la hipertrofización en ambos sistemas (**TABLAS 11, 12, 13**), sin embargo, tomando como referencia a la clorofila *a*, se presenta una tendencia mesotrófica, e incluso oligotrófica (en San Pedrito, en secas). Mientras que con el índice multiparamétrico TRIX, con los valores obtenidos tanto en la laguna el Viento en nortes (7.5) y secas (6.3), como en San Pedrito durante lluvias de nortes (6.8) y secas (6.3) se manifiesta una condición eutrófica en ambos cuerpos de agua (**TABLAS 12 y 13**).

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

<b>Iones mayores (mg/L)</b>	<b>El Viento Noviembre 2016</b>	<b>El Viento Febrero 2017</b>	<b>San Pedrito Noviembre 2016</b>	<b>San Pedrito Febrero 2017</b>
<b>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b>	Nd	6.54	Nd	16.35
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	180.65	179.51	179.40	166.21
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	68.06	182.14	73.51	411.52
<b>Cl<sup>-</sup></b>	6.61	93.70	16.1	1,595
<b>Na<sup>+</sup></b>	4.11	43.70	9.43	765
<b>K<sup>+</sup></b>	1.30	3.00	1.52	28.80
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	63.28	101.70	66.16	152.20
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	15.11	28.45	15.69	109.10
<b>SiO<sub>2</sub></b>	9.33	7.89	9.35	6.80
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nd	Nd	Nd	Nd
<b>Balance</b>	0.57	-0.99	1.23	-5.80

	<b>El Viento Noviembre 2016</b>	<b>El Viento Febrero 2017</b>	<b>San Pedrito Noviembre 2016</b>	<b>San Pedrito Febrero 2017</b>
<b>Fósforo total (µg/L)</b>				
<b>Ptotal</b>	1520	460	5110	680
<b>Nitrógeno inorgánico disuelto (µg/L)</b>				
<b>Ntotal</b>	150	260	20	70
<b>Sílice (µg/L)</b>				
<b>SiO<sub>2</sub></b>	10500	8300	8400	6700

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

<b>TABLA 12. Estado trófico de la laguna El Viento durante ambas temporadas.</b>				
<b>Variables</b>	<b>Noviembre, 2016 Nortes</b>		<b>Febrero, 2017 Secas</b>	
	OCDE	Índice TRIX	OCDE	Índice TRIX
<b>Clorofila a (µg/L)</b>	2.9		2.9	
	<b>Mesotrófico</b>	<b>Eutrófico</b>	<b>Mesotrófico</b>	<b>Eutrófico</b>
<b>Transparencia (m)</b>	1.10-1.30		0.6-07	
	<b>Hipertrófico</b>	-----	<b>Hipertrófico</b>	-----
<b>Fósforo total (µg/L)</b>	1520		460	
	<b>Hipertrófico</b>		<b>Hipertrófico</b>	<b>Eutrófico</b>
<b>Nitrógeno inorgánico (µg/L)</b>	150		260	
	-----	<b>Eutrófico</b>	-----	<b>Eutrófico</b>
<b>AD%O</b>	32.44		3.87	
	-----	<b>Eutrófico</b>	-----	<b>Eutrófico</b>

<b>TABLA 13. Estado trófico de la laguna San Pedrito durante ambas temporadas.</b>				
	<b>Noviembre, 2016 Nortes</b>		<b>Febrero, 2017 Secas</b>	
<b>Variables</b>	OCDE	Índice TRIX	OCDE	Índice TRIX
<b>Clorofila a (µg/L)</b>	2.5		1.8	
	<b>Mesotrófico</b>	<b>Eutrófico</b>	<b>Oligotrófico</b>	<b>Eutrófico</b>
<b>Transparencia (m)</b>	0.6-07		0.6-07	
	<b>Hipertrófico</b>	-----	<b>Hipertrófico</b>	-----
<b>Fósforo total (µg/L)</b>	5110		680	
	<b>Hipertrófico</b>	<b>Eutrófico</b>	<b>Hipertrófico</b>	<b>Eutrófico</b>
<b>Nitrógeno inorgánico (µg/L)</b>	20		70	
	-----	<b>Eutrófico</b>	-----	<b>Eutrófico</b>
<b>AD%O</b>	19.41		13.34	
	-----	<b>Eutrófico</b>	-----	<b>Eutrófico</b>

## 8.7. Análisis Estadísticos

### Análisis clúster

El primer análisis clúster, en donde se integraron las muestras de ambas lagunas en las dos estacionalidades, permitió reconocer que la agrupación de las colectas se encontraba asociada principalmente al estrato de la muestra (superficie y profundidad) (**FIGURA 12**) y su estacionalidad (**FIGURA 13**), con un 40 % de similitud.

Un segundo análisis clúster, tomando solo las muestras superficiales, que fueron las que presentaron mayores abundancias fitoplanctónicas, confirmó la tendencia de agrupación por estacionalidad, con un 40 % de similitud (**FIGURA 16**).

### Escalamiento no métrico multidimensional (NMDS)

Por su parte, el NMDS de las muestras integradas (ambas lagunas y estacionalidades) mostró que las muestras de superficie presentan una mayor similitud entre ellas, entre un 40 % a un 60 %, que las muestras de profundidad, que presentan una dispersión mayor entre ellas (**FIGURA 14**). Con respecto a la temporalidad, las muestras de la temporada de secas presentan mayor agrupamiento, entre un 40 % a 60 % de similitud, en contraste con las de lluvias de nortes, que presentan mayor dispersión (**FIGURA 15**). Presentando un valor de stress de 0.16 en ambos casos.

Un segundo análisis NMDS con las muestras superficiales mostró que la mayoría de éstas presentaban mayor agrupación relacionada a la temporada de secas, con arriba de un 40 % de similitud (**FIGURA 17**). Presentando un valor de stress de 0.11.

### Análisis multivariado de similitud de dos vías (ANOSIM)

Realizado con un número de permutaciones de 100, donde según el valor obtenido de R, existen diferencias significativas entre las estacionalidades del estudio (nivel de significancia 0.03; R: 0.343), pero no así en las lagunas (nivel de significancia 0.35; R: 0.125).

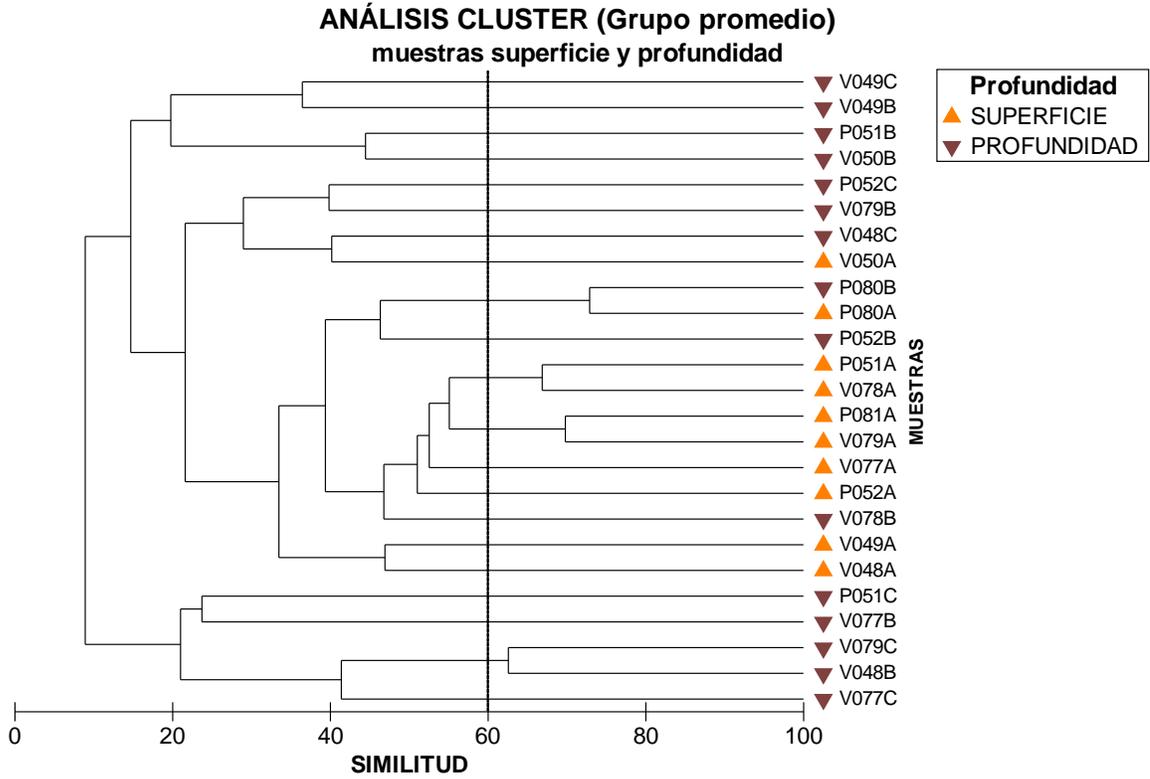
### **Análisis de similitud porcentual (SIMPER)**

El análisis mostró entre lagunas una disimilitud media (56.80%), siendo tres especies las que contribuyen mayoritariamente a esa disimilitud: *Kamptonema cortianum* (7.61%), *Merismopedia tenuissima* (5.61%) y *Monactinus simplex* var. *simplex* (5.41%). Mientras que, en el caso de las estacionalidades de muestreo, también se presenta una disimilitud media (57.77%), siendo las mismas especies las que contribuyen en la disimilitud: *K. cortianum* (8.68%), *M. tenuissima* (5.23%) y *M. simplex* var. *simplex* (5.23%).

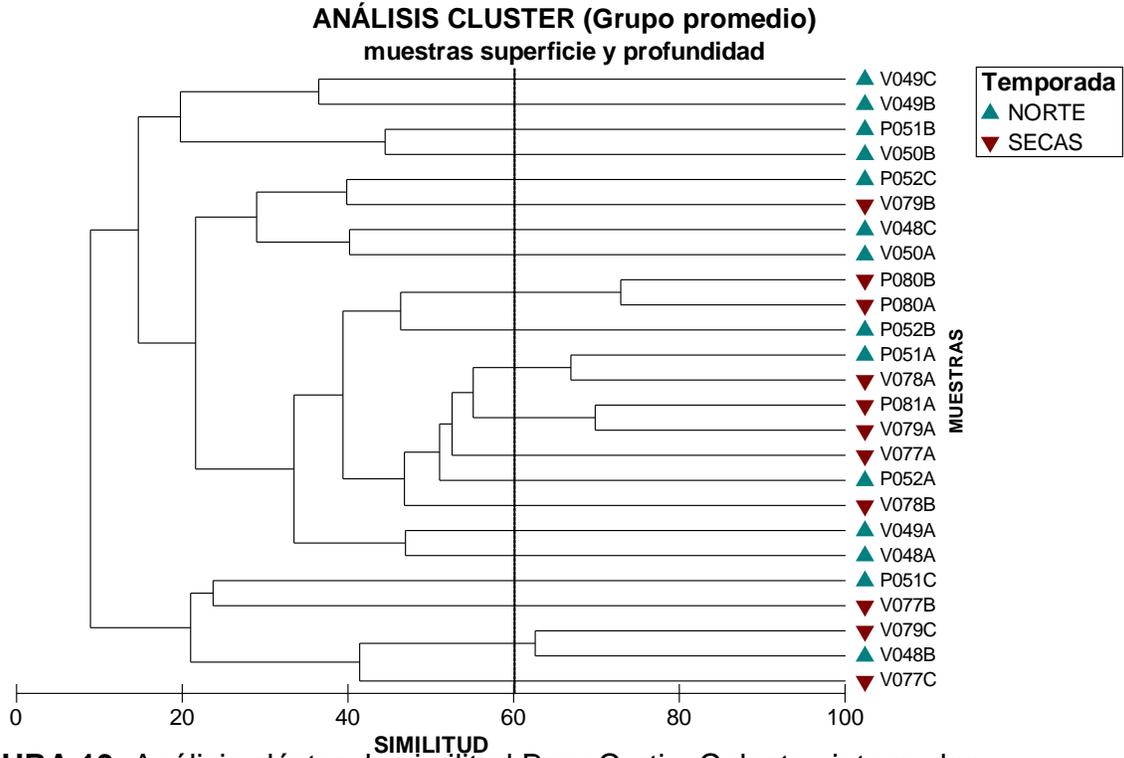
### **Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)**

Se realizaron dos análisis, el primero utilizó dos sets de datos, el de factores abióticos (con 8 variables) y el de las colectas superficiales (10 muestras, que contenían el registro de 43 especies). De este no se obtuvo una relación lineal significativa entre los sets de datos, ya que, de acuerdo con el test de permutación realizado por el ACC, el valor de p obtenido ( $p=0.18$ ) es mayor al nivel de significación alfa ( $P<0.05$ ). No obstante, un dato relevante arrojado es la agrupación de 7 de 8 variables físico-químicas en un cuadrante, siendo el pH el vector más pronunciado, seguido de la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura. La variabilidad explicada por este diseño correspondió al 49.42 %.

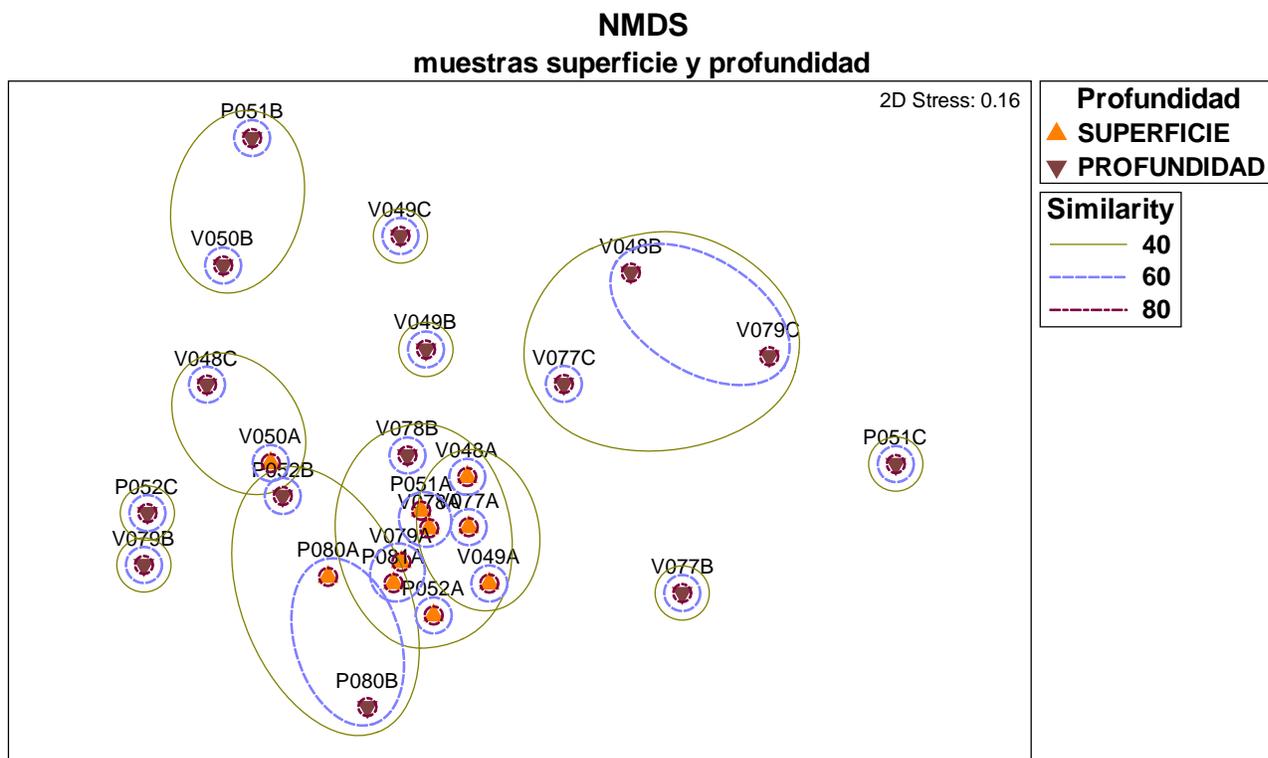
El segundo análisis estaba constituido por dos sets de datos, el de factores abióticos (con 6 variables) y el de colectas superficiales, pero solo considerando las 19 especies que fueron establecidas por la prueba de Olmstead-Tukey como dominantes, constantes y ocasionales para ambos muestreos. De igual forma que el anterior, no se presentó una relación lineal significativa entre los sets de datos, ya que, de acuerdo con el test de permutación realizado por el ACC, el valor de p obtenido ( $p=0.15$ ) es superior al nivel de significación alfa ( $P<0.05$ ).



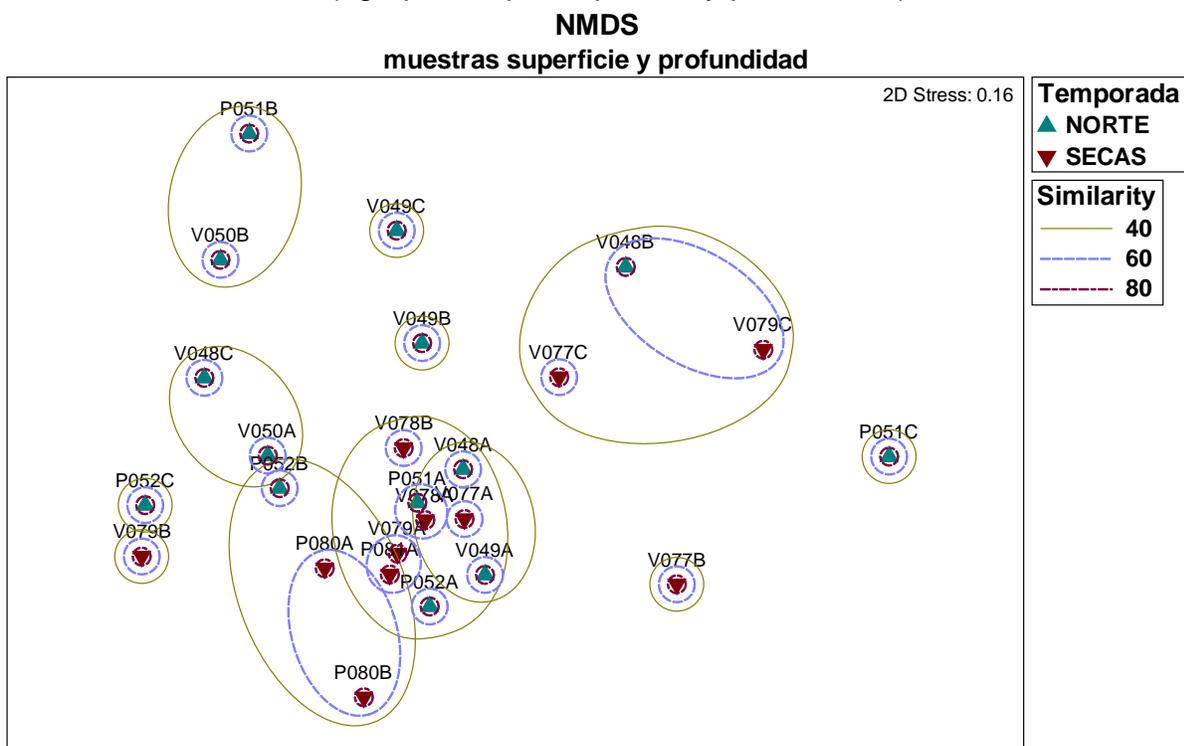
**FIGURA 12.** Análisis clúster de similitud Bray-Curtis. Colectas integradas (agrupación por superficie y profundidad)



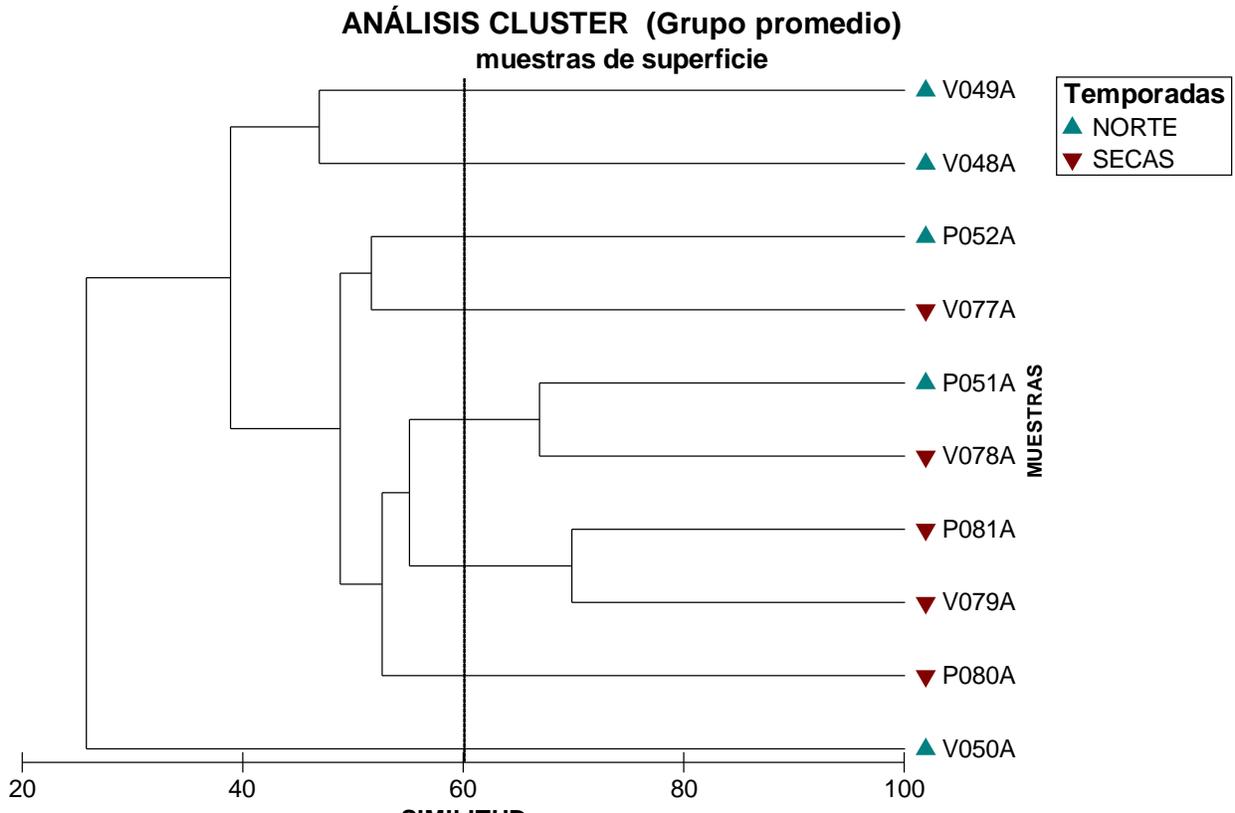
**FIGURA 13.** Análisis clúster de similitud Bray-Curtis. Colectas integradas (agrupación por estacionalidad)



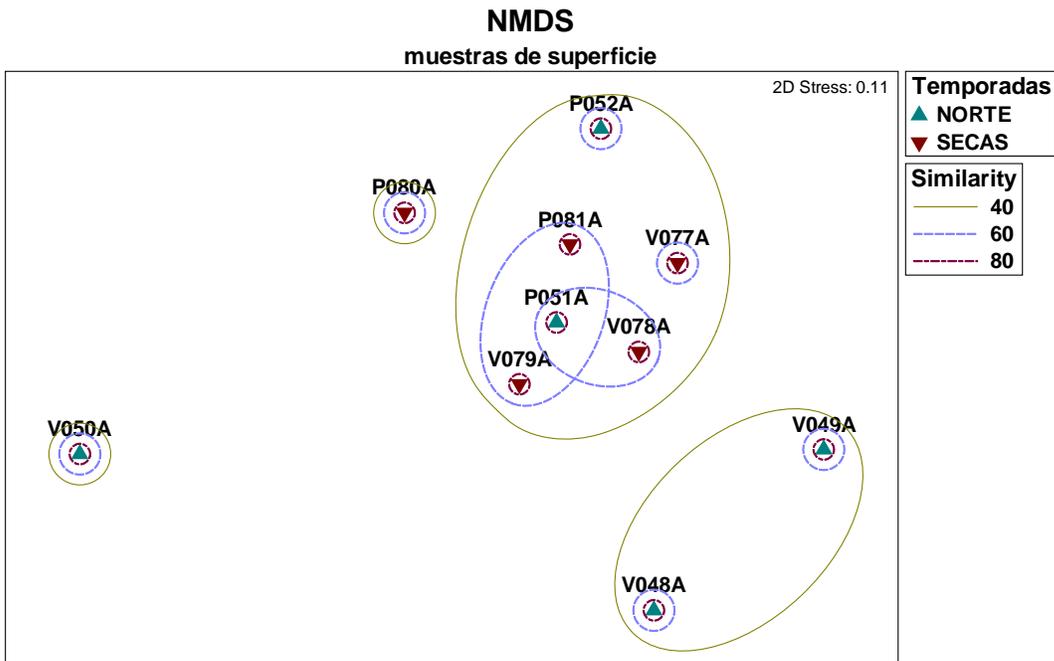
**FIGURA 14.** NMDS de similitud Bray-Curtis. Colectas integradas (agrupación por superficie y profundidad)



**FIGURA 15.** NMDS de similitud Bray-Curtis. Colectas integradas (agrupación por estacionalidad).



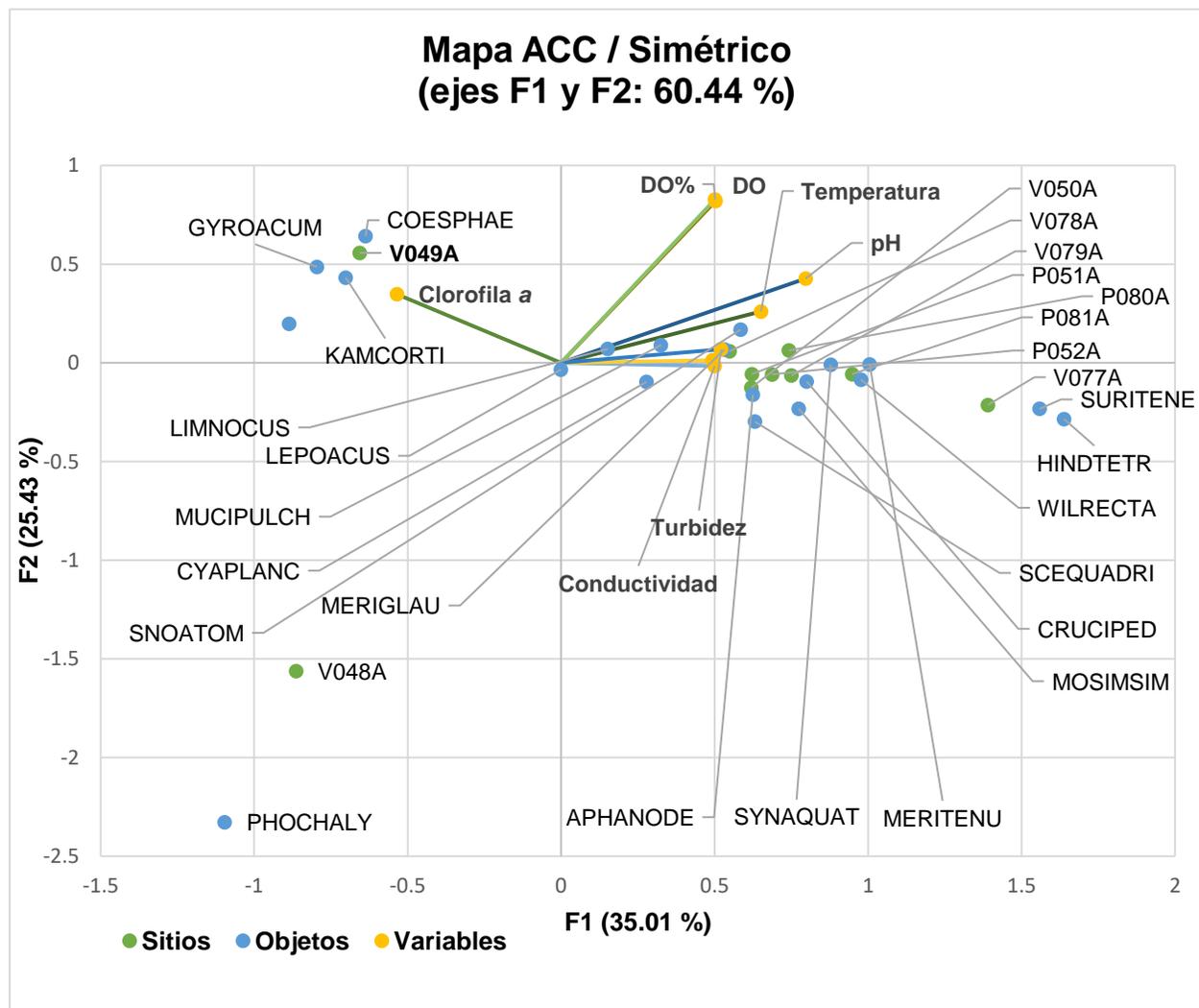
**FIGURA 16.** Análisis clúster de similitud Bray-Curtis. Colecta integrada de muestras superficiales (agrupación por estacionalidad)



**FIGURA 17.** NMDS de similitud Bray-Curtis. Colecta integrada de muestras superficiales (agrupación por estacionalidad)

## Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco, México

No obstante, la variabilidad explicada por este diseño se incrementó con respecto al anterior, ya que correspondió al 60.44 %. En este modelo, 7 variables ambientales se presentan en un mismo cuadrante, siendo la demanda de oxígeno, el pH y la temperatura, las que presentaron vectores más pronunciados. Otro aspecto relevante es la aparición de la clorofila *a* en el cuadrante opuesto a donde se presentaron las variables ambientales, próxima a la colecta V049A, que fue la muestra en que se registró el mayor número de especies (**FIGURA 18**).



