

FLORÍSTICA Y ECOLOGÍA DE DIATOMEAS BENTÓNICAS DE LA ZONA LACUSTRE DE XOCHIMILCO-TLÁHUAC, MÉXICO

MARISELA BUENDÍA-FLORES, ROSALUZ TAVERA¹ Y EBERTO NOVELO

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México

¹Autor para la correspondencia: r_tavera@ciencias.unam.mx

Resumen: Se registraron 91 taxones de diatomeas bentónicas en varios sitios de la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac que representan un incremento de más de 50 % en el inventario florístico de diatomeas para esta zona. El estudio se basó en el análisis de 13 recolecciones con muestreos quincenales y mensuales durante la época seca y de lluvias, registrando simultáneamente varios factores ambientales que apoyaron un análisis comparativo para los cambios en la riqueza de especies entre recolecciones y sitios de estudio. Se elaboró una categorización ecológica que permitió asociar esta presencia con las condiciones ambientales propias de la zona lacustre, argumentando que las especies dominantes distinguen florísticamente una región, mientras que las frecuentes distinguen la flora local y las especies raras indican fragmentación del hábitat. La composición y riqueza de especies mostraron una relación evidente con los factores ambientales y resaltó la presencia de *Nitzschia frustulum*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Fragilaria bidens*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Fragilariforma virescens*, *Staurosira construens*, *S. construens* var. *binodis*, *Staurosirella leptostauron* y *S. pinnata*, las cuales son especies que típicamente se encuentran en los sedimentos de cuerpos de agua someros y eutróficos. La riqueza de especies estuvo estadísticamente correlacionada con la variación del silice y el pH, lo que mostró que las diatomeas bentónicas pueden ser utilizadas como indicadores ecológicos para dar seguimiento a las condiciones ambientales de la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac.

Palabras clave: Bacillariophyta, bentos, ecología, eutrofización, riqueza

Abstract: 91 taxa of benthic diatoms were recorded at several sites in the lake district Xochimilco-Tláhuac representing an increase of over 50 % in the floristic inventory of diatoms in this area. The study was based on analysis of 13 collections with fortnightly and monthly sampling during the dry and rainy seasons, simultaneously recording several environmental factors that supported a comparative analysis for changes in species richness between study sites and collections. An ecological categorization of species allowing to associate their presence with the environmental conditions of the lake area, arguing that the dominant species distinguished floristically a region, while frequent distinguish the local flora and rare species indicate habitat fragmentation. The composition and species richness showed a clear relationship with environmental factors and highlighted the presence of *Nitzschia frustulum*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Fragilaria bidens*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Fragilariforma virescens*, *Staurosira construens*, *S. construens* var. *binodis*, *Staurosirella leptostauron* and *S. pinnata*, which are species typically found in the sediments of shallow and eutrophic bodies of water. Species richness was statistically correlated with the variation of silica and pH, which showed that benthic diatoms can be used as ecological indicators for monitoring environmental conditions in the lake district of Xochimilco-Tláhuac.

Keywords: Bacillariophyta, benthos, ecology, eutrophication, species richness

Las diatomeas sobresalen por su abundancia en el bentos y destacan por la rapidez en la colonización de sustratos. Su distribución espacial y temporal determina la forma en que se distribuyen otros microorganismos, como bacterias, hongos, microfauna, meiota y macrofauna, de modo que juegan un papel ecológico importante en la comunidad bentónica (Siqueiros-Beltrones, 2002). Esta comunidad es muy rica en sustratos y organismos, por ello se ha pro-

rado especificar la terminología sobre las formas de vida y siguiendo a Round (1984), en este trabajo la referencia a las diatomeas estudiadas como bentónicas corresponde con la definición de herpobentos y se limita a su forma de vida epipélica.

Uno de los ecosistemas que provee un hábitat ideal para las algas bentónicas son los humedales, que por sus sedimentos suaves y flujo de agua moderado se distinguen por

incluir algas móviles o sedimentadas (plocónicas) y uno de los elementos que ha hecho que la flora de diatomeas bentónicas domine sobre otras algas es su movilidad, porque secretan una sustancia mucilaginosa que además de que les proporciona unión al sustrato, les permite deslizarse sobre la superficie. Este deslizamiento es distintivo de las diatomeas pennadas con rafe, lo que las hace típicas del bentos, sin embargo algunas diatomeas céntricas secretan mucílago a través de procesos valvares (fulto y rimopórtulas), así que aunque no son frecuentes, también pueden habitar esta comunidad (Lee, 2008).

La zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac funciona ecológicamente como un gran humedal en tanto que está permanentemente cubierto de agua con baja circulación y profundidad somera y los factores climáticos influyen decisivamente su regulación (Lira-Hernández, 2012; Ramsar, 2015). En la actualidad el humedal de Xochimilco-Tláhuac se caracteriza por la degradación ambiental como consecuencia de la intensidad de la producción agrícola, el exceso de materia orgánica que se ha generado en los cuerpos de agua y el crecimiento urbano. En este escenario, llama la atención que hasta ahora no han habido estudios de las diatomeas bentónicas de Xochimilco, porque la biota bentónica suele mostrar cambios masivos en composición y riqueza de especies como respuesta a la degradación ambiental (Prasad *et al.*, 2002).

Nuestros resultados permitieron establecer algunas relaciones ecológicas entre los aspectos biológicos y los fisiocoquímicos evaluados, lo que fue uno de los principales objetivos del estudio. La composición y riqueza de especies mostraron una relación evidente con los factores ambientales; por ejemplo el registro de *Nitzschia frustulum*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Fragilaria bidens*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Fragilariforma virescens*, *Staurosira construens*, *S. construens* var. *binodis*, *Staurosirella leptostauron* y *S. pinnata*, las cuales son especies que típicamente se encuentran en los sedimentos de cuerpos de agua someros y eutróficos (Kingston, 2003). La riqueza de especies estuvo estadísticamente correlacionada con la variación de algunos de los parámetros evaluados, lo que mostró que las diatomeas bentónicas pueden ser utilizadas como indicadores ecológicos para dar seguimiento a las condiciones ambientales de la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac.

Materiales y métodos

Área de estudio. El canal El Japón y el Lago de los Reyes forman parte de la región chinampera de Xochimilco y Tláhuac y se encuentran al sureste de la ciudad de México. El canal El Japón en Xochimilco, con una profundidad no mayor a 3 m, se caracteriza por una intensa actividad ganadera y un gran florecimiento de lirio acuático (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). El Lago de Los Reyes, con una profundidad de 1 a 2 m, se ubica en la cabecera delegacional

San Pedro Tláhuac; constituye un espejo de agua de aproximadamente 0.19 km² y es donde confluyen los canales más importantes que conforman la zona chinampera, el canal de Chalco y el Guadalupano; asimismo, representa el lugar turístico más importante de la jurisdicción (Ensástiga *et al.*, 2010) y además sostiene una gran actividad agropecuaria; a diferencia del canal El Japón y debido a su condición turística el florecimiento de *E. crassipes* no es intenso.

Ambas zonas ofrecen condiciones someras y abiertas y aunque la mezcla de la columna de agua es frecuente por viento y por la acción mecánica de las embarcaciones propias de la región (trajineras), presentan un deterioro ambiental severo. De acuerdo con Ramos Bello *et al.* (2001), los suelos de la zona tienen un pH principalmente básico y son ligeramente salino-sódicos en las capas superficiales, pero ácidos en las capas más profundas y con altos contenidos de materia orgánica. De acuerdo con Ramos-Bello *et al.* (*ibid*) el clima es templado con variaciones de humedad; la precipitación anual es de 970 mm concentrada de junio a octubre y la temperatura media anual es de 16 °C con extremos de 9 a 33 °C.

El lago de Xochimilco que alguna vez formó parte de Texcoco formando un lago de gran tamaño, en la actualidad se ha reducido a una red de canales de anchura variable, con aguas que circundan a las chinampas, a los terrenos de cultivo y a las zonas urbanas.

El agua que es vertida en toda la zona lacustre de Xochimilco proviene principalmente de plantas de tratamiento y contiene una gran cantidad de nutrientes, pero también existen muchas descargas domésticas, agrícolas y pecuarias en las que el agua no recibe ningún tipo de control por lo que lleva una carga importante de metales pesados, detergentes, sales y organismos patógenos como coliformes y quistes de *Giardia* (Juárez-Figueroa *et al.*, 2003), contaminantes que además elevan la concentración de nutrientes que aporta el agua tratada. Debido a esto, todos los organismos acuáticos y también la población humana de la zona de estudio, están expuestos a lo que desde el punto de vista de la ecología podemos considerar como una calidad del agua mínima (Kallio *et al.*, 2001).

Recolección y proceso de muestras. El estudio se basó en muestreos quincenales (febrero a mayo de 2011) y mensuales (diciembre de 2010, enero de 2011 y junio a agosto de 2011) con un total de 13 recolecciones. La toma de muestras se realizó con un tubo de acrílico de 180 cm de altura con un diámetro interior de 3 cm. En canal El Japón, 19° 16' 0.91" N, 99° 03' 0.27" O, se eligieron tres sitios al azar; en el Lago de los Reyes también se ubicaron tres sitios de recolección, el primero en el embarcadero, Tláhuac Punto A (19° 16'.002" N, 99° 00' 0.412" O), el segundo a la mitad del lago, Tláhuac Punto B (19° 15' 0.96" N, 99° 00' 0.556" O) y el tercero Tláhuac Punto C (19° 16' 0.01" N, 99° 00' 0.767" O) donde confluyen los canales de Chalco y el Guadalupano.

no. En ambas localidades los sitios se mantuvieron como puntos de recolección permanentes durante el muestreo y en cada recolección, en cada punto se extrajeron tres núcleos de sedimento de 1 cm de grosor. Los núcleos se colocaron independientes en una bolsa de plástico hermética y se mantuvieron en refrigeración hasta su procesamiento. En cada sitio de recolección se tomaron variables físico-químicas como pH, temperatura y conductividad con equipo portátil (Conductronic, México).

Para el análisis de nutrientos se utilizó un espectrofotómetro Hach DR/2010, siguiendo los métodos estandarizados para el análisis de agua (Hach, 1997). El nitrógeno inorgánico disuelto se determinó como la suma de concentración de nitrato (método de reducción de cadmio), concentración de nitrito (métodos de diazotización) y concentración de amonio (método del salicilato). La concentración de fósforo total se determinó por el método de digestión ácida y la concentración de sílice por el método del silicomolibdato.

Para observar e identificar el material, se eligió al azar sólo una muestra (núcleo) de cada sitio. De cada muestra obtenida, se obtuvieron las frústulas sólo del sedimento superficial y se prepararon por digestión ácida montando preparaciones permanentes con resina Naphrax™ (Brunel Microscopes Ltd., RU). Se analizó el material montado con un microscopio Nikon Optiphot y los ejemplares se fotografiaron utilizando una cámara digital Nikon Coolpix S10.

Para la identificación se utilizaron las siguientes referencias: Cox (1987), Crawford *et al.* (2003), Davidovich *et al.* (2010), Krammer (1997a, 1997b, 1999, 2000, 2003), Krammer y Lange-Bertalot (1985, 1986, 1988, 1991a, 1991b), Novelo (2012), Novelo *et al.* (2007), Orozco-Martínez (2011), Patrick y Reimer (1966, 1975), Round *et al.* (1990); Tuji y Williams (2006); así como las páginas electrónicas: Diatoms of the United States (Spaulding *et al.*, 2010) y Common Freshwater Diatoms of Britain and Ireland (Kelly *et al.*, 2005). La clasificación está basada en Round *et al.* (1990) la cual se confrontó con Novelo (2012) y Guiry y Guiry (2015).

Trabajo de gabinete. La riqueza se basó en el número de especies que fue observado en cada sitio. La distribución de los sitios del Lago de los Reyes cubrió un área más amplia que en el canal El Japón, por tanto se consideraron separadamente los puntos de colecta Tláhuac A, Tláhuac B, Tláhuac C (Tabla 1). Se determinó la categoría ecológica de cada especie de acuerdo con Wasylik (1965) en la que se distinguen especies dominantes, presentes en el 61 a 100 % de las muestras; las dominantes distinguen florísticamente una región. Especies frecuentes, presentes en 21 a 60 % de las muestras; las frecuentes distinguen la flora local. Las especies raras, presentes en menos de 21 % de las muestras; las raras distinguen la fragmentación de un hábitat. Se recopiló la distribución geográfica mundial y particular para México y los ambientes y la forma de vida registrados para cada es-

pecie (Tabla 1). Esta información fue tomada de la base de datos Taxfich (2015) y de Novelo y Tavera (2011).

Las muestras fueron etiquetadas con la referencia de la colección y número de herbario correspondientes y se depositaron en el Herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM (FCME).

Análisis estadísticos. La influencia de las variables ambientales en la riqueza de especies fue considerada como suma de presencias por localidad y fecha (Tabla 2); se evaluó a través de un análisis de regresión lineal múltiple con el paquete estadístico IBM SPSS v.17.0 (2008). El análisis reunió los datos de todos los sitios estudiados en ambas localidades y se consideró como variable dependiente a la riqueza; las variables predictoras incluidas en el análisis fueron aquéllas que mostraron una correlación significativa ($P \leq 0.05$) con la riqueza y que presentaron significancia estadística para elaborar un modelo de regresión; estas fueron pH y sílice (Tablas 3a-c).

Resultados

Florística. Se presenta el registro de 89 especies y dos variedades de diatomeas bentónicas para la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac. Once especies son descritas por completo y se anota un nuevo registro para México. La información se organizó para enlistar a las especies por orden alfabético dentro de cada jerarquía taxonómica superior y para las especies que han sido registradas y documentadas previamente en México se anotaron las medidas de las valvas; para las especies sin registros publicados previos o sin documentación adecuada se anotaron la sinonimia, la descripción completa y la distribución geográfica; para todas las especies se anotaron el material gráfico y el registro de herbario. En el Tabla 1 se anotaron las localidades donde se observaron en Xochimilco-Tláhuac, incluyendo la categoría ecológica a la que corresponde una especie en función del número de muestras en las que fue observada en la región; además se anotaron los ambientes y las formas de vida donde se han registrado.

Coscinodiscophytina
Coscinodiscophyceae
Aulacoseirales
Aulacoseiraceae
Aulacoseira Thwaites

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen

Lámina 1: Figuras 1-2

Largo del manto, 10-15 μm . Diámetro de la valva, 3-7.5 μm . Densidad de estrías pervalvares, 5-8 en 10 μm . Densidad de areolas, 11 en 10 μm .

FCME: DFXo-243 – DFXo-245, DFXo-247, DFXo-249, DFXo-251 – DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67

Tabla 1. Distribución y afinidades ecológicas. Presencia en Xochimilco-Tláhuac = J) El Japón; A) Tláhuac-A; B) Tláhuac-B; C) Tláhuac-C. Categoría ecológica = D) Dominante; F) Frecuente; R) Rara. Distribución mundial = C) Cosmopolita; Tr) Tropical; T) Templada; Tr-T) Tropical con registros en zona Templada; T-Tr = Templada con registros en zona Tropical. *= Alcalífila. Ambientes = 1) ambientes termales; 2) arroyos; 3) canales; 4) cascadas; 5) cenotes; 6) cieno; 7) charcos; 8) entre musgos; 9) estanques; 10) estanques de peces; 11) estuarios; 12) humedales; 13) jales; 14) lagunas costeras; 15) lagos; 16) manantiales; 17) marismas; 18) pantanos litorales de lagos; 19) pantanos sulfurosos; 20) paredones; 21) plantas de tratamiento; 22) pozas de ríos; 23) presas; 24) rápidos; 25) remansos; 26) represas; 27) ríos; 28) suelo; 29) zanjas. Formas de vida = a) bentónica; b) edáfica; c) epífita; d) epíltica; e) epíltica subaérea; f) epipélica; g) epipsámica; h) metafítica; i) perifítica; j) planctónica; k) plocónica; l) subaérea.

Riqueza Total	Presencia y Categoría ecológica	Distribución mundial	Ambientes	Forma de vida
<i>Achnanthidium exiguum</i>	JABC / F	C *	1, 2, 3, 4, 9, 10, 13, 15, 16, 20, 23, 27	d, f, g, h, i, j
<i>A. minutissimum</i>	JBC / F	C	2, 5, 7, 9, 16, 27, 28	a, b, c, d, f, h, i, j
<i>Amphora copulata</i>	JABC / D	C *	2, 3, 5, 7, 12, 15, 27	c, d, h, i, j
<i>Anomoeoneis costata</i>	JABC / F	C *	1, 5, 7, 11, 12, 15	a, h, i, j
<i>A. sphaerosphora</i>	JABC / F	C *	7, 8, 13, 15, 23, 27	h, i, j
<i>Aulacoseira granulata</i>	JABC / D	C *	3, 5, 7, 12, 13, 15, 23, 27	b, c, d, f, h, i, j, k
<i>A. italica</i>	JABC / F	C	13, 15, 23, 27	d, h, i, j
<i>Caloneis bacillum</i>	JABC / F	C *	2, 3, 5, 7, 12, 13, 15, 16, 27	a, d, f, h, i
<i>Caloneis silicula</i>	JABC / F	C	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 27	a, d, f, g, h, i, j
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	JABC / D	C *	2, 3, 5, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 26, 27	b, c, d, f, h, i, j
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	JABC / F	C *	2, 3, 5, 7, 12, 13, 15, 16, 19, 22, 23, 24, 27	a, c, d, f, h, i, j, k
<i>Craticula ambigua</i>	JABC / R	C	2, 27	d, f, j
<i>Craticula cuspidata</i>	JABC / F	C *	2, 5, 7, 12, 15, 27	d, f, h, i, j
<i>Craticula halophila</i>	JAC / R	C	3, 7, 15, 23	h, i, k
<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	JABC / F	C *	27	d
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	JABC / D	C *	2, 3, 5, 7, 9, 12, 15, 16, 17, 22, 23, 26, 27	b, c, d, f, g, h, i, j
<i>Cymatopleura solea</i>	BC / R	C *	7, 15, 23, 27	a, d, f, h, j
<i>Cymbella aspera</i>	JABC / F	C *	5, 7, 12, 15, 23, 27	c, h, i, j, l
<i>Cymbella mexicana</i>	JABC / F	Tr-T *	2, 3, 5, 7, 12, 15, 16, 22, 24, 27	a, c, d, h, i, j
<i>Denticula valida</i>	JABC / D	T-Tr	1, 2, 5, 7, 12, 15, 27	d, h, i, j
<i>Diadesmis confervacea</i>	JABC / F	C *	2, 5, 7, 12, 15, 27	d, h, i, j
<i>Diplooneis subovalis</i>	JAC / F	Tr-T *	2, 3, 4, 5, 7, 12, 27	e, h, i, j
<i>Encyonema mesianum</i>	JABC / F	T-Tr *	1, 3, 4, 9, 13, 15, 20, 27	a, e, h, i, j
<i>Eolimna subminuscula</i>	JABC / D	T-Tr *	2, 3, 5, 7, 12, 27	d, f, h, i
<i>Epithemia adnata</i>	JABC / D	C *	2, 7, 15, 27	c, d, h, i, j
<i>Epithemia sorex</i>	JABC / F	C *	2, 4, 7, 12, 13, 15, 23, 27	b, c, d, f, g, h, i, j, l
<i>Epithemia turgida</i>	JABC / D	C *	2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 15, 16, 26, 27	c, e, h, i, j, k
<i>Eunotia bilunaris</i>	JABC / R	C *	7, 13, 27	d, j
<i>Eunotia flexuosa</i>	JABC / D	C	1, 5, 7, 9, 12, 15, 29	h, i, j, l
<i>Eunotia pectinalis</i>	JABC / F	C	7, 15	a, h, l
<i>Fallacia pygmaea</i>	JAC / R	C	2, 5, 12, 15, 27	d, i
<i>Fragilaria bidens</i>	ABC / R	C	15, 27	d, j
<i>Fragilaria dzonotica</i>	JABC / F	Tr *	5	h, i
<i>Fragilaria goulardii</i>	BC / R	C	4, 5, 27	i
<i>Fragilaria capucina</i> ssp. <i>rumpens</i>	AC / R	C	15, 27	
<i>Fragilariforma virescens</i>	JABC / R	C	3, 15, 16, 27	a, j
<i>Geissleria tagensis</i>	ABC / F	T	27	d
<i>Gomphoneis eriensis</i>	JABC / F	T *	27	d
<i>Gomphonema acuminatum</i>	JAC / F	C *	1, 2, 3, 5, 7, 10, 11, 12, 15, 23, 26, 27	a, c, d, f, h, i, j, k
<i>Gomphonema affine</i>	JABC / D	C *	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 27	a, b, c, d, f, g, h, i, j
<i>Gomphonema gracile</i>	JABC / D	C *	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 15, 20, 27, 27	a, b, c, d, f, g, h, i, l
<i>Gomphonema parvulum</i>	JABC / D	C	2, 3, 5, 7, 9, 12, 15, 26, 27	a, b, c, d, f, g, h, i, j
<i>Gomphonema truncatum</i>	JABC / R	C	2, 3, 5, 7, 12, 13, 15, 23, 27	c, d, f, h, i, j
<i>Halamphora coffeaeformis</i>	JAC / R	C *	2, 3, 5, 7, 9, 12, 15, 16, 27, 28	a, b, c, d, f, g, h, i, j