## 9. Discusión

### Riqueza y composición taxonómica de la comunidad fitoplanctónica

Tabasco se ubica en el sureste mexicano, una zona con balance hidrológico positivo, con extensas áreas húmedas y subhúmedas, expuestas en la planicie del Golfo de México (Alcocer y Bernal-Brooks, 2010). La entidad alberga una diversidad de ambientes acuáticos, que van desde charcas, estanques, lagunas urbanas, hasta lagunas temporales y permanentes (Rodríguez-Rodríguez, 2002), influenciadas por la red hidrográfica más compleja de México, que constituye adicionalmente, llanuras deltaicas, sistemas lagunares, esteros, pantanos y marismas (INEGI, 2017). Área que se encuentra influenciada principalmente por la región hidrológica Grijalva-Usumacinta (RHGU) (López-Hernández *et al.*, 2007).

Pese a la riqueza y diversidad de ecosistemas acuáticos en la entidad, su exploración y estudio han sido escasamente atendidos (Rodríguez-Rodríguez, 2002). Siendo uno de los grupos biológicos relevantes en estos sistemas, las algas dulceacuícolas, base de las redes tróficas, la productividad primaria, productores de oxígeno, y participantes clave en los ciclos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno, fósforo y sílice (Litchman *et al.*, 2015). Estos organismos se manifiestan en distintas formas de vida: bentónicas, metafíticas, perifíticas y planctónicas (Graham *et al.*, 2016). No obstante, el conocimiento que se tiene de las algas dulceacuícolas en la entidad es sumamente escaso y disperso, reconociéndose para 2011, un total de 300 registros (Novelo y Tavera, 2011). Esta cifra ascendió recientemente a 562 registros, siendo 482 reconocidas como componentes del plancton (Novelo y Tavera, 2020). El incremento corresponde a trabajos desarrollados dentro del proyecto Ficoflora de aguas continentales de México, que tiene como objetivo la documentación y registro de las especies algales en cuerpos de agua y ambientes subaéreos de las zonas centrales, sur y del sureste de México.

Este trabajo taxonómico-ecológico se encuentra insertó en esta directriz, siendo el primer trabajo en su tipo para dos sistemas acuáticos al interior de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla.

Aquí se documentaron 68 especies, distribuidas en Chlorophyta (34 %), Cyanoprokaryota (33.8 %), Bacillariophyta (22 %), Charophyta (7.4 %) y Euglenophyceae (4.4 %), registradas principalmente en la estacionalidad lluvia de nortes. Del total, 38.2 % se reportan por primera vez para la entidad.

En términos de composición ficoflorística, en ecosistemas acuáticos tabasqueños, se han registrado como grupos principales las clorofitas, cianoprocariotas, diatomeas, e incluso, los euglénidos; como en el caso del Humedal Chaschoc, donde se ha registrado una mayor presencia de Chlorophyta (45 %), Cyanoprokaryota (20.1 %), Euglenophyceae (19.4 %) y Bacillariophyta (11.6 %) (Esqueda-Lara *et al.*, 2016); la cuenca del río González, con diatomeas (32.9 %), algas verdes (31 %), cianofitas (18.7 %) y euglénidos (6 %) (Moreno-Ruíz, 2005); o la laguna Balsón, con Chlorophyta (53.3 %), Euglenophyceae (15.7 %), Bacillariophyta (12.1 %) y Cyanoprokaryota (9.1 %) (Osorio-Sánchez y López-Pérez, 2005). Por lo que estos grupos algales forman parte importante de la ficoflora de la entidad.

### **Abundancia e información ecológica de la comunidad fitoplanctónica**

En la laguna el Viento se registró durante noviembre una abundancia principal de cianoprocariotas (63.2 %), algas verdes (21.7 %) y diatomeas (13.3 %); pero para febrero, las clorofitas dominaron (47.8 %), y los otros grupos decrecieron: cianofitas (43.8 %) y diatomeas (7.14 %). Las especies dominantes correspondieron a 2 cianofitas, 3 clorofitas y 1 diatomea.

En el caso de San Pedrito, la abundancia de grupos taxonómicos no pareció variar durante las temporadas de colecta, ya que en lluvias de norte los principales componentes del fitoplancton fueron Cyanoprokaryota (53.3 %) y Chlorophyta (45.7 %), y en secas, esta proporción se mantuvo casi idéntica (54.3 % y 45.6 % respectivamente). Mientras que las especies dominantes fueron 4 cianofitas y 3 clorofitas.

Para ambos ecosistemas acuáticos, las especies que se constituyen como dominantes corresponden a *Aphanocapsa delicatissima*, *Merismopedia glauca*, *M. tenuissima*, *Snowella atomus*, *Gyrosigma acuminatum*, *Monactinus simplex var. simplex*, *Mucidosphaerium pulchellum* y *Willea rectangularis*. De lo recopilado en el catálogo sistemático, se reconoce que estas especies tienen una amplia distribución geográfica (en los cinco continentes) y de hábitats (diversidad de ambientes lénticos y lóticos), presentes en aguas mesotróficas, pero preferencialmente eutróficas, con tolerancia a aguas salobres; además se han reconocido a estas entidades en una variedad de formas de vida, bentónicas, epilíticas, epipélicas, perifíticas, metafíticas, perifíticas, pero predominantemente, se le ha identificado como planctónicas.

Con los resultados obtenidos de diversidad, se evidencia que son lagunas con baja diversidad, ya que los valores más altos registrados con el índice de Shannon-Wiener, corresponden a 1.1 bits en el Viento, y 0.9 bits en San Pedrito, siendo valores inferiores a 2, que generalmente se considerarían como sitios de baja diversidad (Mora-Donjuán *et al.*, 2017). Aunado a que se ha estimado que valores menores de 2, se presentan en ambientes con agua muy contaminada (Shashi *et al.*, 2008).

Con respecto al nivel trófico que fue determinado para las lagunas de estudio, mediante el índice de la OCDE y TRIX, se determinó un estado eutrófico, condición que se asocia con ambientes con menor diversidad (Margalef, 1983), dado que la composición de la comunidad fitoplanctónica se vuelve más homogénea, ya que algunas especies oportunistas empiezan a dominar, producto de una exclusión competitiva (Bužančić *et al.*, 2016).

### **Variables ambientales**

Los factores abióticos se encuentran generalmente asociados al área geográfica en donde se localizan los ecosistemas acuáticos; elementos como la geología, topografía, uso de suelo adyacente, redes hidrológicas aledañas, factores climáticos, estado de conservación del sitio y el impacto antropogénico, son elementos esenciales para comprender el funcionamiento de esos ambientes (Lampert y Sommert, 2007).

En el caso particular de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, la RHGU influencia fuertemente la Reserva a través de tres cuencas: Usumacinta al norte y centro de la Reserva; Laguna de Términos, al este, y río Grijalva-Villahermosa, al sur y oeste (Sánchez y Barba, 2005). De las dos lagunas de estudio, la laguna San Pedrito se encuentra próxima a la estación tres brazos; este cuerpo de agua se encuentra influenciado por ambos ríos, pero también, por una influencia costera proveniente del Golfo de México (Sánchez *et al.*, 2007); en el caso de la laguna el Viento, el río Grijalva es sistema lótico que colinda con este cuerpo de agua.

La influencia del cauce de la RHGU es relevante para tratar de comprender la dinámica de las lagunas de estudio, ya que este conecta a la Laguna del Viento con la laguna de San Pedrito, pero a su vez, desemboca en el Golfo de México (GM) (Palomeque-De la Cruz *et al.*, 2017). Se reconoce que la RHGU lleva en su caudal aguas eutróficas a hipertróficas, dado que previo a llegar a desembocar al GM, atraviesa un importante centro urbano, que es la ciudad de Villahermosa, Tabasco, que cuenta con aproximadamente 21 lagunas urbanas, de las cuáles, la laguna más grande la ciudad de Villahermosa, las Ilusiones (eutrófica), el Camarón (mesotrófica) y la Pólvora (hipertrófica) desembocan directamente en el río Grijalva (Rodríguez *et al.*, 1997; López-Hernández *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2007). Por lo que la RHGU influye principalmente en la región costera centro-sur del GM aportando aguas eutrofizadas (Manzano-Sarabia y Salinas-Zavala, 2008); donde se ha observado la tendencia de mayores valores clorofila *a* durante otoño-invierno, proceso que puede estar relacionado la fertilización inducida provocada por la temporada de lluvias aunado a los fuertes vientos (de nortes) que son el resultado del intercambio entre las masas de aire frío y seco provenientes del norte del continente y las masas de aire propias del GM, de origen marítimo y tropical; mientras que en las estaciones cálidas (primavera-verano) se han registrado valores más bajos en las concentraciones de clorofila *a* (Manzano-Sarabia y Salinas-Zavala, 2008).

Con respecto a los valores obtenidos de nutrientes, se obtuvieron durante la temporada de lluvias de norte las concentraciones más elevadas de fósforo total, tanto en el Viento (1520 µg/L) como en San Pedrito (5110 µg/L), tendencia que estaría

relacionada con la temporada de lluvias, al aumentar el volumen de agua drenado por la RHGU, aportando el nutrimento de la erosión de los suelos; la escorrentía proveniente de las actividades económicas aledañas a estos cuerpos de agua, como lo son la ganadería, actividades agrícolas, aportando una mayor concentración de nutrimentos (Sánchez *et al.*, 2007), y el aporte hídrico de aguas residuales (Palomeque-De la Cruz *et al.*, 2017).

No obstante, los valores de clorofila *a* registrados en promedio durante noviembre y febrero no exceden en ambas lagunas el valor de 2.9 µg/L, que correspondería a un valor bajo si lo comparamos con la cantidad de nutrientes elevada en el agua. En el caso de la laguna el Viento, los valores más altos se registraron durante lluvias de nortes, en las muestras V049 B (4.0 µg/L) y V049C (4.5 µg/L), colectados en el punto opuesto a la entrada/salida de la laguna, que es el más próximo a superficie terrestre; y en V050A (2.7 µg/L) muestra aledaña al río Grijalva. Mientras que, en secas, nuevamente los mayores valores correspondieron a V078B (6.3 µg/L), colectado en el punto más próximo a superficie terrestre, y en V079B (3.7 µg/L), aledaño al río Grijalva. Por lo que se podría señalar que en estas colectas se presentaron las mayores concentraciones por su cercanía al ambiente terrestre (suelo agrícola y/o ganadero), y por otra parte, a la cercanía con el mismo cauce del río Grijalva, ya que las respuestas del fitoplancton al proceso de eutrofización se han reportado principalmente a través de concentraciones de clorofila *a*, por lo que la biomasa del fitoplancton (chl *a*), es un indicador común de eutrofización (Bužančić *et al.*, 2016). Mientras que, en el caso de la laguna de San Pedrito, el comportamiento es similar, durante noviembre se registraron el valor promedio más alto de clorofila *a* (2.5 µg/L), en comparación a secas (1.8 µg/L). Siendo para lluvias de nortes la muestra P051C (3.3 µg/L) la que refleja la mayor concentración de clorofila *a*; mientras que en secas en P080C (2.9 µg/L).

Otro factor para considerar con respecto a la clorofila *a*, es que es un estimador global de la biomasa fitoplanctónica (Bonilla, 2009), dato que refleja la biomasa en el momento de la determinación. Como se ha venido señalando, la RHGU es una de las más complejas de México, con un caudal que influencia a la RBPC, y que además de

proveer de nutrimentos en sus aguas, presenta un flujo constante que llega a desembocar al Golfo de México (Palomeque-De la Cruz *et al.*, 2017). Esto aunado al carácter polimíctico de las lagunas (Rodríguez-Rodríguez, 2002).

Factores que dificultarían que el fitoplancton se mantenga estático en la columna de agua, incidiendo en su circulación continua, provocando que las microalgas no se puedan concentrar en altas abundancias, lo que repercutiría en los valores registrados de clorofila *a*, pero que a su vez explicaría el volumen que se tuvo que colectar en las muestras superficiales (100 L) que es de donde se obtuvieron la mayoría de los organismos fitoplanctónicos. Ya que, a partir de los datos obtenidos, respecto a los nutrimentos y la biología de las especies, coincidirían con el nivel eutrófico que se pudo determinar en este trabajo.

La estacionalidad fue un factor importante para el fitoplancton, mostrando diferencias significativas (ANOSIM, nivel de significancia 0.03; R: 0.343), evidenciado con la oscilación temporal entre los niveles de agua en ambas lagunas durante los dos períodos de muestreo, situación que influye en la dinámica de las comunidades vegetales (Sánchez *et al.*, 2007); en Pantanos de Centla, la temporada mínima de inundación es de marzo a mayo, en donde el agua disminuye de enero a febrero (Sánchez *et al.*, 2007) coincidente con la época de secas de este trabajo, corroborado con los datos obtenidos de la profundidad en ambas lagunas durante esta temporada; en contraste con la temporada de nortes, registrándose una disminución de la columna de agua, entre 50 a 70 cm en febrero, mientras que en noviembre, se registraron mayores alturas en las columnas de agua (hasta 2.1 metros), que son coincidentes con la temporada de nortes, en donde las lluvias aumentan el caudal que ingresa a la RHGU.

Durante secas en ambas lagunas se presentaron variaciones, en donde varias variables se incrementaron considerablemente, desde las temperaturas registradas durante la temporada, presentándose como temperatura promedio de 28.4 °C; en contraste con lluvias de norte, en el Viento (26.4 °C) y San Pedrito (27 °C); la turbidez, la conductividad, que presentó valores en el Viento de 761 µS/cm, en San Pedrito hasta de 5615 µS/cm.

Este cambio se reflejó en la hidroquímica de las aguas, que durante lluvias de nortes presentaron tendencias bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, pero en secas, se manifestó una diferencia en la composición iónica de ambas lagunas, en el caso del Viento y San Pedrito se registraron agua mayormente cloruradas (70-90 %). Estas variaciones en la temporada de secas pueden explicarse porque el aporte hídrico de la RHGU se ve disminuida, mientras que el tirante de agua proveniente del Golfo de México logra ingresar y modifica las condiciones hidrológicas de las lagunas, ya que el estado de Tabasco tiene una alta influencia de aguas marinas en sus costas (Espinosa-Pérez y Daza-Zepeda, 2005), y donde la RBPC se localiza en el tramo final de confluencia de la RHGU (Sánchez *et al.*, 2007) que posee superficies inundadas e inundables la mayor parte del año, principalmente con agua dulce y en ocasiones con agua salada (Palma-López *et al.*, 2007), y “Tres Brazos” es considerado como el espacio limítrofe entre una zona continental y una de influencia costera (Rodríguez-Rodríguez, 2002), por lo que podríamos considerarla un humedal costero tropical (Sánchez *et al.*, 2007), que en el caso particular de San Pedrito, sería colindante a esta área de influencia, que se ve reflejado también en la salinidad de las aguas, donde en lluvias se registraban 0.36 g/L, y en secas, esto se incrementaba fuertemente a 3.24 g/L. Mientras que, en el Viento, se registra también un cambio de una salinidad de 0.34 g/L en noviembre, y para febrero 0.64 g/L.

Estos cambios abióticos inciden en el recambio de la comunidad fitoplanctónica (Badzi *et al.*, 2012; Bužančić *et al.*, 2016), que, tras la exposición a cambios de salinidad, incide en una sucesión del fitoplancton (Lionard *et al.*, 2005), que se expresa con una menor riqueza y diversidad durante secas, e incluso, se manifestaron especies exclusivamente marinas, como *Plagiotropis lepidoptera* var. *proboscidea* y *Actinoptychus splendens*, que muy probablemente ingresan a estas lagunas por la disminución de la fuerza del cauce de la RHGU, y el tirante de agua del Golfo de México logró ingresar e influir en la dinámica de estas comunidades, siendo especies introducidas, que no necesariamente son especies típicas de las lagunas de estudio.

Esta aseveración puede ser respaldada por la ictiofauna registrada en los ríos Usumacinta y Grijalva, que es muy similar, donde se han documentado especies importantes para la pesquería como *Megalops atlanticus*, *Mugil cephalus* y *Aplocheilichthys grunniens* que son especies estuarinas (las primeras dos), mientras que *A. grunniens* es vicaria (que actualmente están confinados a las aguas dulces siendo de origen marino, y esos que siendo marinos, penetran y permanecen en las aguas dulces en alguna parte de su ciclo de vida) (Espinosa-Pérez y Daza-Zepeda, 2005) por lo que la influencia marina es plausible.

Finalmente, respecto a la influencia de las variables ambientales en las comunidades fitoplanctónicas, analizamos las especies dominantes, constantes y ocasionales, para tratar de correlacionar que variables ambientales son las que influyeron sobre la comunidad de microalgas, ya que, la variación de la florística en la comunidad de fitoplancton depende de la disponibilidad de nutrientes, temperatura, intensidad de luz y otros factores limnológicos (Gosh *et al.*, 2012). En el ACC realizado, se observa que las variables ambientales que tienen mayor influencia son el oxígeno disuelto, el pH y la temperatura. Aquí cabe puntualizar que la salinidad no aparece aquí, y esto fue porque solo se tomó una muestra de agua del centro de cada laguna para estimar la hidroquímica de estos cuerpos acuáticos, y para la realización del ACC, se tomaron los datos abióticos obtenidos para cada sitio de muestreo con la sonda multiparamétrica Hydrolab, a diferentes profundidades. Sin embargo, por los datos obtenidos de los diagramas de Piper-Hill-Langelier y el cálculo de los iones disueltos en el agua, acompañado de la explicación de la influencia de la RHGU, el GM y la estacionalidad, la salinidad juega un papel importante en las comunidades fitoplanctónicas que habitan las lagunas de estudio.

Sin embargo, el ACC no es concluyente por presentar valores de P superiores al nivel de significación alfa ( $P < 0.05$ ) en ambos casos, pero que si muestra una aproximación a la situación real de los sitios de estudio, que se encuentra justificada por la influencia de la estacionalidad en la dinámica de ambas lagunas, donde las variaciones del nivel de agua, su flujo, el aporte de escorrentía, y la salinidad, son factores que inciden en variables abióticas como la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura y el pH.

## 10. Conclusiones

- La riqueza de especies registradas en las dos lagunas de estudio dentro de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla correspondió a 68 especies durante las dos colectas realizadas en noviembre 2016 y febrero 2017.
- 82.3 % de las especies encontradas se han registrado en alguna entidad cercana al Golfo de México, y 55.8 % en el estado de Tabasco.
- Por primera vez para México, se han registrado 4 especies, distribuidas en Cyanoprokaryota (3) y Charophyta (1).
- Para la entidad, se registraron por primera vez 22 especies, distribuidas en Cyanoprokaryota (6), Bacillariophyta (6), Chlorophyta (7) y Charophyta (3).
- La laguna el Viento presentó la mayor riqueza y diversidad durante la temporada de lluvias. Los sitios de colecta con los mayores registros corresponden a los sitios aledaños a tierra firme, o cercanos al cauce del río Grijalva.
- En la laguna el Viento, se registraron 63 especies, mientras que, en el Viento, se documentaron 38, teniendo 34 especies compartidas, 23 presentes solo en el Viento, y 3 exclusivas de San Pedrito.
- Las especies registradas y documentadas en el catálogo se han encontrado en ambientes oligotróficos (12.3 %), mesotróficos (26.5 %), eutrófico (44.2 %) e hipertrófico (16.8 %); pero más de la mitad de las especies (61 %) se han registrado en sistemas acuáticos eutrofizados e hipertrófico principalmente.
- La forma de vida predominantemente de las especies es el planctónico (57.4 %), pero también, se presentan otras formas de vida (principalmente epifítica, metafítica y bentónica) (42.6 %).
- La dinámica de la RHGU y la estacionalidad que se presenta en el Golfo de México (lluvias nortes y secas) influyen a macroescala sobre las lagunas de estudio.

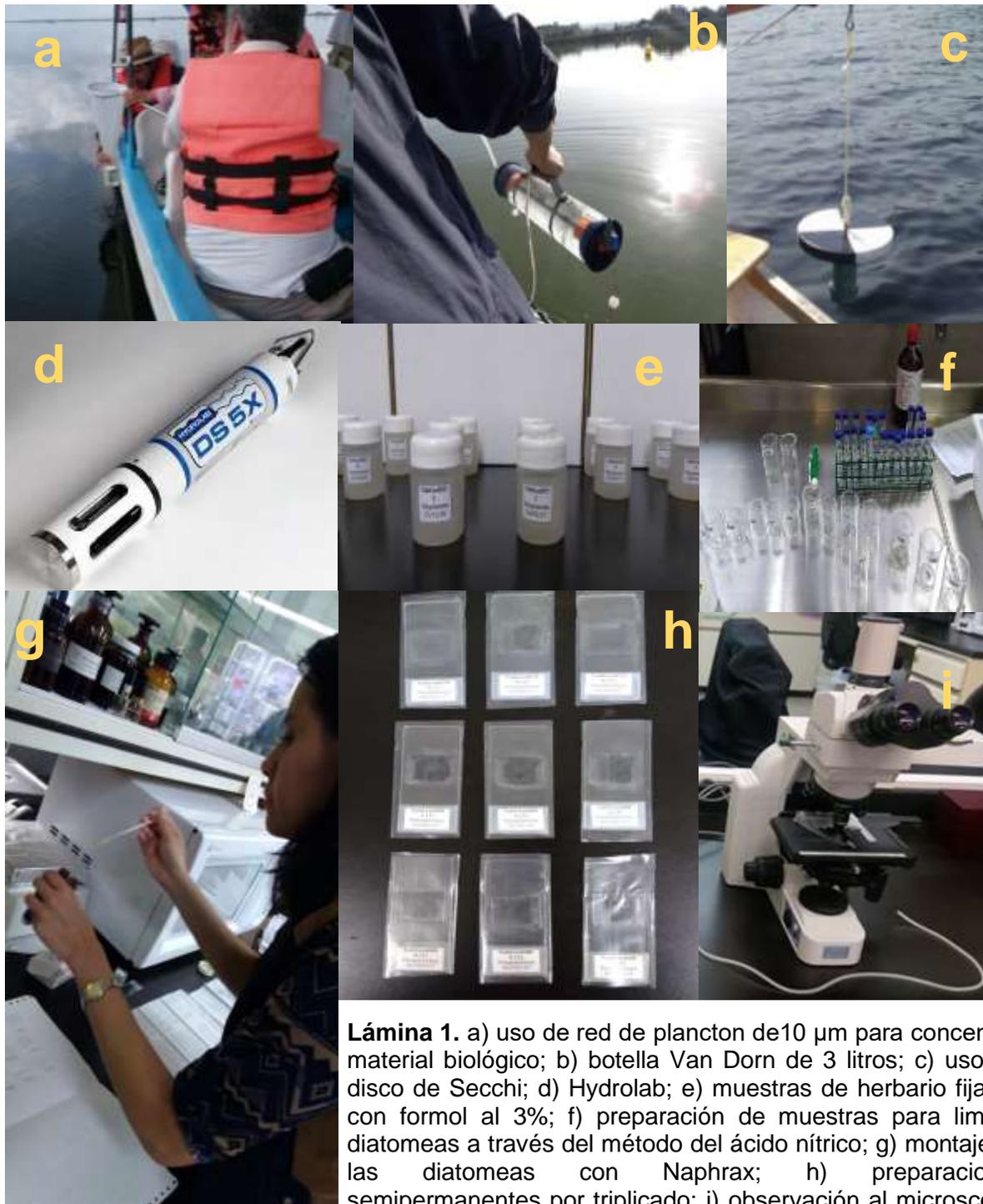
Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

- El Viento y San Pedrito presentan un estado de sus aguas eutrófico.
- La hidroquímica de las lagunas durante nortes, tiende a ser bicarbonatas, pero en secas, por influencia marina proveniente del Golfo de México, incrementan su salinidad, y tienen a ser aguas cloruradas, siendo San Pedrito la que incrementa considerablemente su salinidad, ya que geográficamente se encuentra más próxima a Tres Brazos, que es la zona limitrófe entre el agua continental y el agua marina.
- Si es posible encontrar patrones florísticos y ecológicos entre la comunidad fitoplanctónica, asociados a su forma de vida predominante (planctónico, registrado aquí y reportado en la literatura), la diversidad de ambientes en donde se les encuentra (ambientes lénticos, lóticos, y varias de ellas en condiciones salobres), y el estado trófico del sistema.
- Se reconoce que existen determinantes ambientales que inciden en los patrones ficoflorísticos y ecológicos, entre los que se encuentra la estacionalidad (lluvias de norte y secas), la dinámica de la RHGU, hidroquímica de los cuerpos acuáticos, salinidad, acompañado de factores abióticos como la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto.
- La biología de las especies encontradas en Centla si corresponde a lo documentado en la literatura científica, no obstante, debe tomarse en consideración que uno de los principales problemas asociados a la ficoflorística es la determinación de ejemplares con trabajos taxonómicos provenientes principalmente de zonas templadas, aunado a el uso de estos trabajos para determinar especies de hábitats distintos (dulceacuícola, salobres y marinos). Por lo que deben revisarse bajo esta óptica la mayoría de los trabajos realizados en zonas tropicales.
- Pese a ser reconocida como una Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, y ubicarse en una zona estratégica por la cantidad de agua continental que alberga en el país, lamentablemente no se han realizado actividades que preserven y

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México**

salvaguarden la biodiversidad que alberga, por lo que es importante implementar monitoreos de la calidad del agua, que tiene a las microalgas como organismos potenciales de estos estudios, por su capacidad bioindicadora y ser base de las redes tróficas, y reconocer su posible potencial en el área biotecnológica.

Lámina 1. Materiales y métodos.



**Lámina 1.** a) uso de red de plancton de 10  $\mu\text{m}$  para concentrar material biológico; b) botella Van Dorn de 3 litros; c) uso del disco de Secchi; d) Hydrolab; e) muestras de herbario fijadas con formol al 3%; f) preparación de muestras para limpiar diatomeas a través del método del ácido nítrico; g) montaje de las diatomeas con Naphrax; h) preparaciones semipermanentes por triplicado; i) observación al microscopio óptico de las preparaciones

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

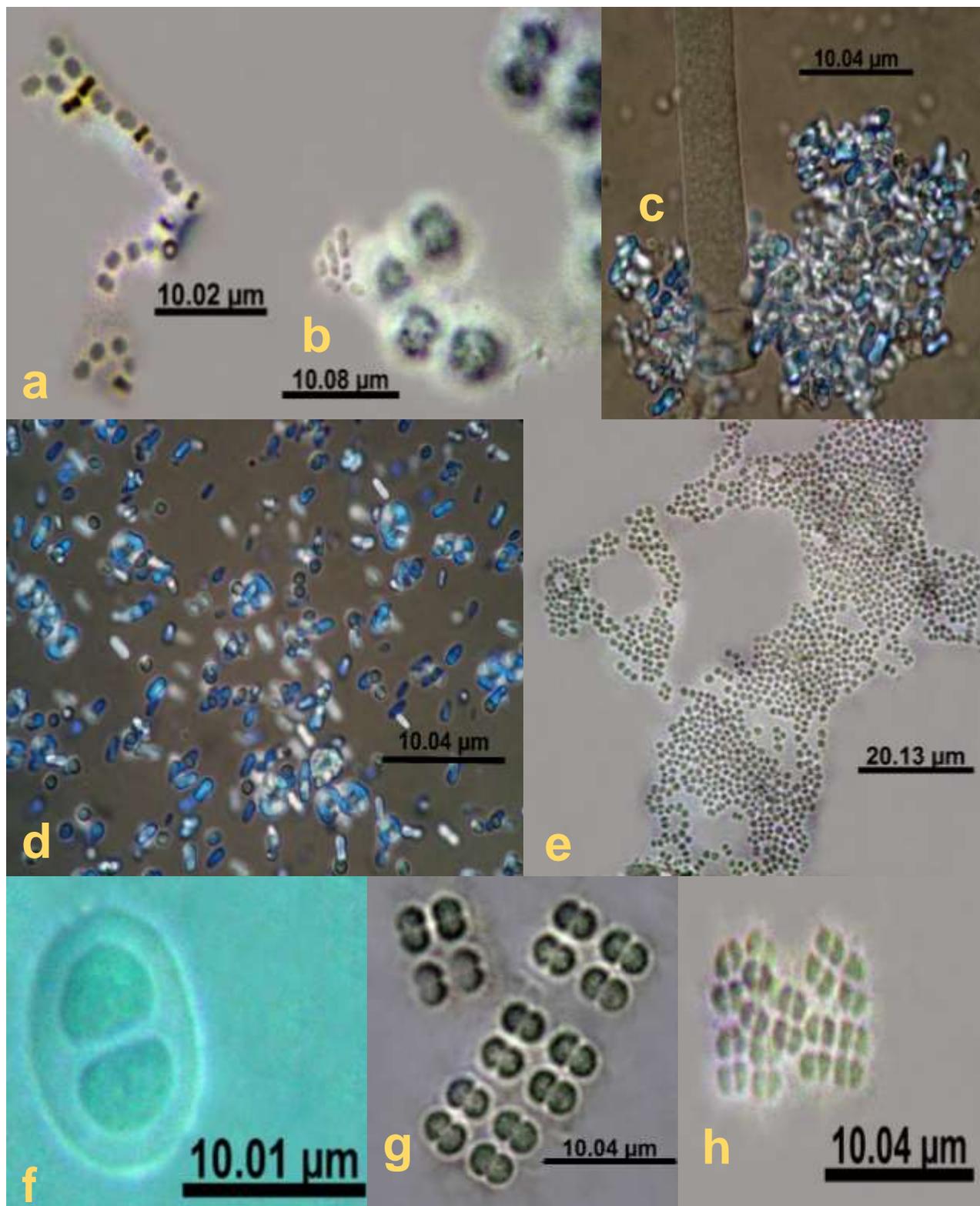


Lámina 2: a) *Cyanocatena planctonica*, b) *Synechococcus epigloeicus*, c, d) *S. nidulans*, e) *Aphanocapsa delicatissima*, f) *Limnococcus limneticus*, g) *Merismopedia glauca*, h) *M. tenuissima*.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

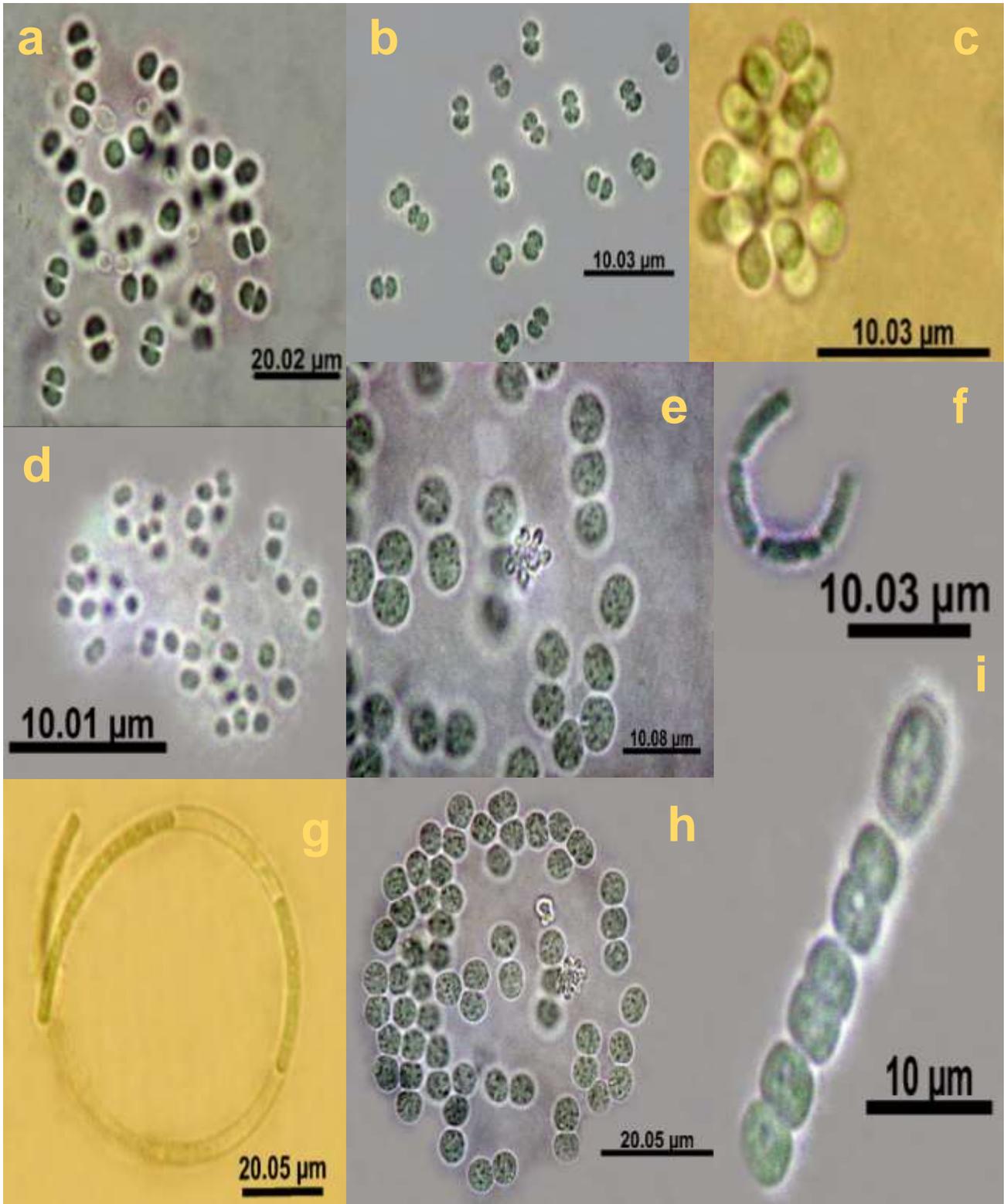


Lámina 3: a) *Synechocystis aquatilis*, b) *S. minuscula*, c) *Coelosphaerium aeruginenum*, d) *Snowella atomus*, e) *Woronichinia microcystoides*, f) *Romeria* aff. *leopoliensis*, g) *Planktolyngbya contorta*, h) *Microcystis* aff. *wesenbergii*, i) *Johanseninema constrictum*.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

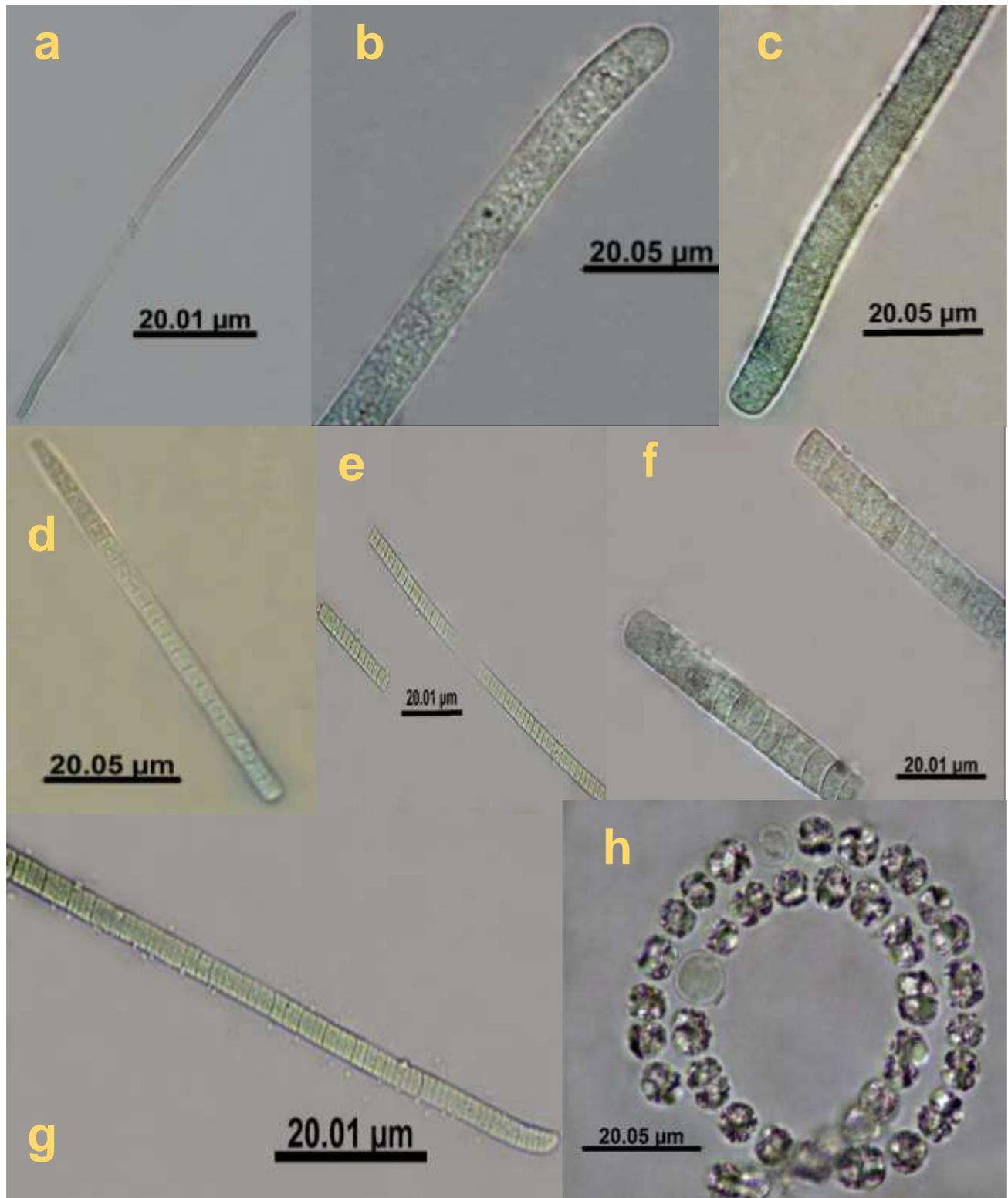


Lámina 4: a, b, c) *Kamptonema cortianum*, d) *Microcoleus amoenus*, e, f, g) *Phormidium chalybeum*, h) *Dolichospermum flosaquae*.

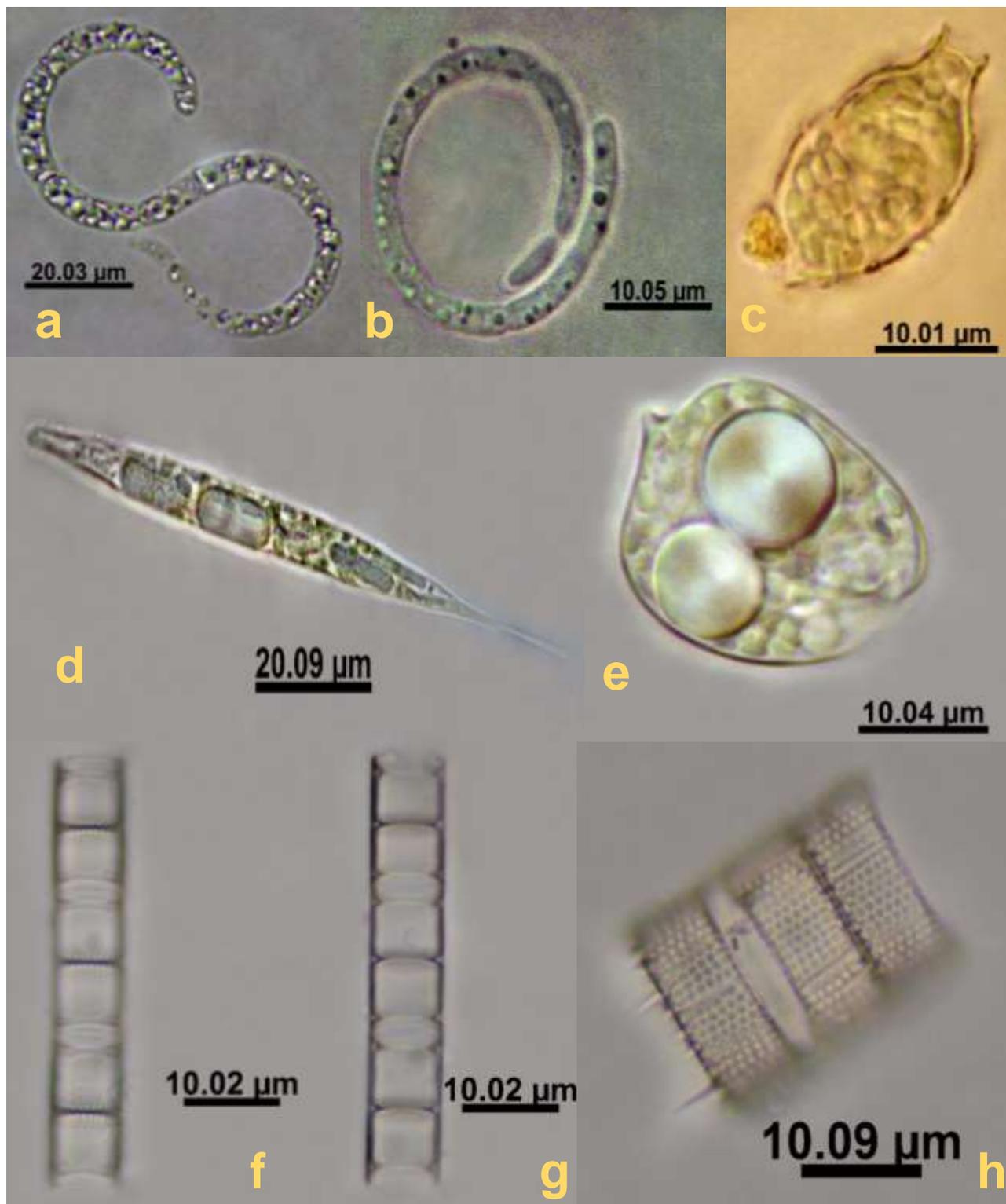


Lámina 5: a) *Raphidiopsis philippinensis*, b) *R. raciborskii*, c) *Strombomonas* aff. *globulosa*, d) *Lepocinclis acus*, e) *Phacus curvicauda*, f, g) *Aulacoseira ambigua*, h) *A. muzzanensis*.

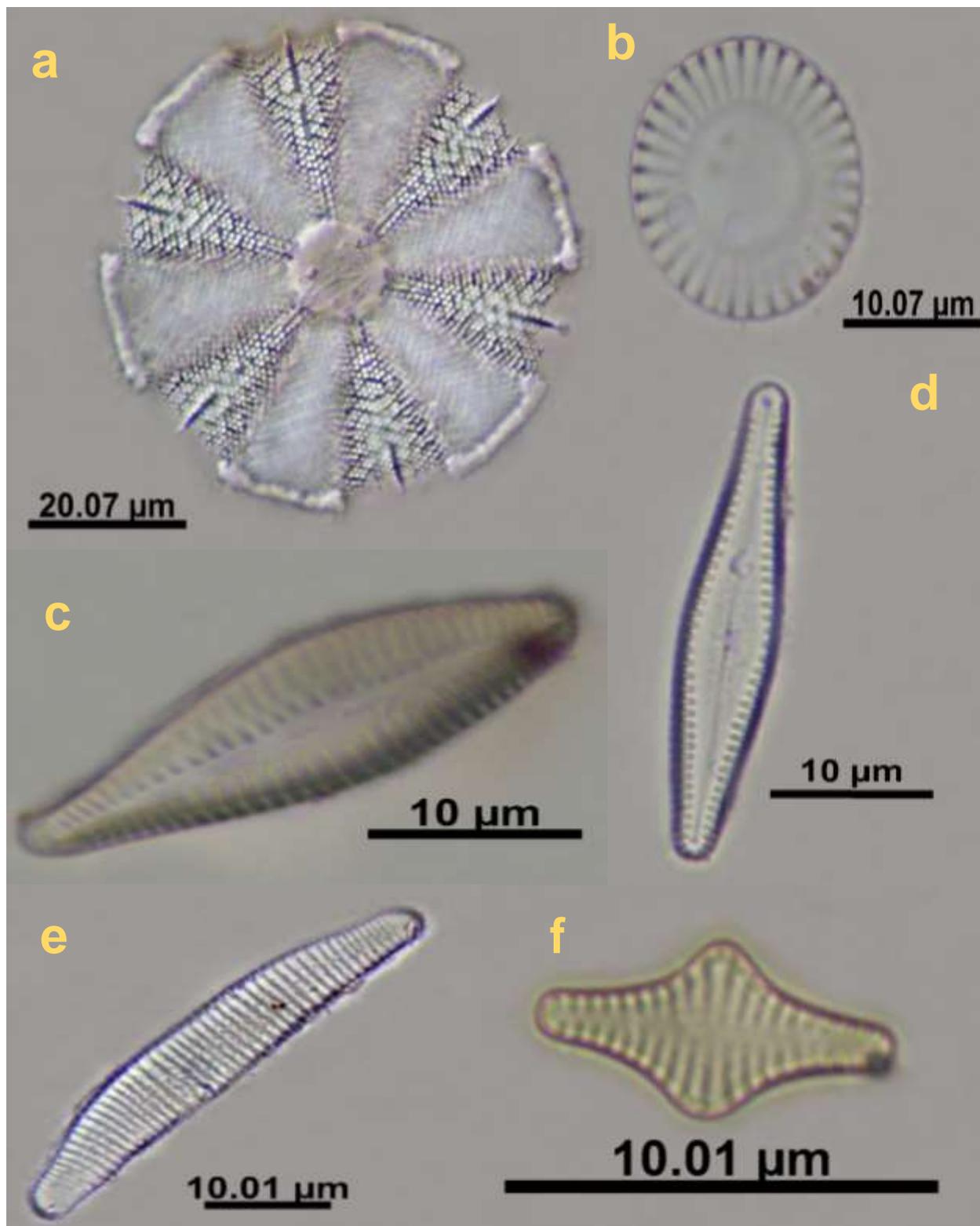


Lámina 6: a) *Actinoptychus splendens*, b) *Cyclotella meneghiniana*, c) *Gomphonema affine*, d) *G. gracile*, e) *Eunotia minor*, f) *Stausosira construens*.