Tabla 1. Continuación

Riqueza Total	Presencia y Categoría ecológica	Distribución mundial	Ambientes	Forma de vida
<i>Halimphora veneta</i>	JABC / F	C *	1, 2, 3, 5, 7, 9, 12, 15, 16, 18, 21, 25, 26, 27, 28	a, b, c, d, f, g, h, i, j
<i>Hantzschia amphioxys</i>	JABC / R	C *	2, 3, 6, 7, 8, 20, 27, 28	a, b, c, d, f, i, j, l
<i>Hipodonta hungarica</i>	JABC / F	Tr	5, 7, 15, 27	d, h, i, l
<i>Lemnicola hungarica</i>	JABC / D	C *	9, 15, 27	c, d, h, i, j
<i>Luticola goeppertiana</i>	JABC / F	C *	5, 7, 15, 27	d, h, i
<i>Navicula cryptotenella</i>	JABC / D	C *	2, 5, 7, 12, 13, 15, 27	a, d, h, i, j
<i>Navicula viridula</i>	JABC / F	C *	5, 7, 13, 15, 27	a, h, i, j
<i>Naviculadicta brasiliensis</i>	JABC / R	Tr	2, 7, 12, 15	d, h, i
<i>Naviculadicta pseudoventralis</i>	JABC / F	T	15	j
<i>Neidium affine</i>	JABC / F	C *	3, 7, 15	a, d, h, i
<i>Neidium ampliatum</i>	JC / R	C	5, 7, 12, 13, 15	d, h, i, j
<i>Neidium iridis</i>	JABC / R	C	7, 15, 23, 27	a, c, d, h, i, j
<i>Nitzschia acicularis</i>	JABC / F	C *	2, 3, 6, 7, 12, 13, 15, 27	b, d, f, h, i, j
<i>Nitzschia amphibia</i>	JABC / F	C *	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 15, 15, 16, 18, 20, 25, 27, 28	a, b, c, d, f, g, h, i, j, l
<i>Nitzschia clausii</i>	JABC / R	C *	1, 2, 3, 7, 9, 13, 15, 16, 26, 27, 28	a, b, c, d, f, g, h, i, j
<i>Nitzschia communis</i>	JABC / R	T-Tr *	1, 2, 3, 5, 7, 12, 15, 27	a, b, c, d, f, f, i, j
<i>Nitzschia frustulum</i>	JAC / D	C *	2, 3, 5, 7, 9, 12, 15, 23, 26, 27, 28	a, b, c, d, f, g, h, i, j, l
<i>Nitzschia gracilis</i>	AB / R	T-Tr	5, 7, 12, 13, 15, 23, 27	d, f, h, i, j
<i>Nitzschia palea</i>	JABC / F	C	2, 3, 7, 9, 15, 16, 26, 27, 28	b, c, d, f, g, i, j
<i>Nitzschia umbonata</i>	JAC / R	T	2, 3, 5, 7, 13, 15, 23, 27	a, b, c, d, f, h, i, j
<i>Pinnularia acrosphaeria</i>	JABC / F	Tr *	2, 5, 7, 10, 12, 15, 27	a, c, h, i, j
<i>Pinnularia acuminata</i>	JABC / F	C	7, 15, 27	h
<i>Pinnularia gibba</i>	JABC / D	C	2, 3, 5, 7, 12, 13, 15, 16, 27	a, c, d, f, h, i, j
<i>Pinnularia viridis</i>	JABC / R	C	2, 3, 7, 9, 15, 16, 27	a, c, d, f, g, i, j, l
<i>Placoneis exigua</i>	JAC / F	C	23	j
<i>Placoneis porifera</i> var. <i>opportunita</i>	JB / R	T-Tr *	12	h
<i>Planothidium frequentissimum</i>	JAC / F	T-Tr *	2, 12, 15, 27	d, f, i
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i>	JABC / D	C *	1, 2, 3, 5, 7, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 27	a, c, d, f, h, i, j
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	JABC / D	C *	2, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 15, 16, 27	c, d, f, g, h, i, j, l
<i>Rhopalodia gibba</i>	JABC / F	C *	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 12, 15, 16, 20, 23, 25, 27, 28	a, b, c, d, f, g, h, i, j, l
<i>Rhopalodia gibberula</i>	JABC / R	C *	2, 3, 7, 8, 15, 16, 26, 27	b, c, d, f, i, j
<i>Rhopalodia operculata</i>	JABC / F	C	1, 7, 13, 15	h, i
<i>Sellaphora laevissima</i>	JABC / F	C *	5, 7, 12, 15	f, h, i, j
<i>Sellaphora pupula</i>	JABC / D	C *	2, 3, 5, 7, 12, 15, 27	a, c, d, h, i, j, k
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	JABC / F	C	2, 5, 7, 12, 15, 23, 24, 27	a, d, h, i, j, k
<i>Staurosira construens</i> var. <i>construens</i>	JABC / F	C *	5, 7, 12, 15	a, f, h, i, j
<i>Staurosira construens</i> var. <i>binodis</i>	JABC / F	T-Tr *	5, 7, 12, 15	h, i, j
<i>Staurosira venter</i>	JABC / F	T-Tr	3, 7, 9, 13, 15	c, d, j
<i>Staurosirella leptostauron</i>	JABC / D	T-Tr *	3, 7, 27	a, j
<i>Staurosirella pinnata</i>	JABC / D	C *	2, 15, 27	a, d, h, j
<i>Surirella biseriata</i>	JAB / R	T-Tr	3, 5, 12, 15, 23	c, h, i, j
<i>Surirella brebissonii</i>	JA / R	T-Tr	2, 3, 5, 7, 9, 12, 13, 15, 16, 27	a, b, c, d, f, g, h, i, j
<i>Surirella tenera</i>	JBC / R	C *	2, 3, 5, 7, 9, 12, 13, 15, 16, 23, 27, 28	a, b, c, d, f, g, h, i, j
<i>Tabularia fasciculata</i>	JABC / R	C	2, 5, 14, 15	a, d, j
<i>Thalassiosira visurgis</i>	JABC / F	T	3, 5, 7, 12, 13, 15	f, h, i, j
<i>Tryblionella apiculata</i>	JAC / R	C	2, 3, 5, 7, 13, 15, 16, 27	a, b, c, d, g, h, i, j
<i>Ulnaria ulna</i>	JABC / D	C *	2, 5, 6, 7, 12, 15, 23, 27	b, d, h, i, j
Riqueza	86/83/81/86			

Tabla 2. Variables monitoreadas durante el estudio. J = canal El Japón; A, B y C = sitios muestreados en Tláhuac. Temp = temperatura; Ω = conductividad. NID = nitrógeno inorgánico disuelto. Ptot = fósforo total.

Fecha	Temp °C	pH unidades	Ω $\mu\text{S cm}^{-1}$	NID mg l^{-1}	SiO_2 mg l^{-1}	Ptot mg l^{-1}	Riqueza	Época	Sitio
12-12-10	9.6	10.3	970	1.15	24	5.06	43	lluvia	J
23-01-11	12.5	10.0	832	6.09	23.6	0.46	30	seca	J
07-02-11	13.9	9.7	892	1.94	22.6	0.2	30	seca	J
20-02-11	14	8.4	838	0.71	22.2	3.32	52	seca	J
06-03-11	19.1	8.1	779	0.43	20.8	0.8	33	seca	J
21-03-11	15.3	8.6	855	1.66	22.9	4.4	30	seca	J
03-04-11	17.4	8.6	870	0.67	25.4	0.87	22	seca	J
24-04-11	18.8	8.3	857	1.08	25.1	0.27	31	seca	J
08-05-11	18.5	8.2	855	0.51	25.3	0.06	39	seca	J
22-05-11	19.5	8.3	830	0.40	19.4	1.05	44	seca	J
19-06-11	20.4	7.0	815	0.88	22.2	5.05	43	lluvia	J
24-07-11	20	7.5	812	1.25	21.8	0.37	57	lluvia	J
07-08-11	19.3	7.9	1187	1.57	21	0.28	43	lluvia	J
12-12-10	11.3	10.7	1109	1.41	18.4	5.62	43	lluvia	A
23-01-11	13.5	10.9	1061	6.38	20.1	0.57	34	seca	A
07-02-11	13.8	10.6	1106	1.36	19.2	0.14	26	seca	A
20-02-11	15.6	8.9	1094	1.55	18.8	2.3	38	seca	A
06-03-11	17	9.1	1101	1.70	14.9	0.51	49	seca	A
21-03-11	16.6	9.1	1108	6.64	16.5	4.51	44	seca	A
03-04-11	16.8	9.1	1168	1.45	17.0	0.85	34	seca	A
24-04-11	19	9.1	1216	1.94	16.1	0.42	29	seca	A
08-05-11	18.1	8.7	1285	1.15	24.4	0.69	36	seca	A
22-05-11	19.4	9.0	1268	1.34	20.6	1.39	54	seca	A
19-06-11	21.1	8.9	1209	1.53	20.7	3.59	49	lluvia	A
24-07-11	17.7	8.9	1054	1.66	20.5	0.21	55	lluvia	A
07-08-11	18.3	8.2	3180	5.35	15.0	4.69	48	lluvia	A
12-12-10	12.1	10.8	854	1.43	19.4	5.2	42	lluvia	B
23-01-11	14.8	11.0	1061	3.81	18	0.89	27	seca	B
07-02-11	15.2	10.7	1081	1.35	18.6	0.75	36	seca	B
20-02-11	16.9	8.9	1093	1.30	18.6	3.25	38	seca	B
06-03-11	17.4	9.1	1073	1.56	17	0.04	40	seca	B
21-03-11	17.7	9.2	1121	5.57	18.1	5.13	31	seca	B
03-04-11	17.9	9.2	1173	1.38	17.6	2.37	26	seca	B
24-04-11	20.2	9.2	1219	1.79	15.5	0.09	56	seca	B
08-05-11	19.6	8.8	1269	1.07	21	0.02	45	seca	B
22-05-11	20	8.9	1256	1.46	19.7	0.43	48	seca	B
19-06-11	21.3	8.9	1197	1.50	22.7	0.02	33	lluvia	B
24-07-11	18.4	8.9	1062	1.44	19.6	2.91	44	lluvia	B
07-08-11	18.7	8.2	3270	6.81	15.5	0.13	47	lluvia	B
12-12-10	12.5	10.8	1090	0.04	19.3	6.34	46	lluvia	C
23-01-11	16.2	11.0	1033	0.07	19.3	0.48	29	seca	C
07-02-11	16.5	10.7	1082	0.09	18.9	0.19	43	seca	C
20-02-11	16	8.9	1080	0.05	17.0	4.71	45	seca	C
06-03-11	16.7	9.0	1074	0.09	17.2	0.27	44	seca	C
21-03-11	17.7	9.0	1110	0.11	17.4	5.33	33	seca	C
03-04-11	18.5	8.4	1190	0.06	14.8	2.53	55	seca	C
24-04-11	21.2	8.9	1232	0.06	17.2	0.72	45	seca	C
08-05-11	19.3	8.7	1261	0.05	22.6	0.02	42	seca	C
22-05-11	19.8	8.5	1066	0.37	21.4	2.24	57	seca	C
19-06-11	21.1	8.6	1090	0.17	22.5	0.55	52	lluvia	C
24-07-11	19.1	8.6	1088	0.15	20.5	0.01	49	lluvia	C
07-08-11	20	8.2	3350	0.73	16.8	0.15	64	lluvia	C