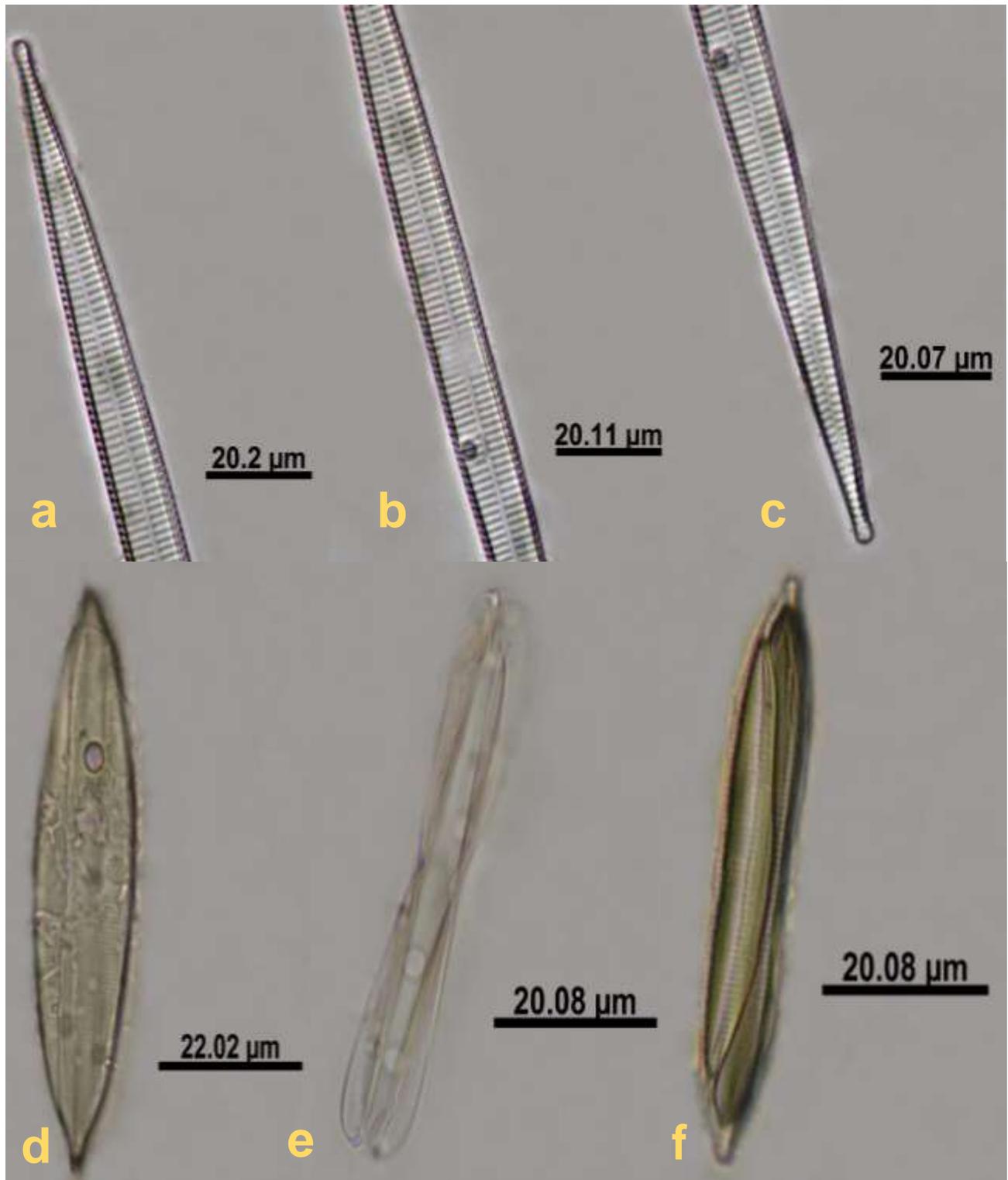
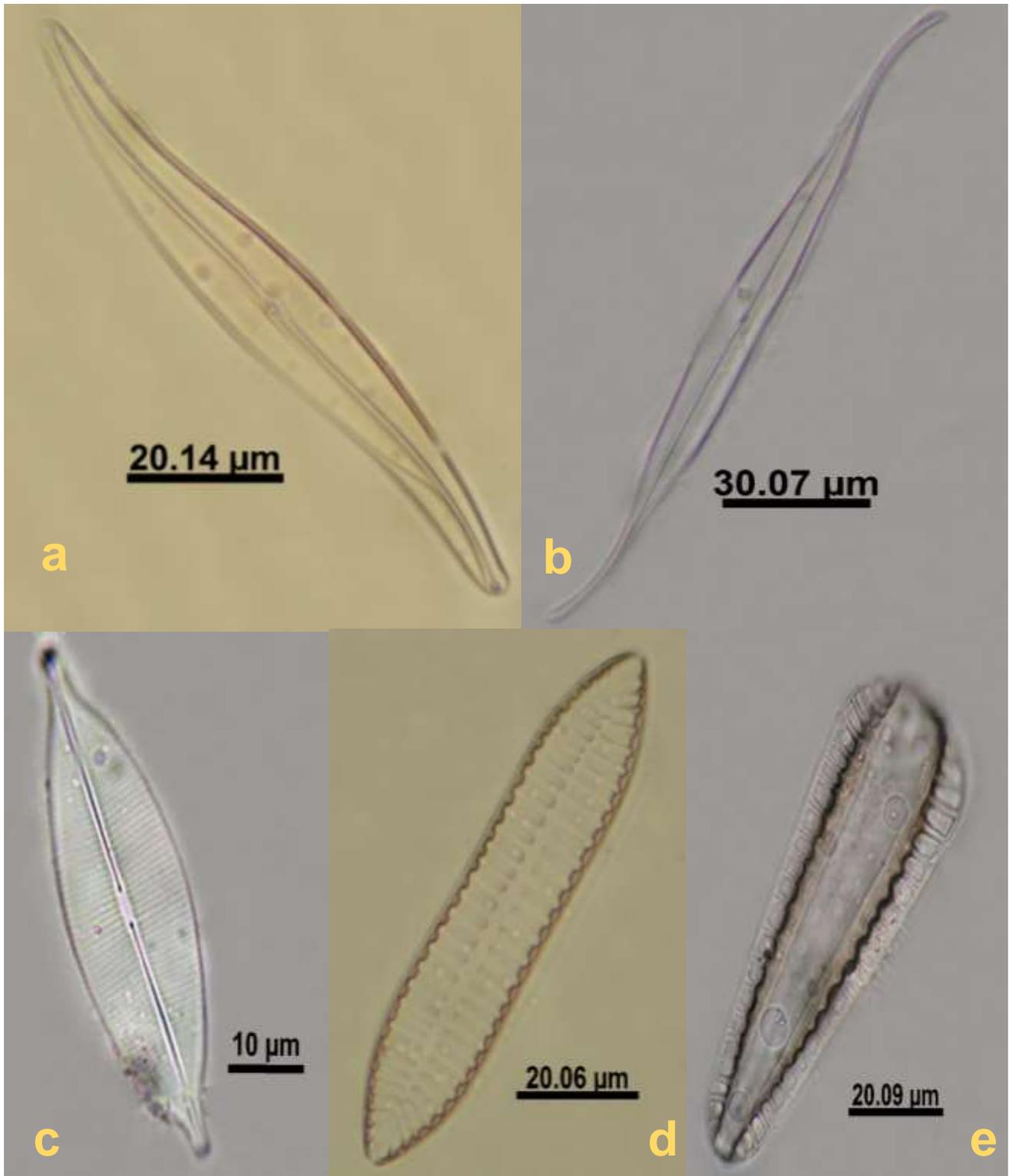
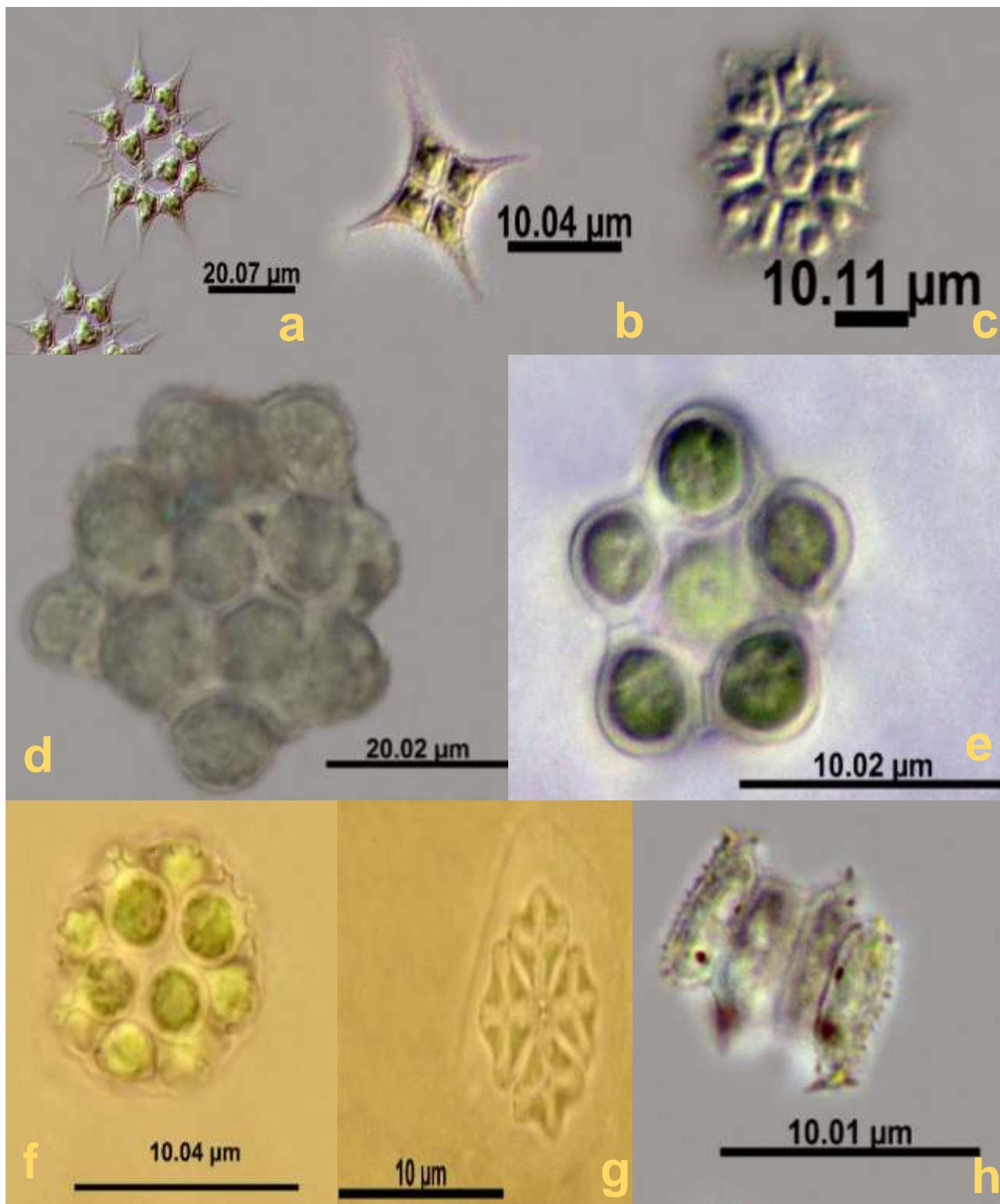


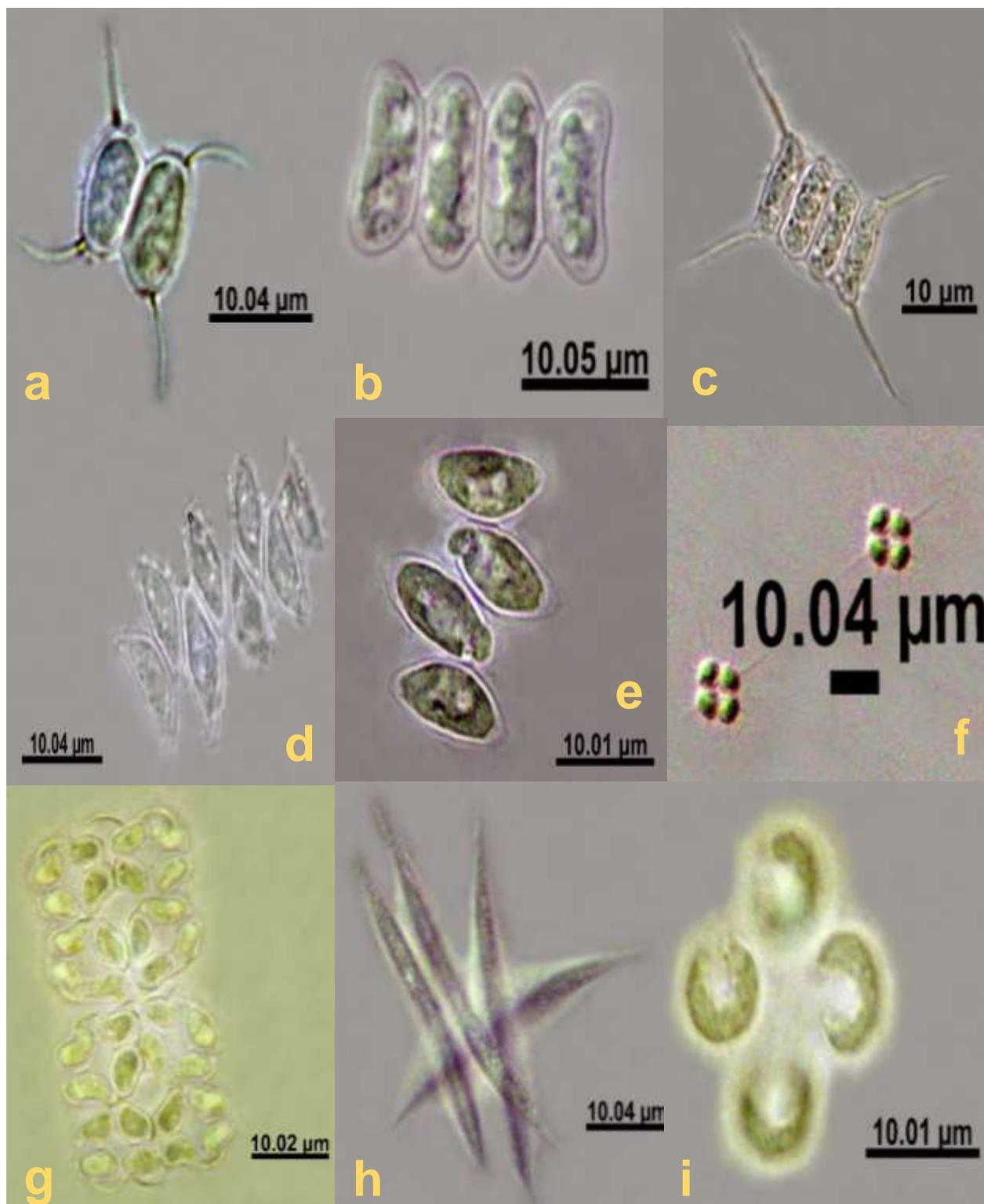
Lámina 7: a, b, c) *Ulnaria ulna*, d, e, f) *Plagiotropis lepidoptera* var. *proboscidea*.



**Lámina 8:** a) *Gyrosigma acuminatum*, b) *G. macrum*, c) *Craticula ambigua*, d) *Iconella linearis*, e) *I. tenera*.



**Lámina 9:** a) *Monactinus simplex*, b) *M. simplex* var. *echinulatum*, c) *Stauridium tetras*, d) *Coelastrum astroideum*, e) *C. indicum*, f) *C. sphaericum*, g) *Crucigenia tetrapedia*, h) *Desmodesmus granulatus*.



**Lámina 10:** a) *Desmodesmus lefevrei*, b) *Scenedesmus ecornis*, c) *S. quadricauda*, d) *Tetradesmus dimorphus*, e) *T. incrassatulus*, f) *Tetrastrum heteracanthum*, g) *Willea rectangularis*, h) *Ankistrodesmus fusiformis*, i) *Kirchneriella lunaris*.

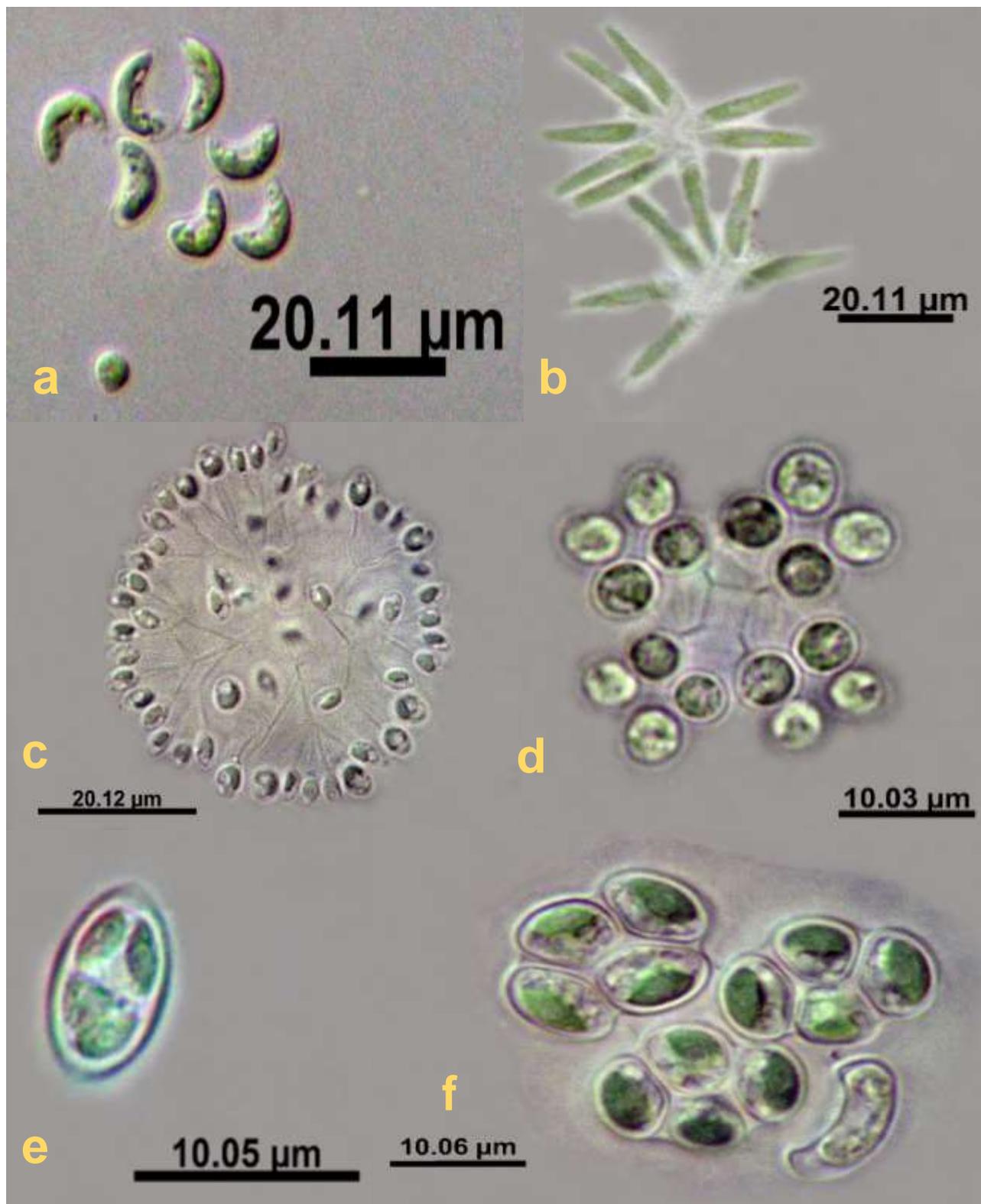


Lámina 11: a) *Raphidocelis arcuata*, b) *Actinastrum hantzschii*, c) *Hindakia tetrachotoma*, d) *Mucidosphaerium pulchellum*, e) *Oocystis lacustris*, f) *Tetrachlorella alternans*.

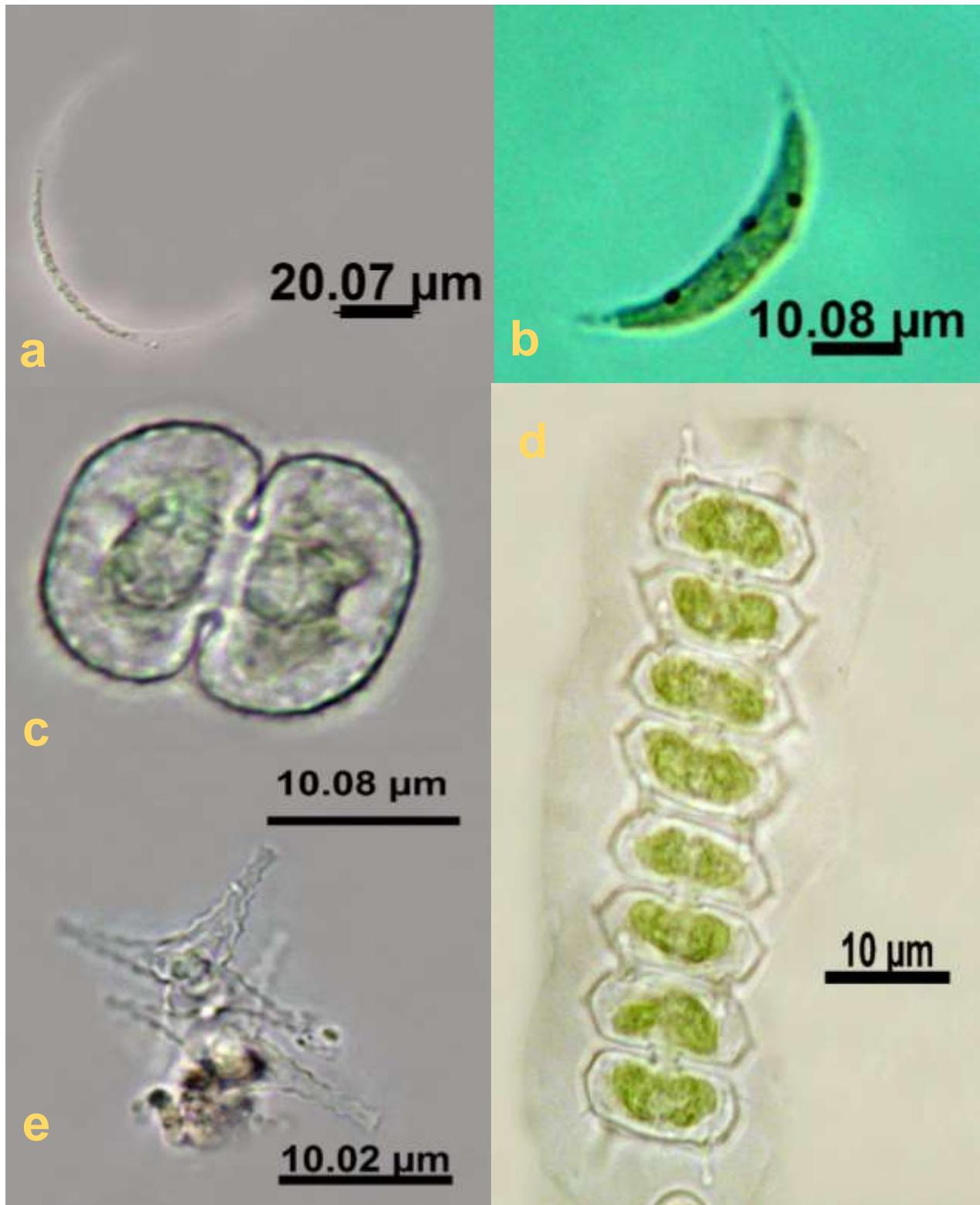


Lámina 12: a) *Closterium acutum*, b) *C. venus*, c) *Cosmarium bipunctatum*, d) *Sphaeroszoma laeve*, e) *Staurastrum tetracerum*.

## 11. Referencias vinculadas al Catálogo Taxonómico

1. Ortega, M. M. 1984. Catálogo de las algas continentales recientes de México. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 565 p.
2. Ortega, M. M., J. L. Godínez, G. Garduño y M. G. Oliva. 1994. Ficología de México. Algas continentales. AGT Editor. México. Ciudad de México. 221 p.
3. Novelo, E. 2011. Cyanoprokaryota. Fascículo 90. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 96 p.
4. Bourrelly, P. 1970. Les Algues d'eau douce. Initiation à la Systématique: Tome III: Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadies. Éditions N. Boubée & Cie. Francia. 512 p.
5. Parra, O. O., M. González, V. Dellarossa, P. Rivera y M. Orellana. 1982a. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen I. Cyanophyceae. Universidad de Concepción, Chile. 70 p.
6. Duarte da Costa, S., R. C. Martins da Silva, C. E. Bicudo, K. D. Das Neves-Barros M. E. Chaves Oliveira. 2014. Algues e Cianobactérias continentais no Estado do Pará, Brasil. Embrapa Amazônia Oriental. Brasil. 351 p.
7. Sant'Anna, C. L., A. Tucci, M. T. P. Azevedo, S. S. Melcher, V. R. Werner, C. F. S. Malone, E. F. Rossini, F. R. Jacinavicius, G. S. Hentschke, J. A. S. Osti, K. R. S. Santos, W. A. Gama-Júnior, C. Rosal y G. Adame. 2012. Atlas de cianobacterias e microalgas de aguas continentais brasileiras. Instituto de Botânica de Sao Paulo. Brasil. 175 p.
8. Sant'Anna, C. L., A. Tucci, M. T. P. Azevedo, S. S. Melcher, V. R. Werner, C. F. S. Malone, E. F. Rossini, F. R. Jacinavicius, G. S. Hentschke, J. A. S. Osti, K. R. S. Santos, W. A. Gama-Júnior, C. Rosal y G. Adame. 2018. Atlas de cianobacterias e microalgas de aguas continentais brasileiras (solo Cyanoprokaryota). Instituto de Botânica de Sao Paulo. Brasil. 92 p.
9. González, M. e I. Inostrosa. 2017. Manual taxonómico y fotográfico de géneros fitoplanctónicos (excl. Diatomeas) de 7 lagunas del Gran Concepción, Concepción, Chile. Ficolab, Grupo de investigación microalgal, Departamento de Botánica, Universidad de Concepción. Chile. 170 p.
10. López-Osorio, R., M. L. Cañon Páez y M. F. Gracia Escobar. 2011. Catálogo de fitoplancton de la Bahía de Cartagena, Bahía Portete y Agua de Lastre. Dirección General Marítima- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Colombia. 135 p.
11. Guamán-Bumeo, M. C. y N. P. González-Romero. 2016. Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce de Ecuador. Corporación para la investigación energética. Ecuador. 143 p.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

12. Yacubson, S. 1972. Catálogo e iconografía de las Cyanophytas de Venezuela. Universidad de Zulia. Venezuela. 78 p.
13. González-Guerrero, P. 1941. Algas de la República Argentina (agua dulce). Anales del Jardín Botánico de Madrid, España: 141-171.
14. Comas, A. 2009. Catálogo de las algas y cianoprocariontes dulciacuícolas de Cuba. Editorial Universo Sur. Cuba. 147 p.
15. John, D. M., B. A. Whitton y A. J. Brook. 2002. The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae. Cambridge University Press. Reino Unido. 702 p.
16. Hindák, F. y A. Hindáková. 2002. Cyanobacteria and algae of the gravel-pit lakes in Rusovce and Cunovo (Bratislava, W Slovakia). Bull. Slov. Bot. Spolocn Bratislava 24 (7): 07-13.
17. Cambra, J. 1992. Variaciones estacionales de las algas epifíticas de macrofitos en algunos sistemas lacustres de Cataluña. Acta Botánica Malacitana 17: 05-18.
18. Nava-Ruíz, V. M. y F. Valadez. 2012. Flora planctónica de laguna Lagartos, Quintana Roo. Revista Mexicana de Biodiversidad 83: 561-582.
19. Hindák, F. y A. Hindáková. 2012. Summer and autumn phytoplankton diversity of the fishpond at Voznica (Central Slovakia). Bull. Slov. Bot. Spolocn roc 34 (2): 133-139.
20. Oguni, A. y E. Takahashi. 1989. Floristic studies on algae from Inland waters of Antarctica. Proc. NIPR Symp. Polar Biol. 2: 154-166.
21. Bárbara, I., J. Cremades, S. Calvo, M. López-Rodríguez y J. Dosil. 2005. Checklist of the benthic marine and brackish Galician algae (NW Spain). Anales del Jardín Botánico de Madrid 62 (1): 69-100.
22. Aboal, M. 1988. Aportación al conocimiento de algas españolas epilíticas del sudeste de España: Cyanophyta. Anales del Jardín Botánico de Madrid 45 (1): 03-46.
23. Franca, C. S. R., M. R. Marques-Lopes y C. Ferragut. 2011. Structural and successional variability of periphytic algal community in a Amazonian lake during the dry and rainy season (Rio Branco, Acre). Acta Amazonica 41 (2): 257-266.
24. Jeyachitra, K., A. Panneerselvam, R. Rajendran, M. Mahalakshmi, S. K. Sundaram. 2013. Physico-chemical and biological factors in the distribution of cyanobacteria population in three different sampling sites of South India. African Journal of Microbiology Research 7 (25): 3240-3247.
25. Alves de Souza, C., M. Menezes y V. Huszar. 2006. Phytoplankton composition and functional groups in a tropical humic coastal lagoon, Brazil. Acta Botánica Brasilica 20 (3): 701-708.
26. Hašler, P., F. Hindák y A. Hindáková. 2007. Phytoplankton of the Morava and Dyje Rivers in spring and summer 2006. Fottea, Olomouc 7 (1): 49-68.
27. Aboal, M. 1989. Flora algal del Río Benamor, España. Limnética 5: 01-11.