Tabla 3. Análisis estadístico. A) Correlación de Pearson; b) ANOVA de la Regresión lineal múltiple; c) Coeficientes de la regresión y estadística de colinealidad.

a	Riqueza	Riqueza	Temperatura	pH	Conductividad	Sílice
Correlación de Pearson		1.000				
	Temperatura	0.334**	1.000			
	pH	-0.359**	-0.714	1.000		
	Conductividad	0.339**	0.226	-0.195	1.000	
	Sílice	-0.232*	-0.053	-0.135	-0.440	1.000
Valor de significancia para una cola	Riqueza					
	Temperatura	0.008				
	pH	0.004	0.000			
	Conductividad	0.007	0.053	0.083		
	Sílice	0.049	0.355	0.169	0.001	

N = 52; ** = correlación significativa al nivel de 0.01; * = correlación significativa al nivel de 0.05

b	ANOVA de la Regresión				
Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	F	Significancia
Regresión	990.56	2	495.282	6.475	0.003
Residual	3747.95	49	76.489		
Total	4738.51	51			

Variables predictivas: Sílice, pH; variable dependiente: Riqueza

c	Estadística de colinealidad						
Modelo	β	Error estándar	Beta	Sign.	Tolerancia	Recíproco de la tolerancia	
Constante	98.273	15.588		0.000			
pH	-4.042	1.303	-0.398	0.003	0.982	1.019	
Sílice	-0.969	0.435	-0.286	0.030	0.982	1.019	

– DFTh-71, DFTh-74 – DFTh-87, DFTh-89 – DFTh-92, DFTh-94 – DFTh-96, DFTh-106 – DFTh-109, DFTh-111.

Aulacoseira italicica (Ehrenberg) Simonsen

Lámina 1: Figura 3

Largo del manto, 8.6-16.5 μm . Diámetro de la valva, 3.3-9.2 μm . Densidad de estrías pervalvares, 10-15 en 10 μm . Densidad de areolas, 15 en 10 μm .

FCME: DFXo-243 – DFXo-247, DFXo-251 – DFXo-253, DFTh-67, DFTh-68, DFTh-81, DFTh-82, DFTh-87 - DFTh-94.1, DFTh-96 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Stoermer & Håkansson

Lámina 1: Figura 4

Diámetro de la valva, 6.6-12.5 μm . Estrías, 10-23 en 10 μm .

FCME: DFXo-244 – DFXo-246, DFXo-249, DFXo-251, DFXo-252, DFXo-256, DFTh-67 – DFTh-71, DFTh-74 – DFTh-76, DFTh-78 – DFTh-82, DFTh-87, DFTh-89, DFTh-92 – DFTh-97, DFTh-99, DFTh-107 – DFTh-109, DFTh-111.

Cyclotella (Kützing) Brébisson*Cyclotella meneghiniana* Kützing

Lámina 1: Figuras 5-6

Diámetro de la valva, 6.6-18.5 μm . Diámetro del área central, 3.3-8.8 μm . Densidad de estrías, 9-17 en 10 μm .

FCME: DFXo-243 – DFXo-247, DFXo-249 – DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67 – DFTh-82, DFTh-84 – DFTh-90, DFTh-92 – DFTh-99, DFTh-106, DFTh-107, DFTh-109 – DFTh-111.

Cyclostephanos Round ex Theriot, Håkansson, Kociolek, Round & Stoermer*Cyclostephanos invisitatus* (Hohn & Hellerman) Theriot,

Thalassiosiraceae
Thalassiosira Cleve

Thalassiosira visurgis Hustedt

Lámina 1: Figura 7

Diámetro de la valva, 8.6-26.0 μm . Areolas, 20-25 en 10 μm . Filas de areolas, 19-23 en 10 μm .
 FCME: DFXo-245, DFXo-250, DFXo-251, DFXo-253, DFTh-67 – DFTh-69, DFTh-76, DFTh-78 – DFTh-80, DFTh-83, DFTh-84, DFTh-89 – DFTh-92, DFTh-94 – DFTh-96, DFTh-98, DFTh-99, DFTh-106, DFTh-107, DFTh-109 – DFTh-111.

Bacillariophyceae
 Fragilariophycidae
 Fragilariales
 Fragilaraceae
Fragilaria Lyngbye

Fragilaria bidens Heiberg

Lámina 1: Figura 8

= *Synedra pulchella* var. *minuta* Hustedt; *Synedra rumpens* var. *fragilaroides* f. *constricta* Hustedt.

Frústulas lanceoladas formadas por márgenes lineares con un ligero abultamiento en el centro; polos rostrados. Área central amplia y abultada en ambos lados de la valva formando una fascia transversal; área axial estrecha y recta; estrías paralelas. Largo de la valva, 14.5-28.4 μm . Ancho de la valva, 2.6-3.3 μm . Densidad de estrías, 13-18 en 10 μm . No confundir con *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* (Kützing) Lange-Bertalot ya que presenta un lado abultado en el área central, en cambio *Fragilaria bidens* presenta abultados ambos lados.

Distribución: Cosmopolita. En México en el D.F.

FCME: DFTh-81, DFTh-83, DFTh-96, DFTh-99, DFTh-106, DFTh-111.

Fragilaria dzonotica Novelo, Tavera & Ibarra

Lámina 1: Figuras 9-10

Largo de la valva, 14-23.5 μm . Ancho de la valva, 4.5-5 μm . Densidad de estrías, 12-13 en 10 μm . Este es el segundo registro de esta especie.

FCME: DFXo-243, DFXo-250, DFXo-257, DFTh-67, DFTh-68, DFTh-79, DFTh-80, DFTh-86, DFTh-92, DFTh-108, DFTh-111.

Fragilaria goulardii (Brébisson ex Grunow) Lange-Bertalot
 Lámina 1: Figura 11

Largo de la valva, 66.0 μm . Ancho de la valva, 8.5 μm . Densidad de estrías, 13-14 en 10 μm .

FCME: DFTh-69, DFTh-86, DFTh-87.

Fragilaria capucina subsp. *rumpens* (Kützing) Lange-Bertalot

Lámina 1: Figura 12

= *Synedra rumpens* Kützing; *Fragilaria rumpens* (Kützing) Carlson.

Frústulas de forma lanceolada con márgenes rectos con un abultamiento en el centro; polos subrostrados. Área central amplia, se caracteriza por el abultamiento de la valva; área axial más o menos amplia en el centro y estrecha hacia los polos; estrías paralelas que se limitan al margen de la valva. Una rimopórtula polar. Largo de la valva, 32.3 μm . Ancho de la valva, 2.6 μm . Densidad de estrías, 18 en 10 μm .

Esta especie se confunde fácilmente con *F. capucina* var. *vaucheriae* y *F. capucina* Desmazières, sin embargo de acuerdo con Tuji y Williams (2006), *F. capucina* var. *vaucheriae* se diferencia fácilmente por presentar un abultamiento de un lado de la valva en forma de hendidura y una rimopórtula, mientras que *F. capucina* no presenta polos tan rostrados, tiene dos rimopórtulas. Otra forma de diferenciarlas es en vista cingular, pues *F. rumpens* se distingue porque la valva se observa más ancha en el centro que en los polos.

Distribución: Cosmopolita. En México el registro es de material fósil (Metcalfe, 1988); este es el primer registro en México como especie actual.

FCME: DFTh-75, DFTh-81, DFTh-94, DFTh-96, DFTh-106, DFTh-108, DFTh-109.

Fragilariforma (Ralfs) D.M. Williams & Round

Fragilariforma virescens (Ralfs) D.M. Williams & Round

Lámina 1: Figuras 13-14

Frústulas con márgenes rectos a convexos; ápices rostrados, con polos redondeados. Un pseudorafe muy estrecho; área axial ausente; estrías muy delgadas, paralelas; una rimopórtula polar. Largo de la valva, 16.5-35.0 μm . Ancho de la valva, 4.6 μm . Densidad de estrías, 16-18 en 10 μm .

Esta especie puede confundirse con *Staurosira constriuens* Ehrenberg, sin embargo en esa especie está ausente la rimopórtula y tiene las estrías más gruesas.

Distribución: Cosmopolita. En México en el D.F. y los estados de Jalisco, México, Michoacán y Veracruz.

FCME: DFXo-243, DFXo-246, DFTh-110, DFTh-111.

Pseudostaurosira D.M. Williams & Round

Pseudostaurosira brevistriata (Grunow) D.M. Williams & Round

Lámina 1: Figuras 15-16

Largo de la valva, 7.3-26.4 μm . Ancho de la valva, 3.3-5.0 μm . Densidad de estrías, 14-17 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-244, DFXo-246, DFXo-248, DFXo-249, DFXo-252, DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67, DFTh-69 – DFTh-74, DFTh-76, DFTh-77, DFTh-80, DFTh-81, DFTh-83 – DFTh-86, DFTh-89, DFTh-90, DFTh-92 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Staurosira Ehrenberg*Staurosira construens* var. *construens* Ehrenberg

Lámina 1: Figura 17

Largo de la valva, 7.9-29.0 μm . Ancho de la valva, 3.3-12.0 μm . Densidad de estrías, 10-13 μm .

FCME: DFXo-243 – DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Staurosira construens var. *binodis* (Ehrenberg) P.B. Hamilton

Lámina 1: Figura 18

Largo de la valva, 13.2-19.5 μm . Ancho, de la valva 3.3-5.0 μm . Densidad de estrías, 15-16 en 10 μm .

FCME: DFXo-252, DFXo-256, DFTh-79, DFTh-89, DFTh-90, DFTh-94 – DFTh-98, DFTh-106 – DFTh-109, DFTh-111.

Staurosira venter (Ehrenberg) Cleve & Möller

Lámina 1: Figura 19

Largo de la valva, 4.0-11.0 μm . Ancho de la valva, 2.6-5.0 μm . Densidad de estrías, 10.0-14.0 en 10 μm .

FCME: DFXo-243 – DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Staurosirella D.M. Williams & Round*Staurosirella leptostauron* (Ehrenberg) D.M. Williams & Round

Lámina 1: Figura 20

Largo de la valva, 5.3-19.1 μm . Ancho de la valva, 8.0-9.0 μm . Densidad de estrías, 10-13 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-244, DFXo-246, DFXo-248 – DFXo-253, DFXo-256, DFTh-68, DFTh-70 – DFTh-72, DFTh-74, DFTh-76, DFTh-77, DFTh-79, DFTh-80, DFTh-82, DFTh-85, DFTh-88, DFTh-89, DFTh-92, DFTh-94 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Staurosirella pinnata (Ehrenberg) D.M. Williams & Round

Lámina 1: Figura 21

Largo de la valva, 3.3-12.0 μm . Ancho de la valva, 3.3-5.0 μm . Densidad de estrías, 5-11 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-244, DFXo-246, DFXo-248 – DFXo-253, DFXo-256, DFTh-68, DFTh-70 – DFTh-72, DFTh-74, DFTh-76 – DFTh-79, DFTh-80, DFTh-82, DFTh-85, DFTh-88, DFTh-89, DFTh-92, DFTh-94 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Tabularia (Kützing) D.M. Williams & Round*Tabularia fasciculata* (C. Agardh) D.M. Williams & Round

Lámina 1: Figura 22

Largo de la valva, 27.1-92.4 μm . Ancho de la valva, 2.6-4.8 μm . Densidad de estrías, 26 en 10 μm .

FCME: DFXo-256, DFTh-80, DFTh-85, DFTh-87, DFTh-89, DFTh-92, DFTh-94 – DFTh-96, DFTh-106.

Ulnaria P. Compère*Ulnaria ulna* (Nitzsch) P. Compère

Lámina 1: Figura 23

Largo de la valva, 47.5-149.8 μm . Ancho de la valva, 4.0-5.3 μm . Densidad de estrías, 10-15 en 10 μm .

FCME: DFXo-243 – DFXo-247, DFXo-249 – DFXo-252, DFTh-68, DFTh-70, DFTh-72, DFTh-75, DFTh-77, DFTh-78, DFTh-80 – DFTh-83, DFTh-85, DFTh-87 – DFTh-91, DFTh-93 – DFTh-96, DFTh-99, DFTh-107, DFTh-109, DFTh-110.

Eunotiophycidae

Eunotiales

Eunotiaceae

Eunotia Ehrenberg*Eunotia bilunaris* (Ehrenberg) Schaarschmidt

Lámina 1: Figura 24

Largo de la valva, 25.1-57.5 μm . Ancho de la valva, 2.6-3.3 μm . Densidad de estrías, 15-18 en 10 μm .

FCME: DFXo-252, DFTh-85, DFTh-96, DFTh-97, DFTh-99, DFTh-110, DFTh-111.

Eunotia flexuosa (Brébisson ex Kützing) Kützing

Lámina 1: Figura 25

Largo de la valva, 91.7-138.6 μm . Ancho de la valva, 3.3-5.0 μm . Densidad de estrías, 11-14 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-245, DFXo-248, DFXo-250, DFXo-251, DFXo-256, DFTh-67 – DFTh-70, DFTh-72, DFTh-75, DFTh-76, DFTh-78 – DFTh-81, DFTh-83 – DFTh-85, DFTh-87 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Eunotia pectinalis (Kützing) Rabenhorst

Lámina 2: Figura 26

Las frústulas son alargadas con polos redondeados y subcapitados; el margen ventral es ligeramente cóncavo, en algunas ocasiones presenta un hinchamiento en la parte central de la valva y el margen dorsal es convexo; en los polos se observan claramente las terminaciones del rafe. Las estrías son paralelas, en los polos son ligeramente radiadas y con una distancia menor entre ellas. Largo de la valva, 23.1-101.6 μm . Ancho de la valva, 5.3-10.0 μm . Densidad de estrías en el centro, 9-13 en 10 μm , en los polos, 13-15 en 10 μm .

Distribución: Cosmopolita. En México en el D.F. y los estados de México y Oaxaca.

FCME: DFXo-248, DFXo-249, DFXo-256, DFTh-76, DFTh-80, DFTh-83, DFTh-84, DFTh-87, DFTh-88, DFTh-90, DFTh-91, DFTh-94, DFTh-99, DFTh-109.

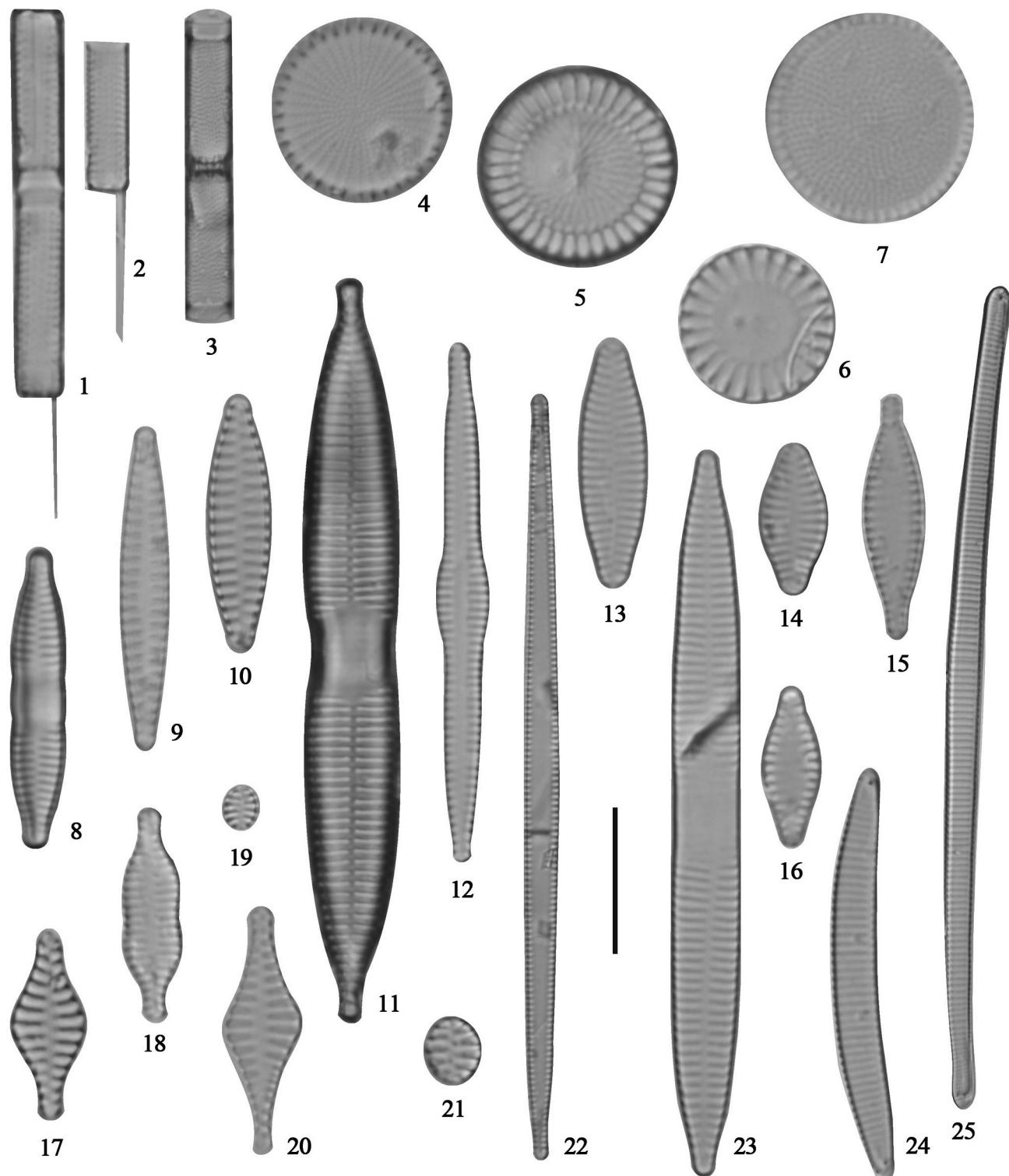


Lámina 1. 1-2) *Aulacoseira granulata*, 3) *Aulacoseira itálica*, 4) *Cyclostephanos invisitatus*, 5-6) *Cyclotella meneghiniana*, 7) *Thalassiosira visurgis*, 8) *Fragilaria bidens*, 9-10) *Fragilaria dzonoticola*, 11) *Fragilaria goulardii*, 12) *Fragilaria capucina* subsp. *rumpens*, 13-14) *Fragilariforma virescens*, 15-16) *Pseudostaurosira brevistriata*, 17) *Staurosira construens* var. *construens*, 18) *Staurosira construens* var. *binodis*, 19) *Staurosira venter*, 20) *Staurosirella leptostauron*, 21) *Staurosirella pinnata*, 22) *Tabularia fasciculata*, 23) *Ulnaria ulna*, 24) *Eunotia bilunaris*, 25) *Eunotia flexuosa*. Barra = 10 μ m.