28. Krienitz, L. y E. Hegewald. 1996. The occurrence of thermophilic blue green algae in a lake in northern Germany. *Lauterbornia* H 26: 55-63.
29. Rizzi-Longo, L., L. Poldini y F. Goia. 1980. La microflora algale delle pareti calcaree del Friuli\_Venezia Giulia (Italia Norte). *Studia Geobotanica* 1 (1): 231-263.
30. Tavera, R. y S. Castillo. 2000. An eutrophication-induced shift in the composition, frequency and abundance of the phytoplankton in Lake Catemaco, Veracruz, Mexico. En: M. Munawar, M., S. G. Lawrence, I. F. Munawar y D.F. Malley (eds). *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope*. 103-117 pp.
31. Bicudo, C. E. y M. Menezes. 2017. Géneros de algas de águas continentais do Brasil. 3ra edición. RiMa. Brasil. 552 p.
32. Muthukumar, C., G. Muralitharan, R. Vijayakumar, A. Panneerselvam y N. Thajuddin. 2007. Cyanobacterial biodiversity from different freshwater ponds of Thanjavur, Tamilnadu (India). *Acta Botánica Malacitana* 32: 17-25.
33. Mulling, B. T. M., S. A. Wood y D. P. Hamilton. 2014. Intra-colony motility of *Microcystis wesenbergii* cells (Nueva Zelanda). *New Zealand Journal of Botany* 52 (1): 153-159.
34. Hernández-Morales, R., M. Hidalgo-Anguiano, M. R. Ortega-Murillo y M. S. Aguilera-Ríos. 2014. Factores abióticos que rigen la presencia y permanencia del género *Microcystis* en un lago tropical profundo. *Biológicas* 16 (1): 33-42.
35. Xu, Y., Z. Wu, B. Yu, X. Peng, G. Yu, Z. Wei, G. Wang y R. Li. 2008. Non-microcystin producing *Microcystis wesenbergii* (Komárek) Komárek (Cyanobacteria) representing a main waterbloom-forming species in Chinese waters. *Environmental Pollution* 156: 162-167.
36. Mendoza-Carbajal, L. 2016. El género *Sphaerocavum* y dominancia de *S. brasiliense* y *Microcystis wesenbergii* (Microcystaceae, Cyanophyceae) en la floración algal de la laguna Huacachina, Perú. *Revista Peruana de Biología* 23 (1): 53-60.
37. Imai, H., K. H. Chang, M. Kusaba y S. I. Nakano. 2008. Succession of Harmful Algae *Microcystis* (Cyanophyceae) Species in a Eutrophic Pond (Japón). *Terrapub*: 367-372.
38. Vasconcelos, V., A. Martins, M. Vale, A. Antunes, J. Azevedo, M. Walker, O. López y G. Montejano. 2010. First report on the occurrence of microcystins in planktonic cyanobacteria from Central Mexico. *Toxicon* 56: 425-431.
39. Dochin, K., A. Ivanova y I. Iliev. 2017. The phytoplankton of Koprinka Reservoir (Central Bulgaria): species composition and dynamics. *J. BioSci. Biotechnol* 6 (1): 73-82.
40. Sant'Anna, C. L., M. T. Azevedo, P. A. Senna, J. Komárek y J. Komárkova. 2004. Planktic Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil: Chroococcales. *Revista Brasileira Botânica* 27 (2): 213-227.
41. Valadez-Cruz, F., G. Rosiles-González y J. Carmona. 2010. Euglenophytes from lake Chignahuapan, Mexico. *Cryptogamie, Algologie* 31 (3): 305-319.

42. McGregor, G. B., L. Fabbro y J. Lobegeiger. 2007. Freshwater planktic Chroococcales (Cyanoprokaryota) from North-Eastern Australia: A morphological evaluation. *Nova Hedwigia* 84 (3-4): 299-331.
43. Condé-Lamparelli, M., A. Tucci, C. L. Sant'Anna, D. Amazonas, L. H. Mosolino, M. Carvalho y C. Rosal. 2014. Atlas de cianobacterias da Bacia do Alto Tieté. CETESB, Instituto de Botânica de Sao Paulo. Brasil. 76 p.
44. Muciño-Márquez, R. E., M. G. Figueroa-Torres y A. Aguirre León. 2015. Cianofitas de los sistemas fluviolagunares Pom-Atasta y Palizada del este, Laguna de Términos, Campeche México. *Polibotánica* 39: 49-78.
45. Ballot, A., K. Kotut, E. Novelo y L. Krienitz. 2009. Changes of phytoplankton communities in Lakes Naivasha and Oloidien, examples of degradation and salinization of lakes in the Kenyan Rift Valley. *Hydrobiologia*: 01-10.
46. Valadez-Cruz, F., J. Carmona-Jiménez y E. A. Cantoral-Uriza. 1996. Algas en ambientes lóticos en el estado de Morelos, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Anales del Instituto de Biología, serie Botánica 67 (2): 227-282.
47. Ferreira-Rosini, E., C. L. Sant'Anna y A. Tucci. 2013a. Scenedesmaceae (Chlorococcales, Chlorophyceae) de pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil: levantamento florístico. *Hoehnea* 40 (4): 661-678.
48. Menezes, M. y C. E. Bicudo. 2010. Algas. En: Campostrini, R., P. Moraes, A. Costa, A. Alves de Carvalho, A. Luna-Peixoto, B. Machado, C. Bicudo, D. Zappi, D. Pinheiro da Costa, E. Lleras, G. Martinelli, H. Cavalcante de Lima, J. Prado, J. Stehmann, J. Baumgratz, J. Rubens, L. da Silva, L. Costa, L. G. Lohmann, L. Paganucci, M. Silveira, M. Nadruz, M. Cândida, M. Nazaré, C. Bastos, M. Pires, M. Barbosa, M. Menezes, M. Hopkins, R. Secco, T. Cavalcanti, V. Castro Souza (eds.). Catálogo de plantas e fungos do Brasil. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 262-451 pp.
49. Comas, A., E. Novelo y R. Tavera. 2007. Coccal green algae (Chlorophyta) in shallow ponds in Veracruz, Mexico. *Algological Studies* 124: 29-69.
50. García-Rodríguez, J., I. Molina, M. Díaz y H. Quiroz. 2010. Componentes fitoplanctónicos y zoobentónicos en el lago Zempoala, Morelos, México. *Acta Universitaria* 20 (2): 23-30.
51. Garduño-Solórzano, G., M. C. Rodríguez-Palacios, M. Martínez-García, R. E. Quintanar-Zúñiga, C. Lozano-Ramírez, J. E. Campos-Contreras y A. C. Monsalvo-Reyes. 2011. Cultivos de microalgas del lago de Catemaco, Veracruz. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal* 2 (2): 67-80.
52. Menezes, M., C. E. M. Bicudo y C. W. N. Noura. 2015. Update of the Brazilian floristic list of Algae and Cyanobacteria. *Rodriguésia* 6 (4): 1047-1062.

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México**

53. González-González, L. E. y L. E. Mora-Osejo. 1996. Desmidioflorula de lagunas de páramo en Colombia. *Caldasia* 18 (2): 165-202.
54. Valadez-Cruz, F., G. Rosiles-González y A. Ortega-Rubio. 2014. Diversidad de algas en la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, Quintana Roo. *Investigación y Ciencia* 60: 23-36.
55. Cellamare, M., S. Morin, M. Coste y J. Hauray. 2012. Ecological assessment of French Atlantic lakes based on phytoplankton, phytobenthos and macrophytes. *Environmental Monitoring and Assessment* 184: 4685-4708.
56. Esqueda-Lara, K., A. J. Sánchez, G. Valdez-Lagunes, M. A. Salcedo, A. E. Franco-Torres y R. Florido. 2016. Fitoplancton en el humedal tropical Chaschoc en la cuenca baja del río Usumacinta. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87 (4): 1177-1188.
57. Campos-Campos, B., T. N. Custodio, C. Torres, M. Rivas y L. Cruz-Rosado. 2012. Registro preliminar de la composición fitoplanctónica de la laguna Mecoacán, Paraíso, Tabasco, México. *Kuxulkab'* 13 (34): 65-72.
58. Quiroz-González, N. y M. G. Rivas-Acuña. 2017. Euglenoideos en dos lagunas urbanas de Villahermosa, Tabasco. *Kuxulkab'* 23 (45): 35-40.
59. Pérez, M. C. 2002. Fitoplancton del río negro, Uruguay. *Limnética* 21 (001-002): 81-92.
60. Figueroa-Torres, M. G., F. Arana-Magallón, S. Almanza-Encarnación, M. G. Ramos-Espinosa y M. J. Ferrara-Guerrero. 2015. Microalgas del Área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, México. *CienciaUAT* 9 (2): 15-29.
61. Mataloni, G., G. González Garraza y A. Vinocur. 2015. Landscape-driven environmental variability largely determines abiotic characteristics and phytoplankton patterns in peat bog pools (Tierra del Fuego, Argentina). *Hydrobiologia* 751 (1): 105-125.
62. Singh, D. R., S. R. Yadav y C. P. Shukla. 2017. Studies on freshwater algae of Mumbai and its environs. *Phycos* 47 (2): 85-94.
63. Valadez-Cruz, F., G. Rosiles-González, A. Almazán-Becerril y M. Merino-Ibarra. 2013. Planktonic Cyanobacteria of the tropical karstic lake Lagartos from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 61 (2): 971-979.
64. Mier y Terán-Suárez, J., V. Castro-Georgana, H. F. Mayor-Nucamendi, J. A. Brito-López. 2006. Florecimientos algales en Tabasco. *Salud en Tabasco* 12 (1): 414-422.
65. Pérez, M. C., S. Bonilla y G. Martínez. 1999. Phytoplankton community of a Polymictic Reservoir, la Plata River Basin, Uruguay. *Revista Brasileira de Biología* 59 (4): 535-541.
66. Peixoto, G. J., C. E. M. Bicudo y C. W. do Nascimento. 2015. Scenedesmeaceae (Chlorophyta, Chlorophyceae) de duas áreas do Pantanal dos Marimbus (Baiano e Remanso), Chapada Diamantina, Estado da Bahia, Brasil. *Hoehnea* 42 (3): 549-566.
67. Molina, E. Murguía, J. F. F. 2000. Microalgas silíceas en suelos inundados de Centla, Tabasco, México, y su relación con parámetros edáficos. *Universidad y Ciencia* 15 (28): 29-36.

68. Merino-Virgilio, F. C., Y. B. Okolodkov, A. C. Aguilar-Trujillo y J. A. Herrera-Silveira. 2013. Phytoplankton of the northern coastal and shelf waters of the Yucatan Peninsula, southeastern Gulf of Mexico, Mexico. *Check list* 9 (4): 771-779.
69. Rai, S. K., R.K. Rai y S. Jha. 2010. Cyanobacteria of Nepal: A Checklist with Distribution. *Our Nature* 8: 336-354.
70. Gkelis, S., I. Ourailidis, M. Panou y N. Pappas. 2016. Cyanobacteria of Greece: an annotated checklist. *Biodiversity Data Journal* 4: 001-103.
71. Saladjeghe, M. M., A. Ahmadimoghadam y S. M. Mirtadzadini. 2014. A report of two novel cyanobacterial species from *Aphanocapsa* for flora of Iran. *Rostaniha* 15 (2): 167-169.
72. Rosen, B.H., T. W. Davis, C. J. Gobler, B. J. Kramer, y K. A. Loftin. 2017. Cyanobacteria of the 2016 Lake Okeechobee and Okeechobee Waterway Harmful Algal Bloom. U.S. Geological Survey Open-File Report 2017-1054 (34).
73. Ferreira-Rosini, E., C. L. Sant'Anna y A. Tucci. 2013b. Cyanobacteria de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo, Brasil. *Rodriguésia* 64 (2): 399-417.
74. Crossetti, L. O., L. S. Cardoso, V. L. M. Callegaro, S. M. Alves da Silva, V. R. Werner, Z. M. Rosa y D. D. A. Motta-Marques. 2007. Influence of the hydrological changes on the phytoplankton structure and dynamics in a subtropical wetland-lake system. *Acta Botánica Brasilica* 19 (3): 315-329.
75. Matula, J., M. Pietryka, D. Richter y B. Wojtun. 2007. Cyanoprokaryota and algae of Arctic terrestrial ecosystems in the Hornsund area, Spitsbergen. *Polish Polar Research* 28 (4): 283-315.
76. Komárek, J. y J. Komárková-Legnerová. 2002. Contribution to the knowledge of planktic cyanoprokaryotes from central Mexico. *Preslia Praha* 74: 207-233.
77. Adesalu, T. A. y D. I. Nwankwo. 2010. Cyanobacteria of a Tropical Lagoon, Nigeria. *Nature and Science* 8 (7): 77-82.
78. Vázquez, G., M. Caballero, S. Lozano y A. Rodríguez. 2007. Lagos cráter de la región de los Tuxtlas: Limnología, flora algal y estudio paleolimnológico. En: De la Lanza-Espino, G. y S. Hernández (comp.). *Las aguas interiores de México: conceptos y casos*. AGT Editor, S. A. México. 251-283 pp.
79. Karacaoglu, D., F. Dere y N. Dalkiran. 2004. A Taxonomic Study on the Phytoplankton of Lake Uluabat (Bursa). *Turkish Journal of Botany* 28: 473-485.
80. Zohary, T., Y. Z. Yacobi, A. Alster, T. Fishbein, S. Lippman y G. Tibor. 2014. Phytoplankton (Lake Kinneret). En: Zohary, T., A. Sukenik, T. Berman y A. Nishri. *Lake Kinneret: Ecology and Management* (1er ed.) 10 Publisher: Springer. 161-190 pp.
81. Knobén, R. A. E. y E. T. H. M. Peeters. 1997. *Eco-atlas van waterorganismen deel II: fytoplankton*. Stowa. Países Bajos. 292 p.

82. Ramezanpoor, Z. y B. Marsalek. 2004. Biodiversity and species composition of phytoplankton in the ponds of Lednice Park. *Acta Musei Moraviae, Scientiae biologicae* 89: 175-192.
83. Ortega-Mayagoitia, E. y C. Rojo. 2000. Fitoplancton del parque nacional las tablas de Daimiel III. Diatomeas y Clorofitas. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 58 (1): 17-37.
84. Riofrío, J., I. Samanez, F. Carrasco y M. Clavo. 2003. Caracterización limnológica de la laguna de Cashibococha (Ucayali Perú) durante el año 2001. *Revista Peruana de Biología* 10 (2): 183-194.
85. Moreno-Ruíz, J. L., M. Tapia-García, M. C. González-Macías y M. G. Figueroa-Torres. 2008. Fitoplancton del río Tehuantepec, Oaxaca, México y algunas relaciones biogeográficas. *Revista de Biología Tropical* 56 (1): 27-54.
86. Crisóstomo-Vázquez, L., C. Alcocer-Morales, C. Lozano-Ramírez y M. C. Rodríguez Palacio. 2016. Fitoplancton de la laguna del Carpintero, Tampico, Tamaulipas. *Interciencia* 41 (2): 103-109.
87. Godínez-Ortega, J. L., M. G. Oliva-Martínez, M. A. Escobar-Oliva y B. Mendoza-Garfías. 2017. Diversidad algal del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México, excepto diatomeas. *Hidrobiológica* 27 (1): 45-58.
88. Campos-Campos, B., M. C. Cortés-Lara y M. G. Rivas. 2017. Microalgas planctónicas en la laguna costera «El Carmen», Cárdenas, Tabasco, México. *Kuxulkab'* 23 (46): 29-40.
89. García-Rodríguez, J., F. I. Molina-Astudillo, E. Miranda-Espinoza, M. B. Soriano-Salazar y M. Díaz-Vargas. 2015. Variación fitoplanctónica en un lago urbano del municipio de Cuernavaca, Morelos, México. *Acta Universitaria* 25 (1): 003-11.
90. Novelo, E. 2012a. Chlorophyta. Fascículo 94. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 86 p.
91. Parra, O. O., M. González, V. Dellarossa, P. Rivera y M. Orellana. 1982c. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen III. Cryptophyceae-Dinophyceae-Euglenophyceae. Universidad de Concepción, Chile. 99 p.
92. Rivera, P., O. O. Parra, M. González, V. Dellarossa, y M. Orellana. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen IV. Bacillariophyceae. Universidad de Concepción, Chile. 97 p.
93. Parra, O. O., M. González, V. Dellarossa, P. Rivera y M. Orellana. 1983. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen V. Chlorophyceae. Universidad de Concepción, Chile. 151 p.
94. Lenzenweger, R. 1996. Desmidiaceenflora von Österreich. Teil 1. *Bibliotheca Phycologica* Band 101. J. Cramer, Stuttgart. Alemania. 162 p.

95. Tell, G., I. Izaguirre e I. O'Farrell. 1994. Ecological and Taxonomical Remarks on the Desmid Flora of the Lower Uruguay River Basin (Argentina). *Bibliotheca Phycologica* Band 96. J. Cramer. Stuttgart. Alemania. 141 p.
96. Ferreira, A. C. S. y M. Menezes. 2000. Flora planctónica de um reservatório eutrófico, lagoa Guandu, município de Nova Iguaçu, RJ. *Hoehnea* 27 (1): 45-76.
97. Komárek, J. y D. Fott. 1983. Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematic und Biologie. 7. Teil: Chlorophyceae (Ordnung: Chlorococcales). Stuttgart. Alemania. 1044 p.
98. Sant'Anna, C. L. 1984. Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de Sao Paulo, Brasil. *Bibliotheca Phycol. Brasil.* 67: 348 p.
99. Comas, A. 1996. Las Chlorococcales dulciacuícolas de Cuba. J. Cramer. Stuttgart. *Bibliotheca Phycologica* Band 99. Alemania. 192 p.
100. Guiry M. D. y G. M. Guiry. 2020. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; consultada el 22 de febrero 2020.
101. Kim, Y. J. 2013. Taxonomic and Ecological Study of the Families Hydrodictyaceae and Coelastraceae, Order Chlorococcales, and Class Chlorophyceae in Korea. *Journal of Ecology and Environment* 36 (4): 421-437.
102. López-Adrián, S. J. y L. A. Catzim. 2010. Microalgas dulceacuícolas. En: *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 165-166 pp. (y anexos).
103. Luna L., C. L. Sant'Anna, y A. Tucci. 2010. Chlorophyceae das Represas Billings (Braço Taquacetuba) e Guarapiranga, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 33 (2): 247-264.
104. Dávila, C. y L. Carvalho. 2012. Chlorophyta from an artificial hypereutrophic lake, Southern Brazil. *Iheringia Serie Botânica* 67 (1): 75-91.
105. Aquino, C., N. C. Bueno y V. Costa. 2014. Chlorococcales sensu lato (Chlorophyceae) de um ecossistema lótico subtropical, Estado do Paraná, Brasil. *Hoehnea* 41 (3): 431-451.
106. Bezerra, E. e I. Nogueira. 2017. Algas planctônicas flageladas e cocoides verdes de um lago no Parque Beija-Flor, Goiânia, GO, Brasil. *Hoehnea* 44 (3): 415-430.
107. Menezes, M. e I. C. Alves Dias. 2001. Biodiversidade de Algas de Ambientes Continentais do Estado Rio de Janeiro. Museu Nacional. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil. 254 p.
108. Alves-Dias, I. C., M. Menezes, M. Graca, C. Alves, A. Muniz, B. Pedroza y C. Pimentel. 2001. Listagem taxonômica e consideracoes fitogeográficas. En: Ferreira, A. e I. C. Alves Dias (eds). *Flora do Parque Nacional da Restinga de Jurubatita a arredores, Rio de Janeiro, Brasil: listagem, florística e fitogeografia: Angiospermas, Pteridófitas, Algas continentais*. Museu Nacional. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil. 171-200 pp.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

109. Wehr, J. D., R. G. Sheat y J. P. Kocielek. 2015. Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification (2da ed). Elsevier Academic Press. USA. 1050 p.
110. Komárek, J. y K. Anagnostidis. 1999. Süßwasserflora von Mitteleuropa: Cyanopokaryota. 19/1. Teil: Chroococcales. Gustav Fisher. Alemania. 548 p.
111. Komárek, J. y K. Anagnostidis. 2005. Süßwasserflora von Mitteleuropa: Cyanopokaryota. 19/2. Teil: Oscillatoriales. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag. Alemania. 759 p.
112. Komárek, J. 2013. Süßwasserflora von Mitteleuropa: Cyanopokaryota. 19/3. Teil: Nostocales. Springer Spektrum. Alemania. 1130 p.
113. Croasdale, H., C. E. Bicudo y G. W. Prescott. 1983. A synopsis of North American Desmids: Part II. Desmidiaceae: Placodermatae Section 5. The Filamentous Genera. University of Nebraska Press & Lincoln and London. USA. 117 p.
114. Huber-Pestalozzi, G. 1955. Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie. 4. Teil: Euglenophyceen. Stuttgart. Alemania. 606 p.
115. Levanets, A. y L. Rensburg. 2011. Desmids of Southern Africa. An annotated and illustrated list. The Platinum Press, Potchefstroom. República de Sudáfrica. 332 p.
116. Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1986. Süßwasserflora von Mitteleuropa: Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. Band 2/1. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. Alemania. 875 p.
117. Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1988. Süßwasserflora von Mitteleuropa: Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Ephithemiaceae, Suriellaceae. Band 2/2. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. Alemania. 596 p.
118. Shakhmatov, A. S., E. V. Pavlovskiy y A. G. Paukov. 2018. Desmid algae (Charophyta: Conjugatophyceae) of Ekaterinburg, Middle Urals, Russia. Folia Cryptogamica Estonica 55: 07-15.
119. Islam, A. K. M. y H. M. Irfanullah. 2005. Hydrobiological studies within the tea gardens at Srimangal, Bangladesh. IV. Desmids (17 Genera). Bangladesh Journal of Plant Taxonomy 12(2): 49-62.
120. Novelo, E. 2012b. Bacillariophyta. Fascículo 102. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 230 p.
121. Petrova, D. y D. Gerdzhikov. 2015. Phytoplankton taxonomy in the Bulgarian coastal waters (2008-2010). Bulgarian Journal of Agricultural Science 21(1): 90-99.
122. Alves-da-Silva, S. M. y J. Rizzi. 2008. O gênero *Phacus* (Euglenophyceae) em sistemas lênticos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, sul do Brasil. Acta Botânica Brasilica 22 (3): 684-700.
123. Wołowski, K., A. A. Saber y M. Cantonati. 2017. Euglenoids from the el Farafra Oasis (Western Desert, Egypt). Polish Botanical Journal 62 (2): 241-251.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

124. Kouassi, B. A., A. Ouattara y K. Philippe. 2013. Euglenozoa occurring in Adzopé Reservoir, Côte D'Ivoire. *Turkish Journal of Botany* 37: 1176-1187.
125. Alves-da-Silva, S. M. y F. Cardoso. 2004. Euglenophyta no Parque Estadual Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. 3. Gênero *Strombomonas* Defl. *Acta Botânica Brasilica* 18 (3): 555-572.
126. Philipose, M. T. 1988. Contributions to our knowledge of Indian algae 3. Euglenineae Part 3. The genera *Trachelomonas* Ehrenberg and *Strombomonas* Deflandre. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences* 98 (5): 317-394.
127. Medeiros, G. J., J. E. De Lucena y L. Gomes. 2012. Pigmented Euglenophytes in a natural and shallow lake in the semiarid region of Paraíba State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 35 (1): 17-30.
128. Servat, L. C., N. C. Bueno, y S. M. Alves-da-Silva. 2015. New records of *Trachelomonas* Ehrenberg (Euglenophyceae) in lotic environments of the buffer zone of Iguazu National Park, Paraná, Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 38 (2): 343-356.
129. Soon, H. 2013. New records of Euglenophyta from Korea. *Journal of Ecology and Environment* 36 (4): 339-346.
130. Wołowski, K. y P. L. Walne. 2007. *Strombomonas* and *Trachelomonas* species (Euglenophyta) from south-eastern USA. *European Journal of Phycology* 42 (4): 409-431.
131. Riediger, W., N. C. Bueno, S. Jati y N. Y. Sebastien. 2014. Fitoplâncton de lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) no oeste do Paraná, Brasil: classes Chlorophyceae e Euglenophyceae. *Iheringia Serie Botânica* 69 (2): 329-340.
132. Marshall, H. G., L. Burchardt y R. Lacouture. 2005. A review of phytoplankton composition within Chesapeake Bay and its tidal estuaries. *Journal of Plankton Research* 27 (2): 1083-1102.
133. Khondker, M., R. A. Bhuiyan, J. Yeasmin, M. Alam, R. Bradley, A. Huq y R. R. Colwell. 2007. New records of phytoplankton for Bangladesh. 4. Chlorococcales. *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy* 14 (2): 83-91.
134. Komárková, J., J. Jezberová, O. Komárek, y E. Zapomelová. 2010. Variability of *Chroococcus* (Cyanobacteria) morphospecies with regard to phylogenetic relationships. *Hydrobiologia* 639: 69-83.
135. Moreno-Ruíz, J. L. 2005. Fitoplancton. En: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (eds). *Biodiversidad del Estado de Tabasco*. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad e Instituto de Biología, UNAM. México. 33-64 pp.
136. Mendoza-González, A. C., L. E. Mateo-Cid y D. Y. García-López. 2017. Inventory of benthic marine and estuarine algae and Cyanobacteria for Tabasco, México. *Biota Neotrópica* 17(4): 01-14.

137. De-Lamonica-Freire, E. M. y C. W. Heckman. 1996. The Seasonal Succession of Biotic Communities in Wetlands of the Tropical Wet-and-Dry Climatic Zone: 111. The Algal Communities in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil, with a Comprehensive List of the Known Species and Revision of two Desmid Taxa. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 81 (2): 253-280.
138. Aguilera, A., E. Berrendero, J. Kastovsky, R. O. Echenique y G. L. Salerno. 2018. The polyphasic analysis of two native *Raphidiopsis* isolates supports the unification of the genera *Raphidiopsis* and *Cylindrospermopsis* (Nostocales, Cyanobacteria). *Phycologia* 57 (2): 130-146.
139. Muciño-Márquez, R. E., M. G. Figueroa-Torres y A. Aguirre León. 2014. Phytoplankton composition in the Fluvial-lagoon Systems Pom-Atasta and Palizada del Este, Adjacent to the Terminos Lagoon Campeche, México. *Acta Biológica Colombiana* 19 (1): 63-84.
140. López-Mendoza, Z., R. Tavera y E. Novelo. 2015. El fitoplancton de un canal de Xochimilco y la importancia de estudiar ecosistemas acuáticos urbanos. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 18 (1): 13-28.
141. Werner, V. R., M. M. Cabezudo, L. Marques da Silva, E. B. Neuhaus. 2015. Cyanobacteria from two subtropical water bodies in southernmost Brazil. *Iheringia Serie Botánica* 70 (2): 357-374.
142. Tavera, R., E. Novelo y S. López. 2013. Cyanoprokaryota in karst environments in Yucatán, México. *Botanical Sciences* 91 (1): 27-52.
143. Phinyo, K., J. Pekkoh y Y. Peerapornpisal. 2017. Distribution and ecological habitat of *Scenedesmus* and related genera in some freshwater resources of Northern and North-Eastern Thailand. *Biodiversitas* 18 (3): 1092-1099.
144. Nandi, C., P. Basu y R. Pal. 2017. New insights into the diversity of planktonic Chlorophytes and Charophytes from West Bengal with reports of three novel taxa from India. *Phykos* 47 (2): 135-149.
145. Licea-Durán, S. 1974. Sistemática y distribución de diatomeas de la laguna de Agiabampo, Sonora/Sinaloa, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 1 (1): 99-126.
146. Dutra, D. B. y M. García. 2016. Diatomáceas fitoplanctónicas da Praia do Gi, Laguna, Santa Catarina, Brasil. *Acta Biológica Catarinense* 3 (2): 102-120.
147. Wolf, H. y L. Denys. 1993. *Actinoptychus splendens* (Shadbolt) Ralfs (Bacillariophyceae): a biostratigraphic marker for the later part of the Holocene coastal deposits along the southern North Sea. *Hydrobiologia* 269/270: 153-158.
148. Licea-Durán, S., J. L. Moreno-Ruíz y R. Luna. 2016. Checklist of Diatoms (Bacillariophyceae) from the Southern Gulf of Mexico: Data-Base (1979-2010) and New Records. *Journal of Biodiversity & Endangered Species* 4 (3): 2332-2543.

149. Lee, S. D., S. M. Yun, J. S. Park y J. H. Lee. 2015. Floristic Survey of Diatom in the Three Islands (Baeknyeong, Daecheong, Socheong) from Yellow Sea of Korea. *Journal of Ecology and environment* 38 (4): 01-36.
150. Crosby, L. H. y E. J. Ferguson. 1958. Studies on Australian and New Zealand Diatoms I Planktonic and Allied species. *Transactions of the Royal Society of New Zealand* 85 (4): 483-530.
151. Lacerda, S. R., M. L. Koenig, S. Neumann-Leitao y M. J. Flores-Montes. 2004. Phytoplankton nyctemeral variation at a tropical river estuary: Itamaracá-Pernambuco Brasil. *Brazilian Journal of Biology* 64 (1): 81-94.
152. Parra, O. O., M. González, V. Dellarossa, P. Rivera y M. Orellana. 1982b. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen II. Chrysophyceae-Xanthophyceae. Universidad de Concepción, Chile. 82 p.
153. Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1991a. Süßwasserflora von Mitteleuropa: Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Band 2/3. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. 576 p.
154. Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1991b. Süßwasserflora von Mitteleuropa: Bacillariophyceae 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. 437 p.
155. 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*. A. R. G. Gantner Verlag, Künigstein. Alemania. 526 p.
156. Ciugulea, I. y R. E. Triemer. 2010. A color Atlas of Photosynthetic Euglenoids. Phycological Society of America. Michigan State University Press, USA. 197 p.
157. Tolivia, A. A., M. Nuñez, S. R. Duque y V. Conforti. 2012. A taxonomic and ultrastructural study of naked Euglenophyta from Colombia. *Algological Studies* 140: 03-21.
158. Dornelles, M., L. H. Zanini y V. R. Werner. 2012. Cyanobacteria from coastal lagoons of Southern Brazil: coccoid organisms. *Brazilian Journal of Botany* 35 (1): 31-48.
159. Borges, S., L. Fontana, E. C. Rodrigues, C. E. Bicudo y D. Campos. 2016. Composition and distribution of diatom assemblages from core and surface sediments of a water supply reservoir in Southeastern Brazil. *Biota Neotrópica* 16 (2): 01-23.
160. Thomas, W. H., T. Zavoico y C. Hewes. 2001. Historical phytoplankton species time series data (1917-1939) from the North American Pacific Coast. Scripps Institution of Oceanography University of California, San Diego SIO Ref. No. 01-12.
161. Conforti, V. 1998. Morphological changes of Euglenophyta in response to organic enrichment. *Hydrobiologia* 369/370: 277-285.

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México**

162. Dingley, M. 2001. Desmids of New South Wales: New species and new records. *Telopea* 9 (3): 601-637.
163. Kumar, P., P. Misra, M. Skukla y J. Prakash. 2008. Some Desmids from Garhwal Region of Uttarakhand, India. *Algae* 23 (3): 177-186.
164. Morais, K. S., E. Rodrigues, S. Zorzal-Almeida, D. C. Bicudo y C. E. Bicudo. 2018. Taxonomy and ecology of order Surirellales (Bacillariophyceae) in tropical reservoirs in Southeastern of Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 30: e204.
165. Flechtner, V. R., J. R. Johansen y W. H. Clark. 1998. Algal composition of microbiotic crusts from the Central Desert of Baja California, Mexico. *Great Basin Naturalist* 58 (4): 295-311.
166. Morais, K. S., y C. E. Bicudo. 2017. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algae*, 42: Bacillariophyceae (Surirellales). *Hoehnea* 44 (1): 10-28.
167. Nabeshima, C. A., N. C. Bueno, L. C. Servat, y J. C. Bortolini. 2016. New records of *Cosmarium* Corda ex Ralfs in lotic environment, adjacent to the Iguaçu National Park, Paraná State, Brazil. *Hoehnea* 43 (4): 669-688.
168. Hällfors, G. 2004. Checklist of Baltic Sea Phytoplankton Species. *Baltic Sea Environment Proceedings* 95: 207 p.
169. Hirota, M. y T. Ohtsuka. 2009. Epilithic diatoms of Sendai River, Tottori Prefecture, Japan. *Diatom* 25: 52-72.
170. Kihara, Y., Y. Sahashi, S. Arita y T. Ohtsuka. 2009. Diatoms of Yamakado Moor in Shiga Prefecture, Japan. *Diatom* 25: 91-105.
171. Buendía-Flores, M., R. Tavera y E. Novelo. 2015. Florística y Ecología de diatomeas bentónicas de la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac, México. *Botanical Sciences* 93 (3): 531-558.
172. Lenarczyk, J. 2015. *Pediastrum* Meyen sensu lato (Chlorophyceae) in the phytoplankton of lowland and upland water bodies of Central Europe (Poland). *Fottea Olomouc* 15 (2): 165-177.
173. Montoya-Moreno, Y., S. Sala, A. Vouilloud, N. Aguirre y Y. Plata-Díaz. 2013. Lista de las diatomeas de ambientes continentales de Colombia. *Biota Colombiana* 14 (2): 13-78.
174. Kravesky, D. M., E. Meave, E. Zamudio, J. N. Norris y S. Fredericq. 2009. Diatoms (Bacillariophyta) of the Gulf of Mexico. 155-186 pp.
175. Nardelli, M. S., N. C. Bueno, T. A. V. Ludwig y A. T. B. Guimaraes. 2016. Structure and dynamics of the planktonic diatom community in the Iguassu River, Paraná State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 76 (2): 374-386.
176. Bere, T. y J. G. Tundisi. 2010. Epipsammic diatoms in streams influenced by urban pollution, São Carlos, SP, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70 (4): 921-930.
177. Freitas, L. C. y S. M. Loverde-Oliveira. 2013. Checklist of green algae (Chlorophyta) for the state of Mato Grosso, Central Brazil. *Check list* 9 (6): 1471-1483.

178. Dunck, B., I. de Souza Nogueira y M. D. Gracias. 2012. Planktonic diatoms in lotic and lentic environments in the lago dos Tigres hydrologic system (Britânia, Goiás, Brazil): Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae. *Brazilian Journal of Biology* 35 (2): 181-193.
179. Levkov, Z., S. Tofilovska y D. Mitic-Kopanja. 2016. Species of the diatom genus *Craticula* Grunow (Bacillariophyceae) from Macedonia. *Contributions, Section of Natural, Mathematical and Biotechnical Sciences, MASA* 37 (2): 129-165.
180. De Souza-Santos, K. R., A. C. Righetti y C. L. Sant'Anna. 2012. Diatoms from shallow lakes in the pantanal of nhecolândia, Brazilian wetland. *Oecologia Australis* 16 (4): 756-769.
181. Levkov, Z., S. Krstic, T. Navok y L. Melovski. 2005. Diatom assemblages on Shara and Nidze Mountains, Macedonia. *Nova Hedwigia* 81(03-04): 501-537.
182. Mora, D., J. Carmona y E. A. Cantoral-Uriza. 2015. Diatomeas epilíticas de la cuenca alta del río Laja, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 1024-1040.
183. Grabowska, M., F. Hindák y A. Hindáková. 2014. Phototrophic microflora of dystrophic Lake Sęczek, Masuria, Poland. *Oceanological and Hydrobiological Studies*: 337-345.
184. Ortíz-Lerin, R. y J. Cambra. 2007. Distribution and taxonomic notes of *Eunotia* Ehrenberg 1837 (Bacillariophyceae) in rivers and streams of Northern Spain. *Limnetica* 26 (2): 415-434.
185. Fránkova, M., J. Bojková, A. Poulícková y M. Hájek. 2009. The structure and species richness of the diatom assemblages of the Western Carpathian spring fens along the gradient of mineral richness. *Fottea Olomouc* 9 (2): 355-368.
186. Matias de Faria, D., P. I. Tremarin y T. A. Veiga. 2010. Diatomáceas perifíticas da represa Itaqui, São José dos Pinhais, Paraná: Fragilariales, Eunotiales, Achnanthes e *Gomphonema* Ehrenberg. *Biota Neotrópica* 10 (3): 415-427.
187. Ohtsuka, T., S. Kato, K. Asai y T. Watanabe. 2009. Checklist and illustrations of diatoms in Laguna de Bay, Philippines, with reference to water quality. *Diatom* 25: 134-147.
188. Veselá, J. 2006. Benthic algal communities and their ecology in sandstone periodically desiccated brook in National Park Bohemian Switzerland (Czech Republic). *Czech Phycology, Olomouc* 6: 99-110.
189. Costa, L. F., S. Wengrat y D. C. Bicudo. 2017. Diatoms from distinct habitats of a highly heterogeneous reservoir, Billings Complex, southeastern Brazil. *Hoehnea* 44 (4): 559-579.
190. Siqueiros-Beltrones, D. A., U. Argumedo-Hernández y O. U. Hernández-Almeida. 2013. Diagnóstico prospectiva sobre la diversidad de diatomeas epilíticas en la laguna Bacalar, Quintana Roo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 865-875.
191. Medeiros, G., M. Wellington, P. C. Ferreira, T. Veiga y N. C. Bueno. 2018. *Gomphonema* Ehrenberg (Bacillariophyceae, Gomphonemataceae) of the São Francisco Falso River, Paraná, Brazil. *Biota Neotrópica* 18 (3): 01-23.

192. Leira, M., M. C. López-Rodríguez y R. Carballeira. 2017. Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) from running waters in NW Iberian Peninsula (Galicia, Spain). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 74 (2): e062.
193. Biolo, S. y C. E. Bicudo. 2018. Checklist of the genus *Cosmarium* (Zygnematophyceae, Streptophyta) from Brazil. *International Journal of Biodiversity* 2 (5): 452-454.
194. Bicudo, C. E. y A. A. J. de Castro. 1994. Desmidióflora paulista IV: Géneros *Closterium*, *Spinoclosterium*. J. Cramer. Stuttgart. Bibliotheca Phycologica Band 95. 153 p.
195. Bourrelly P. y A. Couté. 1991. Desmidiées de Madagascar (Chlorophyta, Zygothryxales). J. Cramer. Stuttgart. Bibliotheca Phycologica Band 86. 348 p.
196. Dillard, G. E. 1991. Freshwater Algae of the Southeastern United States. Part 5: Chlorophyceae: Zygnematales: Desmidiaceae (Section 3). J. Cramer. Stuttgart. Bibliotheca Phycologica Band 90. 155 p.
197. Dillard, G. E. 2000. Freshwater Algae of the Southeastern United States. Part 7: Pigmented Euglenophyceae. J. Cramer. Stuttgart. Bibliotheca Phycologica Band 106. 135 p.
198. Grönblad, R. y H. Croasdale. 1971. Desmids from Namibia (SW África). Helsinki-Helsingfors. *Acta Botánica Fennica* 93: 41 p.
199. Hwan, J. y M. Chang. 1996. Morphological variations of the marine Diatom genus *Actinopteryx* in the coastal Waters of Korea. *Algae* 11 (4): 365-374.
200. Opute, F. I. 2000. Contribution to the knowledge of algae of Nigeria. I. Desmids from the Warri/Forcados Estuaries. Part II. The elongate baculiform desmids. *Journal of Limnology* 59 (2): 131-155.
201. Tremarin, P. I., T. Veiga y L. Carvalho. 2013. Morphological variation and distribution of the freshwater diatom *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen in Brazilian continental environments. *Iheringia Serie Botánica* 68 (1): 139-157.
202. Knechtel, L., L. Felício y H. Moreira-Filho. 2006. Diatomáceas (Bacillariophyta) marinhas e estuarinas do Paraná, Sul do Brasil: lista de espécies com ênfase em espécies nocivas. *Biota Neotrópica* 6 (3): 01-27.
203. Taft, C. 1945. The Desmids of the West End of Lake Erie. *The Ohio Journal of Science* 45 (5): 180-205.
204. López-Fuerte, F. O. y D. A. Siqueiros-Beltrones. 2016. A checklist of marine benthic diatoms (Bacillariophyta) from Mexico. *Phytotaxa* 283 (3): 201-258.
205. Aparecida, S. y L. Rodrigues. 2011. Desmídias pseudofilamentosas na comunidade fítoperifítica do Reservatório de Rosana, Bacia do Rio Paranapanema, Brasil. *Revista Brasileira Botânica* 34 (2): 169-176.
206. Diatoms of North America. 2020. <https://diatoms.org/>; consultada el 22 de febrero 2020.

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México**

- 207.** Smith, T. 2010. Revised List of Algae from Arkansas (USA) and New Additions. *International Journal on Algae* 12 (3): 230-256.
- 208.** De los Reyes-Argueyes, E. 2016. Morphotaxonomic Account of Epilithic Microalgae and Cyanobacteria in Los Baños, Laguna (Philippines). *International Peer Reviewed Journal* 17: 22-39.
- 209.** De los Reyes-Argueyes, E. y R. G. Monsalud. 2017. Morphotaxonomy and Diversity of Terrestrial Microalgae and Cyanobacteria in Biological Crusts of Soil from Paddy Fields of Los Baños, Laguna (Philippines). *Philippine Journal of Systematic Biology* 11 (2): 25-36.
- 210.** Barinova, S., M. Boboev y H. Hisoriev. 2015. Freshwater algal diversity of the South-Tajik Depression in a high-mountainous extreme environment, Tajikistan. *Turkish Journal of Botany* 39: 535-546.
- 211.** Hašler, P. y A. Poulíčková. 2005. Cyanobacteria of the West Carpathian Mts spring fens: single samplings. *Czech Phycology, Olomouc* 5: 43-55.
- 212.** Simone M.F. S. y R. N. Pienaar. 1999. Marine Cyanophytes from the Western Cape, South Africa: Oscillatoriales. *The South African Journal of Botany* 65 (1): 01-22.
- 213.** Komárek, O. y J. Komárek. 1999. Diversity of freshwater and terrestrial habitats and their oxyphototroph microflora in the Arctowski Station region, South Shetland Islands Polish. *Polar Research* 20(3): 259-282.
- 214.** Park, J. G. 2012. Algal Flora of Korea: Cyanophyta: Cyanophyceae: Chroococcales, Oscillatoriales. *Freshwater Cyanoprokaryota II. National Institute of Biological Resources* 5 (2): 108 p.
- 215.** Stoyanov, P., I. Teneva, R. Mladenov y D. Belkinova. 2016. Filamentous cyanoprokaryotes (Cyanoprokaryota/ Cyanobacteria) in standing waters of Bulgaria: diversity and ecology. *Journal of BioScience and Biotechnology* 5 (1): 19-28.
- 216.** Schinquel, V., R. Murialdo y C. Daga. 2018. Cianobacterias edáficas en un relicto de monte nativo de la Provincia de Córdoba. *Revista Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 5 (1): 59-67.
- 217.** Espinosa-Bustos, M. 1923. Lista sistemática de algunas algas chilenas de agua dulce. *Revista Chilena de Historia Natural* 27: 93-96.
- 218.** Uzunov, B. A., M. P. Stoyneva y G. Gärtner. 2008. Review of the studies on aero-terrestrial cyanoprokaryotes and algae in Bulgaria with a Checklist of the recorded species. II. *Phytologia Balcánica* 14 (1): 11-18.
- 219.** Komulaynen, S. F. 2016. Cyanophyta/Cyanoprokaryota in periphyton in rivers of eastern Fennoscandia: role in ecosystems, research experience and problems. *Proceedings of Kola Science Centre. Applied Ecology of the North* 216 (4): 14-23.

220. Komulaynen, S. F. 2018. Phytoplankton of water bodies and water courses of the State Nature Reserve «Kivach» (Republic of Karelia, Russia). *Nature Conservation Research* 3 (3): 46-60.
221. National Institute of Biological Resources of Korea (NIBR). 2015. National List of Species of Korea: Blue-green Algae. 75 p.
222. Çicek, N. L. y Ö. O. Ertan. 2016. Seasonal distribution and diversity of epipelagic algae in Köprüçay River (Turkey, Antalya). *Acta Biológica Turcica* 29 (1): 26-34.
223. Tell, G. 1994. Planktonic Cyanophyceae from northeastern Argentina. *Ru. Hydrobiol. hop.* 27 (4): 347-360.
224. Špačková, J., P. Hašler, J. Štěpánková y A. Poulíčková. 2009. Seasonal succession of epipelagic algae: a case study on a mesotrophic pond in a temperate climate. *Fottea* 9 (1): 121-133.
225. Polge, N., A. Sukatar, E. Neyran-Soylu y A. Gönülol. 2010. Epipelagic Algal Flora in the Küçükçekmece Lagoon. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10: 39-45.
226. Mirande, V. y B. C. Tracanna. 2004. Fitoplancton del río Gastona (Tucumán, Argentina): Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta y Rhodophyta. *Iheringia Série Botânica* 59 (1): 35-58.
227. Singh, Y., J. Khattar, D. P. Singh, P. Rahi y A. Gulati. 2014. Limnology and cyanobacterial diversity of high-altitude lakes of Lahaul-Spiti in Himachal Pradesh, India. *Journal of Biosciences* 39 (4): 643-657.
228. Zhu, G. H., C. S. Wang, Z. S. Liu y S. Ohtani. 2013. Studies on Species Composition of Phytoplankton in Fuxian Lake of Yunnan, China. *Advanced Materials Research* 807-809: 1695-1701.
229. Mousumi, D. and J. Prakash-Keshri. 2017. Algal diversity in foot hills of Eastern Himalayas-II (Cyanoprokaryota: Oscillatoriales). *Phykos* 47 (1): 31-51.
230. Ullah, N. y G. Y. Butt. 2017. Ecotaxonomic studies of some filamentous members of Cyanophycota in four Districts of Punjab, Pakistan. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 11 (4): 152-156.
231. Predojević, D., S. Popović, Ž. Kljajić, G. Subakov-Simić, A. Blagojević, J. Jovanović y M. Lazić. 2015. Diversity of Cyanobacteria in the Zasavica River, Serbia. *Archives of Biological Science Belgrade* 67 (2): 355-366.
232. Čađo, S., A. Miletić, T. Dopuđa-Glišić y L. Denić. 2006. Physical-chemical characteristics and phytoplankton composition of the Sava River on its lower flow stretch through Serbia. Physical-chemical characteristics and phytoplankton composition of the Sava River on its lower flow stretch through Serbia. 184-188 pp.

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México**

- 233.** Heidari, F., H. Riahi, M. Yousefzadi, y Z. Shariatmadari. 2013. Morphological and Phylogenetic diversity of Cyanobacteria in four hot springs of Iran. *Iranian Journal of Botany* 19 (2): 162-172.
- 234.** Phang, S. M., H. Y. Yeong, E. T. Ganzon-Fortes, K. Lewmanomont, A. Prathep, L. N. Hau, G. S. Gerung y K. S. Tan. 2016. Marine algae of the South China Sea bordered by Indonesia, Malaysia, Philippines, Singapore, Thailand and Vietnam. *Raffles Bulletin of Zoology* 34: 13-59.
- 235.** Khellou, M., A. Laifa, M. Loudiki y M. Douma. 2018. Assessment of Phytoplankton diversity in two lakes from the Northeastern Algerian Sahara. *Applied Ecology and Environmental Research* 16 (3): 3407-3419.
- 236.** Oliveira, E. C., P. A. Horta, C. E. Amancio y C. L. Sant' Anna. 2002. Algas e angiospermas marinhas bêmicas do litoral brasileiro: diversidade, exploração e conservação. En: *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeira e marinha*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 60 p.
- 237.** Werner, V. R., M. Dornelles Martins, y F. Oliveira da Silva. 2018. Cyanobacteria from a Brazilian subtropical freshwater water body. *Brazilian Journal of Botany* 41 (4): 901-921.
- 238.** Novelo, E. y R. Tavera. 2020. bdLACET Base de datos de algas continentales. Facultad de Ciencias, UNAM. México. Disponible en: <https://bdlacet.mx>; consultada el 22 de febrero 2020.
- 239.** Sigala, I., M. Caballero, A. Correa-Metrio, S. Lozano-García, G. Vázquez, L. Pérez y E. Zawisza. 2017. Basic limnology of 30 continental waterbodies of the Transmexican Volcanic Belt across climatic and environmental gradients. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 69 (2): 313-370.
- 240.** Platt-Bradbury, J. 2000. Limnologic history of Lago de Pátzcuaro, Michoacán, Mexico for the past 48,000 years: impacts of climate and man. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 163: 69-95.
- 241.** Buendía-Flores, M., R. Tavera, E. Novelo y S. Espinosa-Matías. 2019. Composición florística y diversidad de diatomeas bentónicas del lago Chalco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90: 01-18.
- 242.** Vidal-Velásquez, L. A. 2010. Manual de fitoplancton hallado en la ciénaga grande de Santa Marta y cuerpos de agua aledaños. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colombia. 384 p.
- 243.** Moreno, J. L., S. Licea y H. Santoyo. 1996. Diatomeas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California, SEP-Fomes, PROMARCO. 272 p.
- 244.** Torres-Ariño, A., Y. B. Okolodkov, N. V. Herrera-Herrera, B. L. Hernández-Barrera, L. González-Resendiz, H. León-Tejera e I. Gárate-Lizárraga. 2019. A checklist of phytoplankton and microphytobenthos of the southeastern Mexican Pacific. *Cymbella* 50 (1): 01-97.

## 12. Referencias generales

- \* Agredano, O. 2019. Ficoflora de la laguna El Camarón en Villahermosa, Tabasco, México. Tesis para obtener la licenciatura en Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. 64 p.
- \* Ahel, M., R. G. Barlow y R. F. C. Mantoura. 1996. Effect of salinity gradients on the distribution of phytoplankton pigments in a stratified estuary. *Marine Ecology Progress Series* 143: 289-295.
- \* Alcocer, J. y F. W. Bernal-Brooks. 2010. *Limnology in Mexico*. *Hydrobiologia* 644:15-68.
- \* American Public Health Association (APHA). 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, Maryland.
- \* Ann, S. S., T. Friedl y E. Hegewald. 1999. Phylogenetic relationships of *Scenedesmus* and *Scenedesmus*-like coccoid green algae as inferred from ITS-2 rDNA sequence comparisons. *Plant biology* 1: 418-428.
- \* Apt, K. E. y P. W. Behrens. 1999. Commercial developments in microalgal biotechnology. *Journal of Phycology* 35 (2): 215-226.
- \* Armienta, M. A., G. Vilaclara, S. De la Cruz-Reyna, S. Ramos, N. Cenicerros, O. Cruz, A. Aguayo y F. Arcega-Cabrera. 2008. Water chemistry of lakes related to active and inactive Mexican volcanoes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 178: 249-258.
- \* Ashworth, M. P., E. C. Ruck, C. S. Lobban, D. K. Romanovicz y E. C. Theriot. 2012. A revision of the genus *Cyclophora* and description of *Astrosyne* gen. nov. (Bacillariophyta), two genera with the pyrenoids contained within pseudosepta. *Phycologia* 51 (6): 684-699.
- \* Barba-Macías, E., J. Rangel-Mendoza y R. Ramos-Reyes. 2006. Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de información geográfica. *Universidad y Ciencia* 22 (2): 101-110.
- \* Barba-Macías, E., F. Valadez-Cruz, M.A. Pinkus-Rendón y M. J. Pinkus-Rendón. 2014. Revisión de la problemática socioambiental de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco. *Investigación y Ciencia* 60: 50-57.
- \* Beardall, J. y J. A. Raven. 2004. The potential effects of global climate change on microalgal photosynthesis, growth and ecology. *Phycologia* 43 (1): 26-40.
- \* Bennett, M. S., K. E. Wiegert y R. E. Triemer. 2014. Characterization of *Euglenaformis* gen. nov. and the chloroplast genoma of *Euglenaformis* [*Euglena*] *proxima* (Euglenophyta). *Phycologia* 53 (1): 66-73.
- \* Bennett, M. S. y R. E. Triemer. 2015. Chloroplast Genome Evolution in the Euglenaceae. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 62 (6): 773-785.
- \* Bertoni, R. 2011. *Limnology of rivers and lakes*. *Limnology, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, developed under the auspices of the UNESCO Eolss Publishers, UK: Oxford.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

- \* Bicudo, C. E. y M. Menezes. 2016. Phylogeny and Classification of Euglenophyceae: A Brief Review. *Frontiers in Ecology and Evolution* 4 (17): 01-15.
- \* Bock, C., T. Proschold y L. Krienitz. 2010. Two new *Dictyosphaerium*-morphotype lineages of the Chlorellaceae (Trebouxiophyceae): *Heynigia* gen. nov. and *Hindakia* gen. nov. *European Journal of Phycology* 45 (3): 267-277.
- \* Bonilla, S. 2009. Cianobacterias Planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. Documento Técnico PHI N° 16. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 96 p.
- \* Borcard, D., F. Guillet y P. Legendre. 2011. Numerical Ecology with R. Springer Science. USA. 306 p.
- \* Bosak, S., L. Supraha, D. Nanjappa, W. H. C. F. Kooistra y D. Sarno. 2015. Morphology and phylogeny of four species from the genus *Bacteriastrium* (Bacillariophyta). *Phycologia* 54 (2): 130-148.
- \* Bowling, L. 2009. Freshwater phytoplankton: diversity and biology. En: I. M. Suthers y D. Rissik. *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. CSIRO Publishing. Australia. 115-140 pp.
- \* Buchheim, M., J. Buchheim, T. Carlson, A. Braband, D. Hepperle, L. Krienitz, M. Wolf y E. Hegewald. 2005. Phylogeny of the Hydrodictyaceae (Chlorophyceae): inferences from rDNA data. *Journal of Phycology* 41 (5): 1039-1054.
- \* Bužančić, M., Ž. Ninčević, I. Marasović, G. Kušpilić y B. Grbec. 2016. Eutrophication influence on phytoplankton community composition in three bays on the eastern Adriatic coast. *Oceanologia* 58 (4): 302-316.
- \* Cavalier-Smith, T. 2016. Higher classification and phylogeny of Euglenozoa. *European Journal of Protistology* 56: 250-276.
- \* Cervantes-Martínez, A., M. A. Gutiérrez-Aguirre, T. Álvarez-Legorreta. 2015. Indicadores de calidad del agua en lagunas insulares costeras con influencia turística: Cozumel e Isla Mujeres, Quintana Roo, México. *Teoría y Praxis*: 60-83.
- \* Chatchawan, T., J. Komárek, O. Strunecky, J. Smarda e Y. Peerapornpisal. 2012. *Oxynema*, a new genus separated from the genus *Phormidium* (Cyanophyta). *Cryptogamie Algologie* 33 (1): 41-59.
- \* Chaurasia, A. 2015. Cyanobacterial biodiversity and associated ecosystem services: introduction to the special issue. *Biodiversity and Conservation* 24: 707-710.
- \* Ciugulea, I., M. A. Nudelman, S. Brosnan y R. E. Triemer. 2008. Phylogeny of the euglenoid loricate genera *Trachelomonas* and *Strombomonas* (Euglenophyta) inferred from nuclear SSU and LSU rDNA. *Journal of Phycology* 44 (2): 406-418.
- \* Cox, E. J. 2011. Morphology: cell wall, cytology, ultrastructural and morphogenetic studies. En: J. Seckbach y J. P. Kociolek. 2011. *The Diatom World*. Springer. 23-45 pp.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