Bacillariophycidae
 Cymbellales
 Anomoeoneidaceae
Anomoeoneis E. Pfitzer

Anomoeoneis costata (Kützing) Hustedt

Lámina 2: Figuras 27-28

Largo de la valva, 17.2-104.9 μm . Ancho de la valva, 19.1-27.7 μm . Densidad de estrías, 16-20 en 10 μm .

FCME: DFXo-246, DFXo-247, DFXo-251, DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67, DFTh-68, DFTh-71, DFTh-73, DFTh-74, DFTh-77, DFTh-80, DFTh-83, DFTh-86, DFTh-87, DFTh-89, DFTh-90, DFTh-92, DFTh-94 – DFTh-98, DFTh-107, DFTh-110.

Anomoeoneis sphaerophora E. Pfitzer

Lámina 2: Figura 29

Largo de la valva, 31.7-101.6 μm . Ancho de la valva, 8.5-35.6 μm . Densidad de estrías, 16-21 en 10 μm . Densidad de areolas, 10-14 en 10 μm .

FCME: DFXo-246, DFXo-247, DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67, DFTh-68, DFTh-74, DFTh-76, DFTh-77, DFTh-79, DFTh-80, DFTh-83, DFTh-87, DFTh-89, DFTh-90, DFTh-93 – DFTh-96, DFTh-98, DFTh-107 – DFTh-111.

Cymbellaceae
Cymbella C. Agardh

Cymbella aspera (Ehrenberg) Cleve

Lámina 2: Figura 30

Largo de la valva, 88.4-138.6 μm . Ancho de la valva, 17.1-23.5 μm . Densidad de estrías ventrales, 8-12. Densidad de estrías dorsales, 8-10 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-244, DFXo-246 – DFXo-248, DFXo-251, DFXo-254, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67, DFTh-74, DFTh-76, DFTh-77, DFTh-79, DFTh-80, DFTh-82, DFTh-83, DFTh-85, DFTh-86, DFTh-89, DFTh-91, DFTh-92, DFTh-94, DFTh-95, DFTh-97, DFTh-98, DFTh-109.

Cymbella mexicana (Ehrenberg) Cleve

Lámina 2: Figura 31

Largo de la valva, 52.5-170.0 μm . Ancho de la valva, 23.1-32.5 μm . Densidad de estrías dorsales, 7 en 10 μm . Densidad de estrías ventrales, 8 en 10 μm .

FCME: DFXo-243 – DFXo-246, DFXo-249, DFXo-251, DFXo-253, DFTh-67 – DFTh-71, DFTh-73, DFTh-74, DFTh-76, DFTh-77, DFTh-82 – DFTh-90, DFTh-93, DFTh-94, DFTh-97, DFTh-99, DFTh-107, DFTh-108, DFTh-111.

Encyonema Kützing

Encyonema mesianum (Cholnoky) D.G. Mann

Lámina 2: Figura 32

Largo de la valva, 19.8-37.5 μm . Ancho de la valva, 4.6-10.0 μm . Densidad de estrías dorsales, 11-15 en 10 μm . Densidad de estrías ventrales, 10-15 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-245, DFXo-247, DFXo-248, DFXo-251 – DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67 – DFTh-82, DFTh-84, DFTh-85, DFTh-87 – DFTh-97, DFTh-106 – DFTh-111

Placoneis C. Mereschkowsky

Placoneis exigua (Gregory) Mereschkowsky

Lámina 2: Figura 33

= *Navicula exigua* (Gregory) Grunow

Frústulas elípticas lanceoladas con ápices ligeramente alargados y polos redondeados. El área axial es delgada y recta; el área central circular, moderadamente amplia, sin estigma central; el rafe es recto con las fisuras proximales rectas y las fisuras distales dobladas hacia el mismo lado; las estrías son radiadas en toda la valva, en el centro se alternan estrías cortas y largas con una separación mayor que las del resto de la valva. Largo de la valva, 25.0-33.0 μm . Ancho de la valva, 8.0-10.0 μm . Densidad de estrías, 14-15 en 10 μm . Distribución: Cosmopolita. En México se ha registrado como fósil y en el estado de Oaxaca.

FCME: DFXo-246, DFXo-247, DFTh-70, DFTh-78, DFTh-87, DFTh-91, DFTh-93, DFTh-94, DFTh-96, DFTh-97, DFTh-99, DFTh-106.

Placoneis porifera var. *opportuna* (Hustedt) E. Novelo, R. Tavera & C. Ibarra

Lámina 2: Figura 34

Largo de la valva, 18.0-19.0 μm . Ancho de la valva, 8.0-9.0 μm . Densidad de estrías, 14-16 en 10 μm .

FCME: DFXo-252, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-89, DFTh-98, DFTh-107.

Gomphonemataceae
Gomphoneis Cleve

Gomphoneis eriensis (Grunow) Skvortzow & Meyer

Lámina 3: Figura 35

Largo de la valva, 7.3-57.5 μm . Ancho de la valva, 3.3-16.5 μm . Densidad de estrías, 14-16 en 10 μm .

FCME: DFXo-253, DFXo-256, DFTh-68, DFTh-87, DFTh-89, DFTh-94 – DFTh-97, DFTh-99, DFTh-106, DFTh-108, DFTh-111

Gomphonema Ehrenberg

Gomphonema acuminatum Ehrenberg

Lámina 3: Figura 36

Largo de la valva, 41.0-47.5 μm . Ancho de la valva, 8.5-11.0 μm . Densidad de estrías en el centro, 14 en 10 μm . Densidad de estrías en los polos, 14-16 en 10 μm .

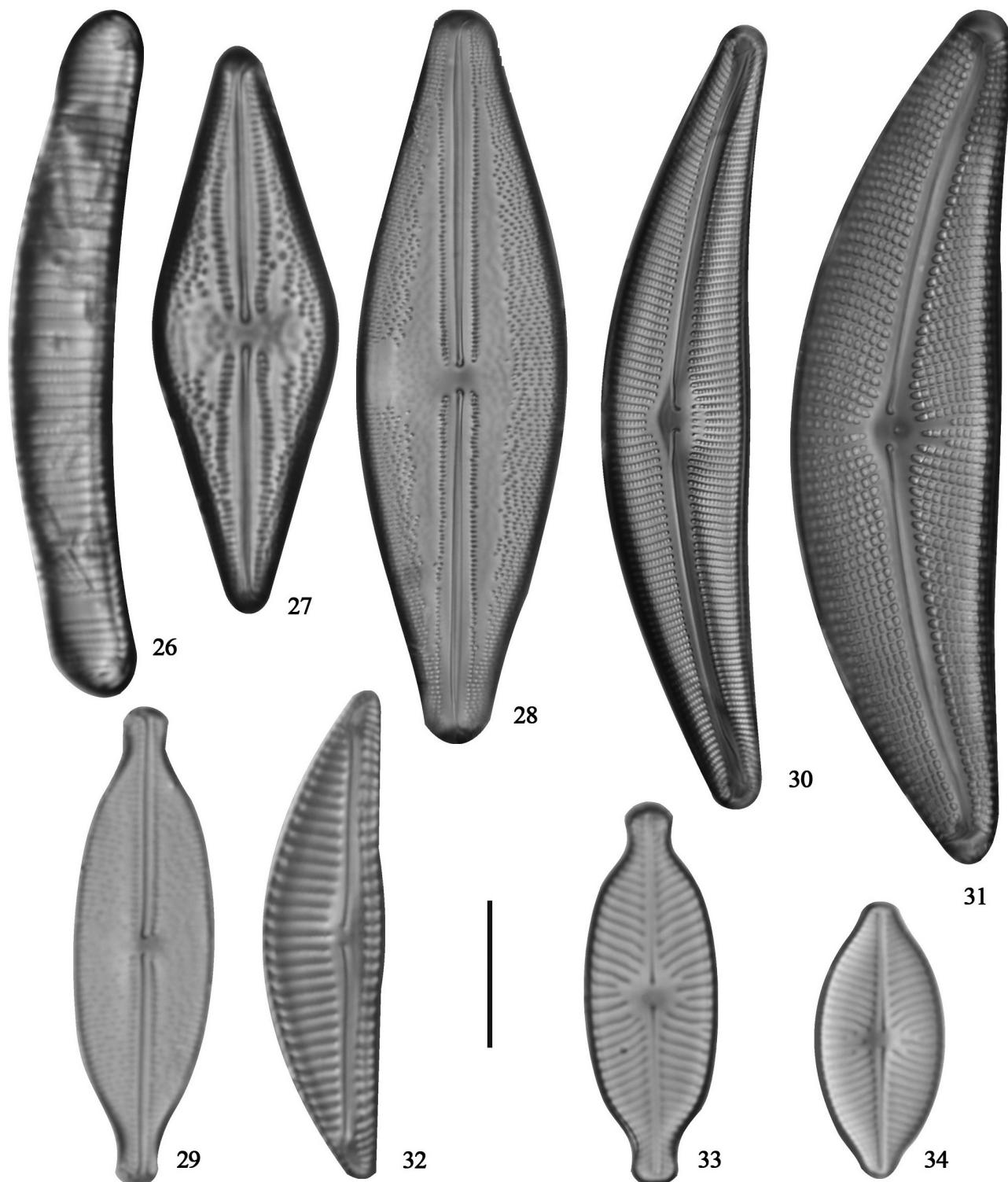


Lámina 2. 26) *Eunotia pectinalis*, 27-28) *Anomoeoneis costata*, 29) *Anomoeoneis sphaerophora*, 30) *Cymbella aspera*, 31) *Cymbella mexicana*, 32) *Encyonema mesianum*, 33) *Placoneis exigua*, 34) *Placoneis porifera* var. *opportuna*. Barra = 10 μ m.

FCME: DFXo-243, DFXo-244, DFXo-246 – DFXo-248, DFTh-70, DFTh-76, DFTh-78, DFTh-79, DFTh-88, DFTh-91, DFTh-93, DFTh-94, DFTh-97, DFTh-108.

Gomphonema affine Kützing

Lámina 3: Figura 37

Largo de la valva, 21.1-52.5 μm . Ancho de la valva, 6.0-9.2 μm . Densidad de estrías, 9-12 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-246, DFXo-249, DFXo-250, DFXo-253, DFXo-256, DFTh-67 – DFTh-75, DFTh-77 – DFTh-87, DFTh-89 – DFTh-94, DFTh-96 – DFTh-99, DFTh-106, DFTh-107, DFTh-109 – DFTh-111.

Gomphonema gracile Ehrenberg

Lámina 3: Figura 38

Largo de la valva, 24.4-50.0 μm . Ancho de la valva, 6.6-8.0 μm . Densidad de estrías, 10-16 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-246, DFXo-247, DFXo-249, DFXo-251 – DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67, DFTh-68, DFTh-70, DFTh-73 – DFTh-76, DFTh-78 – DFTh-81, DFTh-83, DFTh-84, DFTh-86, DFTh-87, DFTh-89 – DFTh-97, DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing

Lámina 3: Figura 39

Largo de la valva, 13.2-37.0 μm . Ancho de la valva, 4.0-7.0 μm . Densidad de estrías, 10-16 en 10 μm .

FCME: DFXo-243 – DFXo-246, DFXo-249 – DFXo-253, DFTh-67 – DFTh-70, DFTh-72 – DFTh-86, DFTh-88, DFTh-91, DFTh-94, DFTh-95, DFTh-97, DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Gomphonema truncatum Ehrenberg

Lámina 3: Figura 40

Largo de la valva, 31.0-53.5 μm . Ancho de la valva, 6.0-8.5 μm . Densidad de estrías, 17 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-252, DFTh-85 – DFTh-87, DFTh-91, DFTh-97, DFTh-98, DFTh-107.

Rhoicospheniaceae

Rhoicosphenia Grunow

Rhoicosphenia abbreviata (C. Agardh) Lange-Bertalot

Lámina 3: Figuras 41-43

Largo de la valva, 20.5-57.5 μm . Ancho de la valva, 4.0-10.0 μm . Densidad de estrías, 10-12 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-246 – DFXo-248, DFXo-250 – DFXo-252, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67 – DFTh-72, DFTh-75 – DFTh-87, DFTh-89, DFTh-90 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Achnanthidiaceae

Achnanthidium Kützing

Achnanthidium exiguum (Grunow) Czarnecki

Lámina 3: Figura 44

Largo de la valva, 9.3-12.5 μm . Ancho de la valva, 4.0-5.5 μm . Densidad de estrías, 25-27 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-244, DFXo-246, DFXo-251 – DFXo-253, DFXo-256, DFTh-67, DFTh-69, DFTh-70, DFTh-74 – DFTh-76, DFTh-78, DFTh-79, DFTh-81, DFTh-82, DFTh-84, DFTh-87, DFTh-91, DFTh-94, DFTh-95, DFTh-97, DFTh-98, DFTh-106, DFTh-109, DFTh-111.

Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki

Lámina 3: Figura 45

Largo de la valva, 9.2-14.4 μm . Ancho de la valva, 2.4-3.3 μm . Densidad de estrías, 25 en 10 μm .

FCME: DFXo-256, DFTh-69, DFTh-74, DFTh-75, DFTh-78, DFTh-81, DFTh-84, DFTh-87, DFTh-95, DFTh-98, DFTh-111.

Lemnicola Round & P.W. Basson

Lemnicola hungarica (Grunow) Round & P.W. Basson

Lámina 3: Figuras 46-47

Largo de la valva, 13.2-27.5 μm . Ancho de la valva, 5.3-7.5 μm . Densidad de estrías, 20-25 en 10 μm .

FCME: DFXo-244 – DFXo-248, DFXo-250 – DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67 – DFTh-71, DFTh-74 – DFTh-76, DFTh-78 – DFTh-82, DFTh-84, DFTh-85, DFTh-87, DFTh-88, DFTh-90 – DFTh-92, DFTh-94 – DFTh-97, DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-108, DFTh-111.

Planothidium Round & L. Bukhtiyarova

Planothidium frequentissimum (Lange-Bertalot) Lange. Bertalot

Lámina 3: Figuras 48-49

Largo de la valva, 11.0-17.0 μm . Ancho de la valva, 5.0-7.0 μm . Densidad de estrías, 14-16 en 10 μm .

FCME: DFXo-250, DFXo-252, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-68, DFTh-75, DFTh-89, DFTh-93 – DFTh-97, DFTh-106, DFTh-109, DFTh-111.

Coccconeidaceae

Coccconeis Ehrenberg

Coccconeis placentula var. *euglypta* (Ehrenberg) Grunow

Lámina 3: Figura 50

Largo de la valva, 13.2-37.6 μm . Ancho de la valva, 7.9-21.1 μm . Densidad de estrías, 21 en 10 μm . Densidad de areolas, 12-20 en 10 μm .

FCME: DFXo-243 – DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67 – DFTh-69, DFTh-70 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Coccconeis placentula var. *lineata* (Ehrenberg) van Heurck

Lámina 3: Figura 51

Largo de la valva, 17.2-33.0 μm . Ancho de la valva, 10.6-17.8 μm . Densidad de estrías, 12-16 en 10 μm . Densidad de areolas, 23 en 10 μm .
FCME: DFXo-243 – DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Diadesmidaceae
Diadesmis Kützing

Diadesmis confervacea Kützing

Lámina 3: Figuras 52

Largo de la valva, 10.6-17.5 μm . Ancho de la valva, 4.6-7.5 μm . Densidad de estrías, 22 en 10 μm .
FCME: DFXo-246, DFXo-250, DFXo-256, DFTh-67, DFTh-75, DFTh-77, DFTh-82, DFTh-87, DFTh-89, DFTh-90, DFTh-92 – DFTh-99, DFTh-106, DFTh-109, DFTh-111.

Luticola D.G. Mann

Luticola goeppertiana (Bleisch) D.G. Mann

Lámina 4: Figura 53

Largo de la valva, 12.0-21.8 μm . Ancho de la valva, 4.6-6.6 μm . Densidad de estrías, 22-24 en 10 μm . Densidad de areolas, 23 en 10 μm .
FCME: DFXo-248, DFXo-252, DFTh-67, DFTh-79, DFTh-94, DFTh-97, DFTh-98, DFTh-106, DFTh-108, DFTh-109, DFTh-111.

Neidiaceae
Neidium Pfitzer

Neidium affine (Ehrenberg) Pfitzer

Lámina 4: Figura 54

= *Navicula affinis* Ehrenberg; *Neidium affine* var. *amphirhynchus* (Ehrenberg) Cleve; *Neidium affine* var. *genuinum* Cleve; *Neidium affine* var. *longiceps* (Gregory) Cleve; *Neidium affine* var. *undulata* (Grunow) Cleve.

Frústulas lineal-lanceoladas con ápices rostrados y polos ligeramente alargados. Conopeum evidente a lo largo de la valva, paralelo al margen; el área axial es recta y estrecha; el área central es elipsoidal y no se extiende hasta los márgenes de la valva; el rafe es filiforme, las fisuras proximales son alargadas, se curvan hacia lados opuestos y se unen por un intermissio, las fisuras distales son bifurcadas; la estriación es muy fina, paralela a ligeramente radiada y punteada. Largo de la valva, 42.2-103.0 μm . Ancho de la valva, 11.2 μm . Densidad de estrías, 23-28 en 10 μm .

Distribución: Cosmopolita. En México en los estados de Hidalgo, México y Michoacán.

FCME: DFXo-253, DFTh-69, DFTh-72, DFTh-74, DFTh-75, DFTh-77, DFTh-81, DFTh-84, DFTh-97, DFTh-108, DFTh-110, DFTh-111.

Neidium ampliatum (Ehrenberg) Krammer

Lámina 4: Figura 55

Largo de la valva, 45.5-64.0 μm . Ancho de la valva, 11.2-13.8 μm . Densidad de estrías, 17-20 en 10 μm .

Esta especie es muy parecida a *Neidium productum* (W. Smith) Cleve sin embargo se diferencia por tener polos más delgados, alargados y la forma de la valva es lineal elíptica.

FCME: DFXo-247, DFXo-252, DFXo-253, DFTh-84, DFTh-87, DFTh-93, DFTh-96.

Neidium iridis (Ehrenberg) Cleve

Lámina 4: Figura 56

Largo de la valva, 37.6 μm . Ancho de la valva, 13.2 μm . Densidad de estrías, 17 en 10 μm . Densidad de areolas, 19-20 en 10 μm .

FCME: DFXo-247, 250, DFTh-72, DFTh-75 – DFTh-77, DFTh-82, DFTh-84, DFTh-87, DFTh-89.

Diploneis Ehrenberg ex Cleve

Diploneis subovalis Cleve

Lámina 4: Figura 57

Largo de la valva, 19.8-32.3 μm . Ancho de la valva, 10.6-18.5 μm . Densidad de estrías, 11-14 en 10 μm . Densidad de areolas, 22 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-244, DFXo-246, DFXo-247, DFXo-251, DFXo-252, DFXo-256, DFTh-78, DFTh-87, DFTh-97, DFTh-108, DFTh-109.

Naviculaceae

Eolimna Lange-Bertalot & W. Schiller

Eolimna subminuscula (Manguin) Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin

Lámina 4: Figura 58

Largo de la valva, 5.3-8.5 μm . Ancho de la valva, 2.6-5.0 μm . Densidad de estrías, 21 en 10.

FCME: DFXo-243, DFXo-252, DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67, DFTh-69, DFTh-71 – DFTh-75, DFTh-77, DFTh-78, DFTh-80 – DFTh-82, DFTh-85, DFTh-87, DFTh-89, DFTh-92 – DFTh-99, DFTh-107 – DFTh-111.

Hippodonta Lange-Bertalot, Witkowski & Metzeltin

Hippodonta hungarica (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski

Lámina 4: Figura 59

Largo de la valva, 12.5-23.1 μm . Ancho de la valva, 4.0-6.0 μm . Densidad de estrías, 9-13 en 10 μm .