- \* 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 para obtener la licenciatura en Biología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. 37 p.
- \* Cruz-Rosado, L. 2012. Variación espacial y temporal del fitoplancton en la Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco. Tesis para optar por el grado de Maestro en Ciencias Ambientales. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. 91 p.
- \* De Clerck, O., K. A. Bogaert y F. Leliaert. 2012. Diversity and evolution of algae: primary endosymbiosis. En: G. Piganeau. 2012. Genomic Insights into the Biology of Algae, Volume 64. Academic Press. 55-86 pp.
- \* De Clerck, O., M. D. Guiry, F. Leliaert, Y. Samyn y H. Verbruggen. 2013. Algal Taxonomy: a Road to Nowhere? *Journal of Phycology* 49 (2): 215-225.
- \* De la Lanza-Espino, G. 2014. Protocolo para el muestreo de calidad del agua en ríos endorréicos y exorréicos, y en humedales para la aplicación de la Norma de Caudal Ecológico (NMX-AA-159-SCFI-2012). Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). Programa Nacional de Reservas de Agua para el Ambiente. 33 p.
- \* Delwiche, C. F. 2007. Algae in the warp and weave of life: bound by plastids. En: Brodie, J. y J. Lewis (eds). *Unravelling the algae: the past, present, and future of algal systematics*. Boca Raton, FL (USA): CRC Press. 07-20 pp.
- \* Díaz-Larrea, J., F. F. Pedroche y A. Sentíes. 2016. Impacto de los estudios moleculares en la Ficología comparada mexicana: el caso de las macroalgas marinas. *Cymbella* 2 (1): 01-15.
- \* Dvorák, P., A. Poulícková, P. Hašler, M. Belli, D. A. Casamatta y A. Papini. 2015. Species concepts and speciation factors in cyanobacteria, with connection to the problems of diversity and classification. *Biodiversity and Conservation* 24: 739-757.
- \* Engene, N., A. Tronholm y V. J. Paul. 2018. Uncovering cryptic diversity of *Lyngbya*: the new tropical marine cyanobacterial genus *Dapis* (Oscillatoriales). *Journal of Phycology* 54 (4): 435-446.
- \* Evans, K. M., A. H. Wortley y D. G. Mann. 2007. An assessment of potential diatom “barcode” genes (cox1, rbcL, 18S and ITS rDNA) and their effectiveness in determining relationships in *Sellaphora* (Bacillariophyta). *Protist* 158: 349-364.
- \* Evans, K. M., A. H. Wortley, G. E. Simpson, V. A. Chepurinov y D. G. Mann. 2008. A molecular systematic approach to explore diversity within the *Sellaphora pupula* species complex (Bacillariophyta). *Journal of Phycology* 44 (1): 215-231.
- \* Falcón, L. I., S. Magallón y A. Castillo. 2010. Dating the cyanobacterial ancestor of the chloroplast. *The ISME Journal* 4 (6):777-783.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

- \* Fang, L., F. Leliaert, Z. H. Zhang, D. Penny y B. J. Zhong. 2017. Evolution of the Chlorophyta: Insights from chloroplast phylogenomic analyses. *Journal of Systematics and Evolution* 55 (4): 322-332.
- \* García-Ruíz, C. 2012. Estudio de la distribución y diversidad ictiofaunística del mar de Alborán. Tesis para obtener el título de Doctor en Ecología. Universidad de Málaga, España. 333 p.
- \* González-Acosta, A. F., G. De La Cruz-Agüero, J. De La Cruz-Agüero y G. Ruiz- Campos. 2005. Seasonal pattern of the fish assemblage of El Conchalito mangrove swamp, La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. *Hidrobiológica* 15 (2): 205-214.
- \* González-González, J. y E. Novelo. 1986. Algas. En: Lot, A. y F. Chiang (eds). *Manual de Herbario: Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. 47-53 pp.
- \* González-Oreja, J. A., A. A. de la Fuente-Díaz-Ordaz, L. Hernández-Santín, D. Buzo-Franco y C. Bonache-Regidor. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation* 33 (1): 31-45.
- \* Graham, L. E., J. M. Graham, L. W. Wilcox y M. E. Cook. 2016. *Algae*. Tercera edición. LJLM Press, LLC. 595 p.
- \* Gregor, J. y B. Marsálek. 2004. Freshwater phytoplankton quantification by chlorophyll a: a comparative study of in vitro, in vivo and in situ methods. *Water Research* 38 (3): 517-522.
- \* Hall, J. D. y R. M. McCourt. 2015. Conjugating green algae including Desmids. En: D. Wehr, R. G. Sheath y J. Patrick Kociolek. *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*. 2da ed. Elsevier. Academic Press. USA. 429-457 pp.
- \* Hammer, U. T. 1986. *Saline Lake Ecosystems of the World*. Springer. 616 p.
- \* Hašler P., P. Dvořák y A. Pouličková. 2014. A new genus of filamentous epipellic cyanobacteria, *Johansenia*. *Preslia* 86: 81-94.
- \* Hauer, T. y J. Komárek. 2020. CyanoDB.cz 2.0 - On-line database of cyanobacterial genera. - Word-wide electronic publication, University of South Bohemia & Inst. of Botany AS CR, <http://www.cyanodb.cz>; consultada el 22 de febrero 2020.
- \* Hegewald, E., M. Wolf, A. Keller, T. Friedl y L. Krienitz. 2010. ITS2 sequence-structure phylogeny in the Scenedesmaceae with special reference on *Coelastrum* (Chlorophyta, Chlorophyceae). *Phycologia* 49 (4): 325-335.
- \* Hegewald, E. y A. Braband. 2017. A taxonomic revision of *Desmodesmus* serie *Desmodesmus* (Sphaeropleales, Scenedesmaceae). *Fottea Olomouc* 17 (2): 191-208.
- \* Hellmann, J. J. y G. W. Fowler. 1999. Bias, precision, and accuracy of four measures of species richness. *Ecological Applications* 9(3): 824-834.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

- \* 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.
- \* Hindák, F. 2008. *Colour Atlas of Cyanophytes*. Publishing House of the Slovak Academy of Sciences. 253 p.
- \* Hötzel, G. y R. Croome. 1999. *A Phytoplankton Methods Manual for Australian Freshwaters*. Land and Water Resources Research and Development Corporation. Australia. 58 p.
- \* Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015. *Cartas topográficas. Escala 1:50,000*. Hojas E15B61 (Felipe Carrillo Puerto), E15B62 (Frontera), E15B63 (Nuevo Progreso), E15B79 (Comal Calco), E15B71 (Vicente Guerrero), E15B72 (Quintín Arauz), E15B73 (Palizada), E15A88 (Libertad), E15A89 (Cunduacán), E15B81 (Ocuilzapotlán), E15B82 (Lázaro Cárdenas), E15B83 (Jonuta), E15C18 (Huimanguillo), E15C19 (Reforma), E15D11 (Villahermosa), E15D12 (Macuspana), E15D13 (Monte Grande), E15C29 (Pichucalco), E15D22 (Salto del Agua), E15D23 (Catazaja). México.
- \* Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2017. *Anuario estadístico y geográfico de Tabasco*. México. 440 p.
- \* Jena, M., C. Bock, C. Behera, S. P. Adhikary y L. Krienitz. 2014. Strain survey on three continents confirms the polyphyly of the genus *Pediastrum* (Hydrodictyaceae, Chlorophyceae). *Fottea Olomouc* 14 (1): 63-76.
- \* Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8: 151-161.
- \* John, D. M. y F. Rindi. 2015. Filamentous and plantlike green algae. En: D. Wehr, R. G. Sheath y J. Patrick Kociolek. *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*. 2da ed. Elsevier. Academic Press. USA. 375-427 pp.
- \* Joppa, L. N., D. L. Roberts, N. Myersd y S. L. Pimm. 2011. Biodiversity hotspots house most undiscovered plant species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(32): 13171-13176.
- \* Kim, J. I., W. Shin y R. E. Triemer. 2010. Multigene analyses of photosynthetic euglenoids and new family, Phacaceae (Euglenales). *Journal of Phycology* 46(6): 1278-1287.
- \* Knapp, S. 2015. Botanist of the 21<sup>st</sup> century: roles, challenges and opportunities. *Taxon* 64(1): 187-189.
- \* Kociolek, J. P., E. C. Theriot, D. M. Williams, M. Julius, E. F. Stoermer y J. Kingston. 2015. Centric and araphid diatoms. En: D. Wehr, R. G. Sheath y J. Patrick Kociolek. *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*. 2da ed. Elsevier. Academic Press. USA. 653-708 pp.
- \* Komárek, J. 2008. The cyanobacterial genus *Macrospermum*. *Fottea* 8(1): 79-86.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

- \* Komárek, J. 2010. Recent changes (2008) in cyanobacteria taxonomy based on a combination of molecular background with phenotype and ecological consequences (genus and species concept). *Hydrobiologia* 1:245-259.
- \* Komárek, J. 2012. Nomenclatural changes in heterocytous Cyanoprokaryotes (Cyanobacteria, Cyanophytes). *Fottea* 12(1): 141-148.
- \* Komárek, J. 2016. A polyphasic approach for the taxonomy of cyanobacteria: principles and applications. *European Journal of Phycology* 51(3): 346-353.
- \* Komárek, J. 2018. Delimitation of the family Oscillatoriaceae (Cyanobacteria) according to the modern polyphasic approach (introductory review). *Brazilian Journal of Botany* 41: 449-456.
- \* Komárek, J., J. Kaštovský y J. Jezberová. 2011. Phylogenetic and taxonomic delimitation of the cyanobacterial genus *Aphanothece* and description of *Anathece* gen.nov. *European Journal of Phycology* 46(3): 315-326.
- \* Komárek, J., J. Kaštovský, J. Mareš y J. R. Johansen. 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia* 86: 295-335.
- \* Komárek, J. y J. R. Johansen. 2015. Coccioid Cyanobacteria. En: D. Wehr, R. G. Sheath y J. Patrick Kociolek. *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*. 2da ed. Elsevier. Academic Press. USA. 75-133 pp.
- \* Korelusová, J., J. Kaštovský y J. Komárek. 2009. Heterogeneity of the Cyanobacterial genus *Synechocystis* and description of a new genus, *Geminocystis*. *Journal of Phycology* 45(4): 928-937.
- \* Kühn, S. F., G. Klein, H. Halliger, P. E. Hargraves y L. K. Medlin. 2006. A new diatom, *Mediopyxis helysia* gen. nov. and sp. nov. (Mediophyceae) from the North Sea and the Gulf of Maine as determined from morphological and phylogenetic characteristics. *Beiheft zur Nova Hedwigia* 130: 307-324.
- \* Lampert, W. y U. Sommer. 2007. *Limnoecology: The ecology of lakes and streams*. Segunda edición. Oxford University Press. 324 p.
- \* Lee, M. A., D. G. Faria, M. S. Han, J. Lee y J. S. Ki. 2013. Evaluation of nuclear ribosomal RNA and chloroplast gene markers for the DNA taxonomy of centric diatoms. *Biochemical Systematics and Ecology* 50: 163-174.
- \* Leliaert, F., D. R. Smith, H. Moreau, M. D. Herron, H. Verbruggen, C. F. Delwiche y O. De Clerck. 2012. Phylogeny and Molecular Evolution of the Green Algae. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 31: 01-46.
- \* Lenarczyk, J. y M. Saluga. 2018. Evolutionary relationships between the varieties of green algae *Pediastrum boryanum* and *P. duplex* s.l. (Chlorophyceae, Hydrodictyaceae). *Fottea Olomouc*, 18 (2): 170-188.
- \* Lewis, L. A. y R. M. McCourt. 2004. Green Algae and the origin of land plants. *American Journal of Botany* 91(10): 1535-1556.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

- \* Linton, E. W., M. A. Nudelman, V. Conforti y R. E. Triemer. 2000. A molecular analysis of the Euglenophytes using SSU rDNA. *Journal of Phycology* 36(4): 740-746.
- \* Lionard, M., K. Muylaert, D. V. Gansbeke y W. Vyverman. 2005. Influence of changes in salinity and light intensity on growth of phytoplankton communities from the Schelde river and estuary (Belgium/The Netherlands). *Hydrobiologia* 540: 105-115.
- \* Litchman, E. y C. A. Klausmeier. 2008. Trait-Based Community Ecology of Phytoplankton. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39: 615-639.
- \* López-Gómez, A. M. y G. Williams-Linera. 2006. Evaluación de métodos no-paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78: 7-15.
- \* López-Martínez, M. L. y S. M. Madroñero-Palacios. 2015. Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso laguna de La Cocha. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* 25 (2): 21-42.
- \* López-Hernández, E. S. y C. Pérez. 1993. Guía para la interpretación de la naturaleza en los Pantanos de Centla, Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 106 p.
- \* López-Hernández, M., M. A. Magaña-Alejandro, M. G. Ramos-Espinosa. 2007. Laguna de las Ilusiones, Tabasco, México. En: De la Lanza-Espino, G. y S. Hernández (comp.). *Las aguas interiores de México: conceptos y casos*. AGT Editor, S. A. México. 235-252 pp.
- \* Lot-Helgueras, A. y Novelo-Retana, L. A. 1998. El Pantano de Tabasco y Campeche: la reserva más importante de plantas acuáticas de Mesoamérica. En: *Memorias del Simposium Internacional sobre la conservación y el delta de los ríos Usumacinta y Grijalva, del 2 al 6 de febrero de 1987*. Editado por INIREB División Regional Tabasco y Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 537-547 pp.
- \* Mai, T., J. R. Johansen, N. Pietrasiak, M. Bohunická y M. P. Martín. 2018. Revision of the Synechococcales (Cyanobacteria) through recognition of four families including Oculatellaceae fam. nov. and Trichocoleaceae fam. nov. and six new genera containing 14 species. *Phytotaxa* 365(1): 01-59.
- \* Malone, C.F.S., J. Rigonato, H. D. Laughinghouse, E. C. Schmidt, Z. Bouzon, A. Wilmotte, M. F. Fiore y C. L. Sant'Anna. 2015. *Cephalothrix* gen. nov. (Cyanobacteria): towards an intraspecific phylogenetic evaluation by multilocus analyses. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 65: 2993-3007.
- \* Mann, D. G. 2011. Size and Sex. En: J. Seckbach y J. P. Kociolek. 2011. *The Diatom World*. Springer. 147-166 pp.
- \* Manzano-Sarabia, M. M. y C. A. Salinas-Zavala. 2008. Variabilidad estacional e interanual de la concentración de clorofila A y temperatura superficial del mar en la región occidental del golfo de México: 1996-2007. *Interciencia* 33 (9): 628-634.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

- \* Margalef, R. 1983. Limnología. Ed. Omega. Barcelona. 1010 p.
- \* Marin, B., A. Palm, M. Klingberg y M. Melkonian. 2003. Phylogeny and Taxonomic Revision of Plastid-Containing Euglenophytes based on SSU rDNA Sequence Comparisons and Synapomorphic Signatures in the SSU rRNA Secondary Structure. *Protist* 154: 99-145.
- \* Martínez-Meyer, E., J. E. Sosa-Escalante y F. Álvarez. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad Supl.* 85: S1-S9.
- \* Martins, M. D., J. Rigonato, S. R. Taboga y L. H. Zanini-Branco. 2016. Proposal of *Ancylothrix* gen. nov., a new genus of Phormidiaceae (Cyanobacteria, Oscillatoriales) based on a polyphasic approach. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 66: 2396-2405.
- \* Medlin, L. K. 2016. Evolution of the diatoms: major steps in their evolution and a review of the supporting molecular and morphological evidence. *Phycologia* 55 (1): 79-103.
- \* Medlin, L. K. e I. Kaczmarska. 2004. Evolution of the Diatoms: V. Morphological and cytological support for the major clades and taxonomic revision. *Phycologia* 43 (3): 245-270.
- ❖ Mireles, A. 2019. Aspectos ecológicos de algas metafíticas en dos lagos de Tabasco, México. Tesis para obtener el grado de maestra en ciencias. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 166 p.
- ❖ Mora-Donjuán, C. A., O. N. Burbano-Vargas, C. Méndez-Osorio y D. F. Castro-Rojas. 2017. Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus* L.) en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 14(35): 68-75.
- ❖ Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO, y Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). 83 p.
- \* Moreno-Díaz, G., A. A. Rojas-Herrera, J. González-González, J. Violante-González, J. L. Rosas-Acevedo y S. García-Ibañez. 2015. Variación temporal de la abundancia y composición de especies de fitoplancton colectado con red, en la Bahía de Acapulco, México. *Revista Bio Ciencias* 3 (2): 88-102.
- \* Moreno-Franco, D. P., J. Quintero y A. López-Cuevas. 2010. Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS* 78: 25-33.
- \* Morris, I. 1980. *The Physiological Ecology of Phytoplankton*. Studies in Ecology volume 7. Blackwell Scientific Publications. USA. 625 p.
- \* Muciño-Márquez, R. E., A. Aguirre León y M. G. Figueroa-Torres. 2017. Evaluation of trophic status in the Pom-Atasta and Palizada del Este Fluvial-lagoon systems Campeche, Mexico. *Hidrobiológica* 27(3): 281-291.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

- \* Nabout, J. C., B. da Silva, F. Melo y C. L. Sant'Anna. 2013. How many species of Cyanobacteria are there? Using a discovery curve to predict the species number. *Biodiversity and Conservation* 22: 2907-2918.
- \* Nakada, T. y H. Nozaki. 2015. Flagellate green algae. En: D. Wehr, R. G. Sheath y J. Patrick Kociolek. *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*. 2da ed. Elsevier. Academic Press. USA. 265-313 pp.
- \* Navarro-Ramas, N. 2009. *Glosario Diatomológico Ilustrado*. Nelson Navarro Ramas. 61 p.
- \* Notario, A. C. H. 1998. Abundancia relativa de diatomeas y su relación con las condiciones tróficas del ecosistema acuático Laguna de las Ilusiones registrado para la estación de verano. Tesis para obtener el título de licenciado en Biología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. 68 p.
- \* Novelo, E. y R. Tavera. 2011. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce en México. *Hidrobiológica* 21 (3): 333-341.
- \* Osorio-Sánchez, J. J. y R. López-Pérez. 2005. Diversidad y distribución del fitoplancton de la laguna el Balsón, Tabasco, México. Tesis para obtener el título de licenciado en Ecología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. 172 p.
- \* Palinska, K. A., B. Deventer, K. Hariri y M. Lotocka. 2011. A taxonomic study on *Phormidium*-group (cyanobacteria) based on morphology, pigments, RAPD molecular markers and RFLP análisis of the 16S rRNA gene fragment. *Fottea* 11(1): 41-55.
- \* Palinska, K. A. y W. Surosz. 2014. Taxonomy of cyanobacteria: a contribution to consensus approach. *Hydrobiologia* 740:1-11.
- \* Palma-López, D. J., J. Cisneros, E. Moreno y J. A. Rincón-Ramírez. 2007. *Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable*. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-Fundación Produce Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 199 p.
- \* Paerl, H. W. y R. S. Fulton. 2006. Ecology of harmful cyanobacteria. En: E. Granéli y J. T. Turner (eds). *Ecology of Harmful Algae*. Springer. Países Bajos. 23-35 pp.
- \* Pla, L. 2006. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia* 31 (8): 583-590.
- \* Pröschold, T. y F. Leliaert. 2007. Systematics of the green algae: conflict of classic and modern approaches. En: Brodie, J. y J. Lewis (eds). *Unravelling the algae: the past, present, and future of algal systematics*. Boca Raton, FL (USA): CRC Press. 123-153 pp.
- \* Quinn, G. P. y Keough, M. J. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press, USA. 537 p.
- \* Quiroz-González, N., D. León-Álvarez y M. G. Rivas-Acuña. 2017. Nuevos registros de algas verdes marinas (Ulvophyceae) para Tabasco, México. *Acta Botánica Mexicana* 118: 121-138.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

- \* Quiroz-González, N., D. León-Álvarez y M. G. Rivas-Acuña. 2018. Biodiversidad de algas rojas marinas (Rhodophyta) en Tabasco, México. *Acta Botánica Mexicana* 123: 103-120.
- \* Raja, R., S. Hemaiswarya, N. Ashok-Kumar, S. Sridhar y R. Rengasamy. 2008. A perspective on the biotechnological potential of microalgae. *Critical Reviews in Microbiology* 34(2): 77-88.
- \* Rajaniemi, P., P. Hrouzek, K. Kastovská, R. Willame, A. Rantala, L. Hoffmann, J. Komárek y K. Sivonen. 2005. Phylogenetic and morphological evaluation of the genera *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Trichormus* and *Nostoc* (Nostocales, Cyanobacteria). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 55: 11-26.
- \* Reguera, B., S. Méndez y R. Alonso. 2016. Quantitative analysis of microalgae: General considerations. En: *Guide for designing and implementing a plan to monitor toxin-producing microalgae. Manual and guides* 59. Second edition. Intergovernmental Oceanographic Commission. UNESCO. 35-42 pp.
- \* Reynolds, C. 2006. *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press. Estados Unidos. 535 p.
- \* Rodríguez-Rodríguez, E. 2002. *Las lagunas continentales de Tabasco*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 264 p.
- \* Romero-Gil, J. C., A. García, C. A. Bautista y P. H. Pérez. 2000. Caracterización de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla. *Universidad y Ciencia* 15(30): 15-28.
- \* Round, F. E., R. M. Crawford y D. G. Mann. 2000. *The Diatoms: Biology & Morphology of the Genera* (3ra reimp.). Cambridge University Press. Reino Unido. 747 p.
- \* Ruiz-Álvarez, O., R. Arteaga-Ramírez, M. A. Vázquez-Peña, R. E. Ontiveros-Capurata y R. López-López. 2012. Inicio de la estación de crecimiento y periodos secos en Tabasco, México. *Tecnología y Ciencias del Agua* 3 (2): 85-102.
- \* Sánchez, A. J. y E. Barba. 2005. Biodiversidad de Tabasco. En: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (eds). *Biodiversidad del Estado de Tabasco*. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad e Instituto de Biología, UNAM. México. 1-16 pp.
- \* Sánchez, A. J., M. A. Salcedo, R. Florido, A. Armenta, C. Rodríguez-Leal, A. Galindo y E. Moguel. 2007. Pantanos de Centla, un humedal costero tropical. En: De la Lanza-Espino, G. y S. Hernández (comp.). *Las aguas interiores de México: conceptos y casos*. AGT Editor, S. A. México. 399-422 pp.
- \* Sant'Anna, C. L., M. T. Azevedo, L. F. Agujaro, M. Carvalho, L. R. de Carvalho y R. C. de Souza. 2006. *Manual Ilustrado para Identificación y conteo de cianobacterias planctónicas de aguas continentales brasileñas*. Interciencia. Río de Janeiro, Brasil, 58 p.
- \* Santos-Junior, R. C. 2016. *Avaliação do estado trófico aplicando o índice TRIX no sistema lagunar Manguaba (Alagoas/Brasil) acoplado ao uso de geoprocessamento*. Tesis de maestría. Universidade Federal de Alagoas. 93 p.

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

- \* Schwaderer, A. S., K. Yoshiyama, P. Tezanos-Pinto, N. G. Swenson, C. A. Klausmeier y E. Litchman. 2011. Eco-evolutionary differences in light utilization traits and distributions of freshwater phytoplankton. *Limnology and Oceanography* 56(2): 589-598.
- \* Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 2000. Programa de manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Instituto Nacional de Ecología. México. 220 p.
- \* Shashi, T. R., B. R. Kiran, E. T. Puttaiah, Y. Shivaraj y K. M. Mahadevan. 2008. Phytoplankton as index of water quality with reference to industrial pollution. *Journal of Environmental Biology* 29 (2): 233-236.
- \* Shubert, E. y G. Gärtner. 2015. Nonmotile coccoid and colonial green algae. En: D. Wehr, R. G. Sheath y J. Patrick Kociolek. *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*. 2da ed. Elsevier. Academic Press. USA. 315-373 pp.
- \* Sieburth, J., V. Smetacek y J. Lenz. 1978. Pelagic Ecosystem Structure: Heterotrophic Compartments of the Plankton and Their Relationship to Plankton Size Fractions. *Limnology and Oceanography* 23(6): 1256-1263.
- \* Strunecky, O., J. Komárek, J. Johansen, A. Lukesová y J. Elster. 2013. Molecular and morphological criteria for revision of the genus *Microcoleus* (Oscillatoriales, cyanobacteria). *Journal of Phycology* 49 (6): 1167-1180.
- \* Strunecký O., J. Komárek y J. Šmarda. 2014. *Kamptonema* (Microcoleaceae, Cyanobacteria), a new genus derived from the polyphyletic *Phormidium* on the basis of combined molecular and cytomorphological markers. *Preslia* 86: 193-207.
- \* Tiffany, M. A. 2011. Epizoic and Epiphytic Diatoms. En: J. Seckbach y J. P. Kociolek. 2011. *The Diatom World*. Springer. 197-209 pp.
- \* Tomas, C. R. (ed). 1997. *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press. San Diego California, Estados Unidos. 858 p.
- \* Tremarin, P. I., T. A. Ludwig y L. Carvalho. 2012. Ultrastructure of *Aulacoseira brasiliensis* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) and comparison with related species. *Fottea, Olomouc* 12(2): 171-188.
- \* Triemer, R. E., E. Linton, W. Shin y S. Brosnan. 2006. Phylogeny of the Euglenales based upon combined SSU and LSU rDNA sequence comparisons and description of *Discoplastis* gen. nov. (Euglenophyta). *Journal of Phycology* 42(3): 731-740.
- \* Triemer, R. E. y M. A. Farmer. 2007. A decade of euglenoid molecular phylogenetics. En: Brodie, J. y J. Lewis (eds). *Unravelling the algae: the past, present, and future of algal systematics*. Boca Raton, FL (USA): CRC Press. 315-330 pp.
- \* Triemer, R. E. y B. Zakrys. 2015. Photosynthetic Euglenoids. En: D. Wehr, R. G. Sheath y J. Patrick Kociolek. *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*. 2da ed. Elsevier. Academic Press. USA. 459-483 pp.

**Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México**

- \* Van den Hoek, C., D. G. Mann y H. M. Jahns. 1995. *Algae: An Introduction to Phycology*. Cambridge University Press. Cambridge. 623 p.
- \* Villafaña, V. E. y F. M. H. Reid. 1995. Métodos de microscopía para la cuantificación de fitoplancton. En: Alveal, K., M. E. Ferrario, E. C. Oliveira y E. Sar. *Manual de Métodos ficológicos*. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 169-185 pp.
- \* Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87: 559-902.
- \* Werner, V.R., C. L. Sant'Anna y M. T. P. Azevedo. 2008. *Cyanoaggregatum brasiliense* gen. et sp. nov., a new chroococcal Cyanobacteria from Southern Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 31(3): 491-497.
- \* Whitton, B. A. (ed). 2012. *The Ecology of Cyanobacteria II. Their Diversity in Space and Time*. Springer. 760 p.
- \* Williams, D. M. y J. P. Kociolek. 2011. An overview of Diatom classification with some prospects for the future. En: J. Seckbach y J. P. Kociolek. 2011. *The Diatom World*. Springer. 49-91 pp.
- \* Zeitzschel, B. 1978. Why study phytoplankton? en: Sournia, A. (ed). *Phytoplankton manual*. UNESCO, Paris. 01-05 pp.
- \* Zhang, Q., L. Zheng, T. Li, G. Liu, y L. Song. 2018a. Morphology and phylogeny of three planktonic Radiococcaceae sensu lato species (Sphaeropleales, Chlorophyceae) from China, including the description of a new species *Planktosphaeria hubeiensis* sp. nov. *Fottea Olomouc* 18 (2): 243-255.
- \* Zhang, Y., C. Peng, Z. Wang, J. Zhang, L. Li, S. Huang y D. Li. 2018b. The species-specific responses of freshwater diatoms to elevated temperatures are affected by interspecific interactions. *Microorganism* 6(3): 82 (01-16).

## 13. Anexos

### ANEXO 1. Nomenclatura de las muestras colectadas

La nomenclatura de las muestras se encuentra asociada al número de herbario asignado por la colección del laboratorio de algas continentales, ecología y taxonomía, de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Las muestras correspondientes a noviembre 2016 van del número 048 a 052. En el caso de la laguna el Viento, van de 048-050, y San Pedrito 051 y 052. Mientras que las de febrero 2017, corresponden del 077 al 081. El Viento del 077 al 079, y San Pedrito 080 y 081. El segundo componente es una letra, que es A, B o C, y esto hace alusión al estrato de la columna de agua del que proviene la muestra. A corresponde a superficie, B a una profundidad intermedia (1 m), y C, a una profundidad entre 1 ½ a 2 metros.

El catálogo presenta en su estructura este arreglo, por lo que la muestra 052A correspondería a una muestra superficial colectada durante noviembre 2016 en la laguna de San Pedrito; en el caso de 079B, sería una muestra colectada durante febrero 2017 en la laguna el Viento, a una profundidad intermedia.

En el caso de las figuras, tablas y análisis estadísticos, se sigue la misma lógica que para el catálogo, solo que se adiciona un tercer componente, que es la letra V (El Viento) o la P (San Pedrito), para una mayor facilidad para saber de qué laguna se está hablando. Por lo que la muestra P052A, seguirá haciendo alusión a una muestra superficial de la laguna de San Pedrito durante noviembre 2016.

## ANEXO 2. Estacionalidad en la zona de muestreo

La reserva de la Biósfera Pantanos de Centla (RBPC) se localiza en la zona costera del sur del Golfo de México. Donde se reconocen tres estaciones a lo largo del año: secas, lluvias y nortes, distribuidas generalmente entre los meses de marzo-mayo (secas), junio a octubre (lluvias) y de noviembre a febrero (nortes) (Herrera-Silveira, 1994). En el estado de Tabasco, se presenta esta similitud estacional, no obstante, se ha documentado que el período de secas se presenta desde mediados de febrero, hasta mediados de mayo (Ruiz-Álvarez *et al.*, 2012). En el caso específico de la RBPC, se ha registrado la época de secas de marzo a principio de junio; el período de lluvias de temporal desde mediados de junio a septiembre, y la lluviosa por nortes, desde octubre hasta principios de febrero (Sánchez *et al.*, 2007), que coinciden con la temporada mínima de inundación (marzo a mayo) y la de máxima, de agosto a diciembre, donde se reconocen dos temporadas de transición, en las cuáles el nivel de agua disminuye de enero a febrero y aumenta de junio a agosto (Sánchez *et al.*, 2007).

A partir de los datos de precipitación (mm) y temperatura media del estado de Tabasco, para 2016 y 2017, obtenidos del Sistema Meteorológico Nacional, se construyeron dos climogramas, que permitieron confirmar la tendencia de la estacionalidad señalada para el Golfo de México, y el estado de Tabasco, estableciendo el período de muestreo durante lluvias de nortes (2016) y secas (2017). En el caso de la colecta realizada en noviembre 2016, se registró una disminución de la temperatura en el período comprendido de octubre a diciembre, con regímenes de lluvia superiores al promedio, presentándose en noviembre, una precipitación de 161.4 mm (**FIGURA 1**). Mientras que, para la colecta de febrero 2017, se registró como el mes con la precipitación más baja (32.4 mm), acompañado de un incremento de temperatura (26° C), que continúa aumentado en marzo y abril, a la par de presentar las precipitaciones más bajas del año, constituyendo la temporada de secas (**FIGURA 2**).

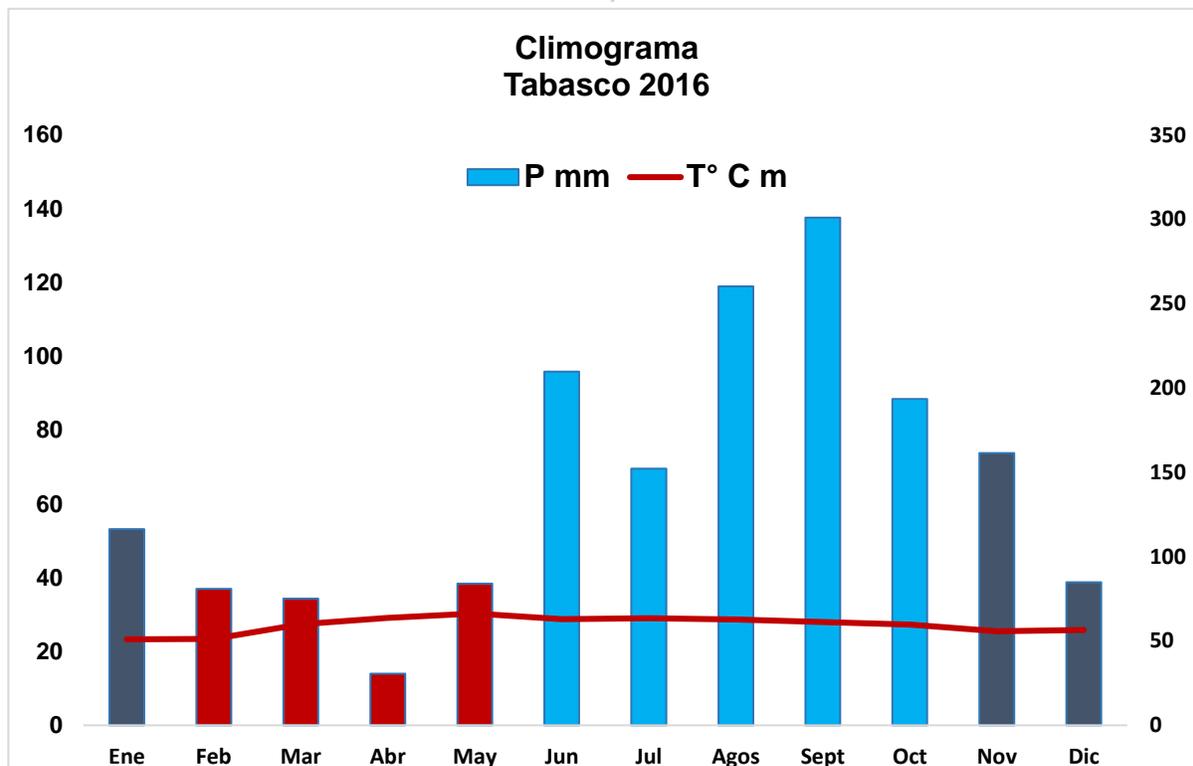


FIGURA 1. Climograma para el estado de Tabasco 2016 (SMN, 2020), presentando temporalidad de secas (ROJO), lluvias (AZUL) y lluvias de nortes (GRIS).

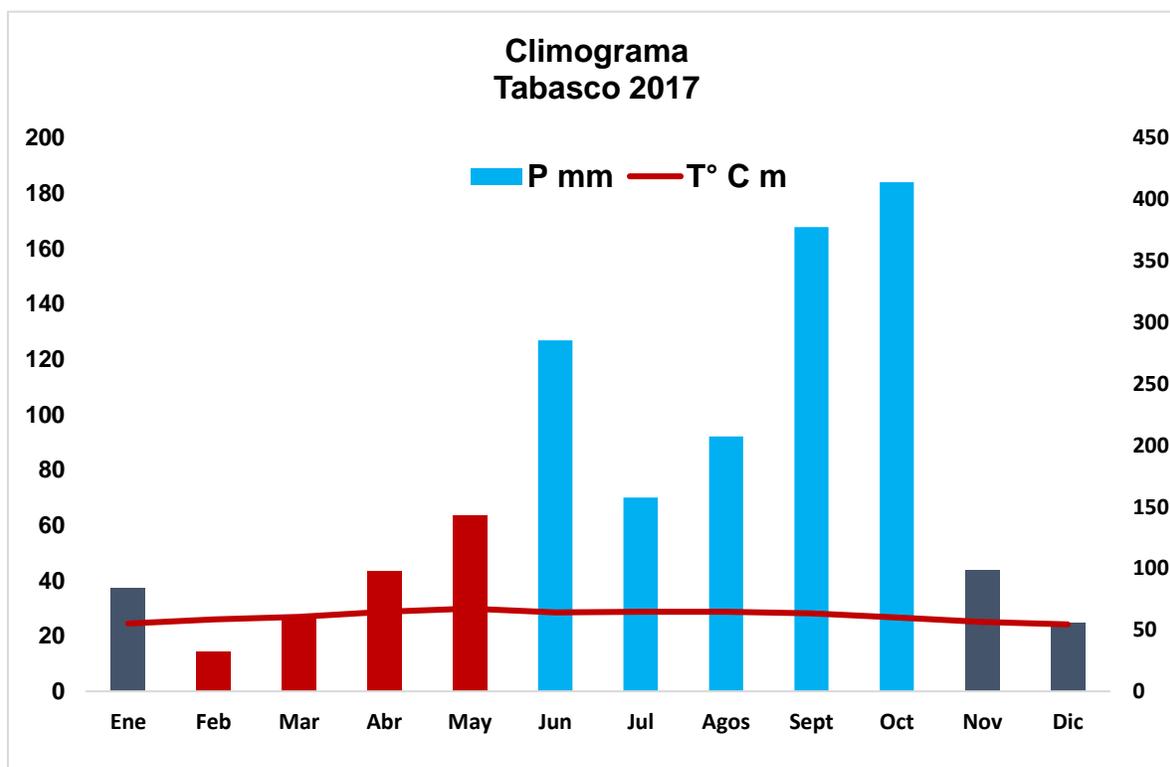


FIGURA 2. Climograma para el estado de Tabasco 2017 (SMN, 2020), presentando temporalidad de secas (ROJO), lluvias (AZUL) y lluvias de nortes (GRIS).

### ANEXO 3. Índice trófico OCDE

Propuesto por el Comité de Eutroficación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en 1982, que recopila 200 ambientes en 22 países de Europa occidental, Estados Unidos, Japón y Australia (López-Martínez y Madroñero-Palacios, 2015) que establece cinco categorías (ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipertrófico) a partir de datos de fósforo total, transparencia de la columna de agua (disco de Secchi) y clorofila a (Moreno-Franco *et al.*, 2010) (TABLA 1).

TABLA 1. Criterios del Índice propuesto por OCDE			
Categoría trófica	Clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ )	Transparencia (m)	Fósforo ( $\mu\text{g/L}$ )
Ultraoligotrófico	<1	>12	<4
Oligotrófico	1-2.5	6 a 12	4 a 10
Mesotrófico	2.5 a 7.9	3 a 6	10 a 35
Eutrófico	8 a 25	1.5 a 3	35-100
Hipertrófico	>25	<1.5	>100

#### ANEXO 4. Índice trófico multiparamétrico TRIX

Índice multiparamétrico TRIX (Trophic Index), creado en Italia por Vollenweider y colaboradores en 1998, con datos obtenidos en el Mar Adriático (Santos-Junior, 2016) donde se utilizan distintos componentes para su cálculo, como variables que expresan directamente la productividad primaria (clorofila *a*, saturación de oxígeno disuelto) y factores nutricionales (nitrógeno total, nitrógeno inorgánico disuelto, fósforo total e inorgánico disuelto), además de otras variables complementarias que expresan la calidad del agua (transparencia del disco de Secchi) (Santos-Junior, 2016) (**TABLA 2**).

$$\text{TRIX} = (\text{Log } 10 (\text{Cl } a \times \text{aD}\%O \times \text{NID} \times \text{PT}) + k) / m$$

Dónde Cl *a* es concentración de clorofila *a* ( $\mu\text{g/L}$ ); aD%O es el valor absoluto de la desviación del por ciento de saturación de oxígeno disuelto, es decir,  $|100 - \%OD|$ ; NID, nitrógeno inorgánico disuelto ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4$ ) ( $\mu\text{g/L}$ ); PT, fósforo total ( $\mu\text{g/L}$ ); *k* (1.5) y *m* (1.2) que son valores de escala introducidos para ajustar el valor límite más bajo del índice y la extensión de la escala trófica relacionada, que va de 1 a 10 (Muciño-Márquez *et al.*, 2017). Cabe destacar que el índice TRIX ha sido incluido por la legislación ambiental italiana, pero también, ha sido empleado en lagos tropicales de alta montaña en Colombia (López-Martínez y Madroñero-Palacios, 2015), en sistemas lagunares estuarinos Brasileños (Santos-Junior, 2016), y en México, en sistemas lagunares costeros de la Península de Yucatán (De la Lanza-Espino, 2014), Campeche (Pom-Atasta) (Muciño-Márquez *et al.*, 2017) y Quintana Roo (Cozumel e Isla Mujeres) (Cervantes-Martínez *et al.*, 2015). Asimismo, este índice se ha integrado como una herramienta dentro del programa nacional de Reservas de Aguas (México), presentada en el Protocolo para el muestreo de calidad del agua en ríos endorréicos y exorréicos, y en humedales para la aplicación de la Norma de Caudal Ecológico (NMX-AA-159-SCFI-2012) (De la Lanza-Espino, 2014).

**ANEXO 4. Índice trófico multiparamétrico TRIX**

<b>TABLA 2. Escala del Índice TRIX</b>		
<b>TRIX</b>	<b>Estado de calidad de agua</b>	<b>Características del agua</b>
<b>&lt;2</b>	Excelente	Muy pobremente productivos, estado trófico muy bajo <b>ULTRAOLIGOTRÓFICOS</b>
<b>2-4</b>	Alta	Agua pobremente productiva, nivel trófico bajo <b>OLIGOTRÓFICOS</b>
<b>4-5</b>	Buena	Agua moderadamente productiva, nivel trófico medio <b>MESOTRÓFICO</b>
<b>5-6</b>	Mala	Agua entre moderada y altamente productiva, nivel trófico alto <b>MESOTRÓFICO A EUTRÓFICO</b>
<b>6-8</b>	Pobre	Agua altamente productiva, nivel trófico más alto <b>EUTRÓFICO</b>

ANEXO 5. Pruebas de asociación Olmstead-Tukey

TABLA 4. Prueba de asociación Olmstead-Tukey de colectas integradas			
Taxa	Frecuencia relativa	Abundancia relativa	Jerarquía
<b>Cyanoprokaryota</b>			<b>DOMINANTES</b>
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	5.59%	9.23%	
<i>Merismopedia glauca</i>	3.49%	2.86%	
<i>M. tenuissima</i>	3.49%	6.26%	
<i>Snowella atomus</i>	3.84%	2.77%	
<b>Bacillariophyta</b>			
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	4.89%	6.86%	
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Monactinus simplex var. simplex</i>	4.19%	5.91%	
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i>	4.89%	11.82%	
<i>Willea rectangularis</i>	4.89%	2.64%	
<b>Cyanoprokaryota</b>			
<i>Cyanocadena planctonica</i>	5.59%	1.25%	
<i>Limnococcus limneticus</i>	2.79%	0.13%	
<i>Synechocystis aquatilis</i>	4.54%	0.89%	
<b>Euglenophyceae</b>			
<i>Lepocinclis acus</i>	4.19%	0.25%	
<b>Bacillariophyta</b>			
<i>Iconella tenera</i>	3.15%	0.79%	
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	2.79%	0.98%	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	3.49%	0.80%	
<b>Cyanoprokaryota</b>			<b>OCASIONALES</b>
<i>Phormidium chalybeum</i>	0.70%	7.05%	
<i>Kamptonema cortianum</i>	1.75%	21.15%	
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Hindakia tetrachotoma</i>	0.70%	2.51%	
<i>Coelastrum sphaericum</i>	2.10%	4.83%	

ANEXO 5. Pruebas de asociación Olmstead-Tukey

TABLA 4. Prueba de asociación Olmstead-Tukey de colectas integradas			
Taxa	Frecuencia relativa	Abundancia relativa	Jerarquía
<b>Cyanoprokaryota</b>			RARAS
<i>Anabaenopsis</i> sp. 1	0.35%	0.13%	
<i>Coelosphaerium aerugineum</i>	1.40%	0.89%	
<i>Cylindrospermum</i> sp. 1	1.40%	0.89%	
<i>Dolichospermum flosaquae</i>	1.05%	1.23%	
<i>Planktolyngbya contorta</i>	1.05%	0.54%	
<i>Synechococcus nidulans</i>	1.40%	0.79%	
<i>Woronichinia microcystoides</i>	1.75%	0.20%	
<b>Euglenophyceae</b>			
<i>Euglena</i> sp. 1	2.10%	0.28%	
<i>Phacus curvicauda</i>	1.40%	0.09%	
<b>Bacillariophyta</b>			
<i>Aulacoseira ambigua</i>	2.09%	0.89%	
<i>Iconella linearis</i>	0.70%	0.05%	
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Actinastrum hantzschii</i>	1.75%	0.54%	
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	1.40%	0.33%	
<i>Coelastrum astroideum</i>	2.10%	1.07%	
<i>C. indicum</i>	0.35%	0.18%	
<i>Monactinus simplex</i> var. <i>echinulatum</i>	1.74%	0.27%	
<i>Oocystis lacustris</i>	1.40%	0.22%	
<i>Scenedesmus ecornis</i>	1.40%	0.27%	
<i>Tetrachlorella alternans</i>	1.40%	0.63%	
<i>Tetradesmus dimorphus</i>	1.40%	0.40%	
<i>Tetrastrum heteracanthum</i>	1.40%	0.45%	
<b>Charophyta</b>			
<i>Closterium acutum</i>	1.40%	0.09%	
<i>C. venus</i>	1.40%	0.16%	
<i>Sphaerosozma laeve</i>	1.05%	0.36%	

ANEXO 5. Pruebas de asociación Olmstead-Tukey

TABLA 5. Prueba de asociación Olmstead-Tukey para laguna el Viento			
Taxa	Frecuencia relativa	Abundancia relativa	Jerarquía
<b>Cyanoprokaryota</b>			<b>DOMINANTES</b>
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	4.78%	7.09%	
<i>Merismopedia glauca</i>	2.87%	2.56%	
<b>Bacillariophyta</b>			
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	5.74%	9.10%	
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Monactinus simplex var. simplex</i>	4.31%	4.66%	
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i>	3.83%	8.13%	
<i>Coelastrum sphaericum</i>	2.87%	6.45%	
<b>Cyanoprokaryota</b>			<b>CONSTANTES</b>
<i>Cyanocatena planctonica</i>	5.26%	1.13%	
<i>Synechocystis aquatilis</i>	3.35%	0.42%	
<i>Snowella atomus</i>	3.35%	2.15%	
<i>Woronichinia microcystoides</i>	2.39%	0.27%	
<b>Euglenophyceae</b>			
<i>Euglena</i> sp. 1	2.39%	0.36%	
<i>Lepocinclis acus</i>	4.78%	0.30%	
<b>Bacillariophyta</b>			
<i>Aulacoseira ambigua</i>	2.87%	1.19%	
<i>Iconella tenera</i>	3.83%	1.01%	
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	2.39%	0.90%	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	3.82%	0.84%	
<i>Willea rectangularis</i>	3.83%	1.61%	
<b>Cyanoprokaryota</b>			<b>OCASIONALES</b>
<i>Merismopedia tenuissima</i>	1.91%	2.63%	
<i>Phormidium chalybeum</i>	0.96%	9.41%	
<i>Kamptonema cortianum</i>	1.91%	26.89%	
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Hindakia tetrachotoma</i>	0.48%	2.87%	

ANEXO 5. Pruebas de asociación Olmstead-Tukey

TABLA 5. Prueba de asociación Olmstead-Tukey para laguna el Viento			
Taxa	Frecuencia relativa	Abundancia relativa	Jerarquía
<b>Cyanoprokaryota</b>			<b>RARAS</b>
<i>Anabaenopsis</i> sp. 1	0.48%	0.20%	
<i>Coelosphaerium aerugineum</i>	1.91%	1.19%	
<i>Cylindrospermum</i> sp. 1	1.43%	0.96%	
<i>Dolichospermum flosaquae</i>	0.96%	1.31%	
<i>Limnococcus limneticus</i>	1.91%	0.12%	
<i>Planktolyngbya contorta</i>	0.48%	0.18%	
<i>Synechococcus nidulans</i>	1.43%	0.63%	
<b>Euglenophyceae</b>			
<i>Phacus curvicauda</i>	1.91%	0.12%	
<b>Bacillariophyta</b>			
<i>Iconella linearis</i>	0.96%	0.07%	
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Actinastrum hantzschii</i>	1.91%	0.60%	
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	1.43%	0.27%	
<i>Coelastrum astroideum</i>	1.91%	0.72%	
<i>C. indicum</i>	0.48%	0.24%	
<i>Monactinus simplex</i> var. <i>echinulatum</i>	0.96%	0.18%	
<i>Oocystis lacustris</i>	1.91%	0.30%	
<i>Scenedesmus ecornis</i>	1.91%	0.36%	
<i>Tetrachlorella alternans</i>	1.43%	0.71%	
<i>Tetradesmus dimorphus</i>	1.91%	0.54%	
<i>Tetrastrum heteracanthum</i>	1.43%	0.54%	
<b>Charophyta</b>			
<i>Closterium acutum</i>	1.43%	0.11%	
<i>C. venus</i>	1.91%	0.21%	
<i>Sphaerosozoma laeve</i>	1.91%	0.48%	

ANEXO 5. Pruebas de asociación Olmstead-Tukey

<b>TABLA 6. Prueba de asociación Olmstead-Tukey para laguna San Pedrito</b>			
<b>Taxa</b>	<b>Frecuencia relativa</b>	<b>Abundancia relativa</b>	<b>Jerarquía</b>
<b>Cyanoprokaryota</b>			<b>DOMINANTES</b>
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	7.69%	15.61%	
<i>Merismopedia glauca</i>	5.13%	3.75%	
<i>M. tenuissima</i>	7.69%	17.12%	
<i>Snowella atomus</i>	5.13%	4.64%	
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Monactinus simplex</i> var. <i>simplex</i>	3.85%	9.64%	
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i>	7.69%	22.84%	
<i>Willea rectangularis</i>	7.69%	5.71%	
<b>Cyanoprokaryota</b>			<b>CONSTANTES</b>
<i>Cyanocatena planctonica</i>	6.41%	1.61%	
<i>Limnococcus limneticus</i>	5.13%	0.18%	
<i>Synechocystis aquatilis</i>	7.69%	2.32%	
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	3.85%	1.25%	
<i>Monactinus simplex</i> var. <i>echinulatum</i>	3.85%	0.53%	
<b>Cyanoprokaryota</b>			<b>OCASIONALES</b>
<i>Kamptonema cortianum</i>	1.28%	4.01%	

ANEXO 5. Pruebas de asociación Olmstead-Tukey

Comunidades fitoplanctónicas de dos lagunas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla,  
Tabasco, México

<b>TABLA 6. Prueba de asociación Olmstead-Tukey para laguna San Pedrito</b>			
<b>Taxa</b>	<b>Frecuencia relativa</b>	<b>Abundancia relativa</b>	<b>Jerarquía</b>
<b>Cyanoprokaryota</b>			<b>RARAS</b>
<i>Cylindrospermum</i> sp.	1.28%	0.71%	
<i>Dolichospermum flosaquae</i>	1.28%	0.98%	
<i>Planktolyngbya contorta</i>	2.56%	1.60%	
<i>Synechococcus nidulans</i>	1.28%	1.29%	
<b>Euglenophyceae</b>			
<i>Euglena</i> sp. 1	1.28%	0.04%	
<i>Lepocinclis acus</i>	2.56%	0.08%	
<b>Bacillariophyta</b>			
<i>Iconella tenera</i>	1.28%	0.13%	
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	2.56%	0.18%	
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Actinastrum hantzschii</i>	1.28%	0.36%	
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	1.28%	0.53%	
<i>Coelastrum astroideum</i>	2.56%	2.14%	
<i>Hindakia tetrachotoma</i>	1.28%	1.43%	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	2.56%	0.71%	
<i>Tetrachlorella alternans</i>	1.28%	0.36%	
<i>Tetrastrum heteracanthum</i>	1.28%	0.18%	
<b>Charophyta</b>			
<i>Closterium acutum</i>	1.28%	0.04%	