FCME: DFXo-256, 257, DFTh-68, DFTh-72, DFTh-81, DFTh-82, DFTh-84, DFTh-85, DFTh-87, DFTh-92, DFTh-93, DFTh-94, DFTh-96, DFTh-99, DFTh-106, DFTh-108, DFTh-109, DFTh-111.

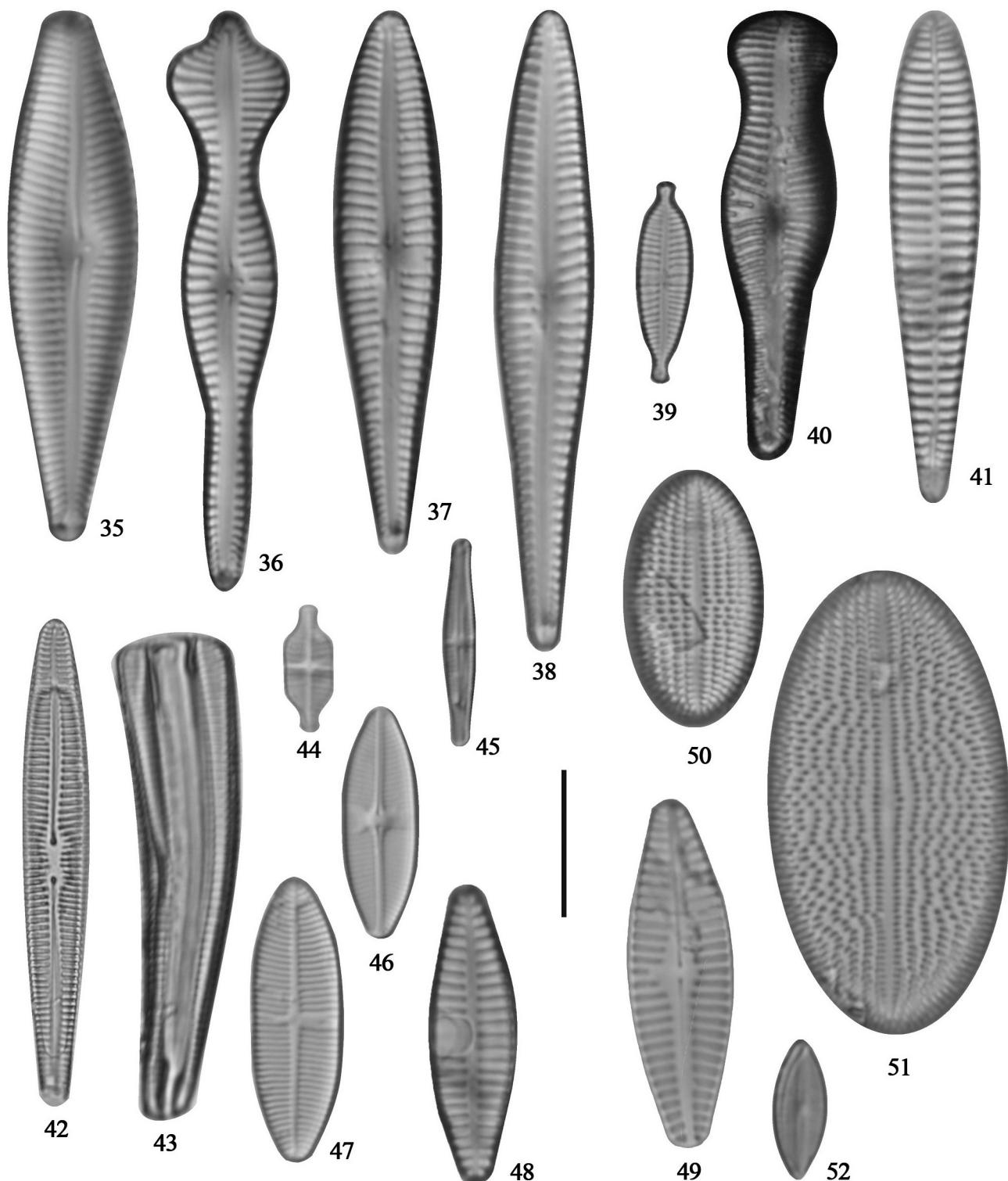


Lámina 3. 35) *Gomphonema eriensis*, 36) *Gomphonema acuminatum*, 37) *Gomphonema affine*, 38) *Gomphonema gracile*, 39) *Gomphonema parvulum*, 40) *Gomphonema truncatum*, 41-43) *Rhoicosphenia abbreviata*, 44) *Achnanthidium exiguum*, 45) *Achnanthidium minutissimum*, 46-47) *Lemnicola hungarica*, 49-49) *Planothidium frequentissimum*, 50) *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, 51) *Cocconeis placentula* var. *lineata*, 52) *Diadesmis confervacea*. Barra = 10 µm.

Geissleria Lange-Bertalot & Metzeltin*Geissleria tagensis* Novais & Ector

Lámina 4: Figura 60

Las frústulas son pequeñas, elípticas con ápices subrostrados y polos redondeados. El área axial es estrecha y recta; el área central es rectangular caracterizada por la presencia de una estría más separada de las demás en ambos lados de la valva; el rafe es recto y filiforme con las fisuras distales y proximales también rectas; las estrías son ligeramente radiales, de la misma longitud. Como característica especial presenta un par de annulos en ambos polos, esto es, areolas más largas que las demás, esta característica se observa fácilmente en microscopía de luz como puntos más gruesos y brillantes. Largo de la valva, 7.9-14.0 μm . Ancho de la valva, 4.6-7.2 μm . Densidad de estrías, 18 en 10 μm .

Distribución: Portugal (Novais *et al.*, 2013).

En las localidades donde habita hay una temperatura elevada, conductividad moderada a alta (270-718 $\mu\text{S cm}^{-1}$) y un pH circumneutro. En términos de dimensiones se considera muy cercana a *Geissleria acceptata* (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin, de la que difiere por sus valvas más amplias, un área central también más amplia y estrías más radiales. Como *G. acceptata*, tampoco posee un poro aislado, por lo que se distingue fácilmente (microscopía de luz) de otras especies de *Geissleria* a las que también se parece por tamaño y forma de la valva. La similitud entre estas dos especies pudo causar una mala interpretación sobre su presencia en México, pues el único antecedente conocido es como *Navicula acceptata* Hustedt, en la Laguna Zacapu, Michoacán (Metcalfe, 1988). Es el primer registro para México.

FCME: DFXo-243, DFXo-248, DFXo-252, DFXo-253, DFTh-72, DFTh-74, DFTh-87, DFTh-89, DFTh-96, DFTh-99, DFTh-108.

Navicula Bory de Saint-Vicent*Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot

Lámina 4: Figura 61

Largo de la valva, 14.5-26.4 μm . Ancho de la valva, 4.6-6.1 μm . Densidad de estrías, 17-19 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-246, DFXo-247, DFXo-250 – DFXo-252, DFTh-67 – DFTh-82, DFTh-84, DFTh-87 – DFTh-97, DFTh-99, DFTh-107 – DFTh-111.

Navicula viridula (Kützing) Ehrenberg

Lámina 4: Figura 62

= *Frustulia viridula* Kützing; *Navicula viridula* (Kützing) Kützing; *Pinnularia viridula* (Ehrenberg) Ehrenberg; *Pinnularia virudula* (Kützing) Rabenhorst; *Schizonema viridulum* (Kützing) Kuntze.

Frústulas lineal-lanceoladas con ápices rostrados y polos obtusos. El área axial es estrecha y recta; el área central es amplia y de forma circular, se caracteriza por presentar estrías

más cortas y separadas que el resto, siempre se observan estrías pequeñas en el centro acompañadas de estrías laterales más largas, dándole la forma redondeada al área central, las fisuras proximales del rafe se curvan hacia el lado primario de la valva (opuestas a la discordancia de Voigt) y las fisuras distales con forma de signo de interrogación; estrías radiales en el centro y paralelas en los ápices. Largo de la valva, 20.5-42.2 μm . Ancho de la valva, 4.0-6.6 μm . Densidad de estrías, 18-24 en 10 μm .

Distribución: Cosmopolita. En México en el D.F. y en los estados de Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Veracruz y Yucatán. FCME: DFXo-250, DFXo-252, DFTh-68, DFTh-76, DFTh-81, DFTh-92, DFTh-94, DFTh-96, DFTh-97, DFTh-99, DFTh-108, DFTh-110, DFTh-111.

Naviculadicta Lange-Bertalot*Naviculadicta brasiliiana* (Cleve) Metzeltin & Lange-Bertalot

Lámina 4: Figura 63

Largo de la valva, 33.0-48.2 μm . Ancho de la valva, 5.0-12.5 μm . Densidad de estrías en los polos, 25-27 en 10 μm . Densidad de estrías en el centro de la valva, 25-26 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFTh-89, DFTh-94, DFTh-96, DFTh-99, DFTh-110.

Naviculadicta pseudoventralis (Hustedt) Lange-Bertalot

Lámina 4: Figura 64

= *Navicula pseudoventralis* Hustedt

Frústulas lineal-elípticas con ápices redondeados y polos alargados. El área axial es estrecha y recta; el área central es de forma rectangular y se caracteriza por presentar 2 estrías más pequeñas que el resto; fisuras proximales del rafe rectas; estrías ligeramente radiadas a lo largo de toda la valva. Largo de la valva, 8.5-13.5 μm . Ancho de la valva, 4.0-5.0 μm . Densidad de estrías, 19-20 en 10 μm .

Distribución. Templada. En México en la región central (como *Navicula pseudoventralis*). Es una especie con pocos registros, se ha reportado como una especie indicadora de ambientes oligo-mesotróficos (Whitton *et al.*, 2003, Potapova & Charles 2007), sin embargo en Xochimilco-Tláhuac es una especie frecuente, lo que modifica su carácter indicador.

FCME: DFXo-243, DFXo-246, DFXo-250, DFXo-252, DFXo-257, DFTh-85, DFTh-89, DFTh-95 – DFTh-97, DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-108, DFTh-110, DFTh-111.

Pinnulariaceae

Caloneis Cleve*Caloneis bacillum* (Grunow) Cleve

Lámina 4: Figuras 65-66

Largo de la valva, 17.5-33.7 μm . Ancho de la valva, 4.6-10 μm . Densidad de estrías, 22-28 en 10 μm .

FCME: DFXo-245, DFXo-248, DFXo-252, DFXo-256,

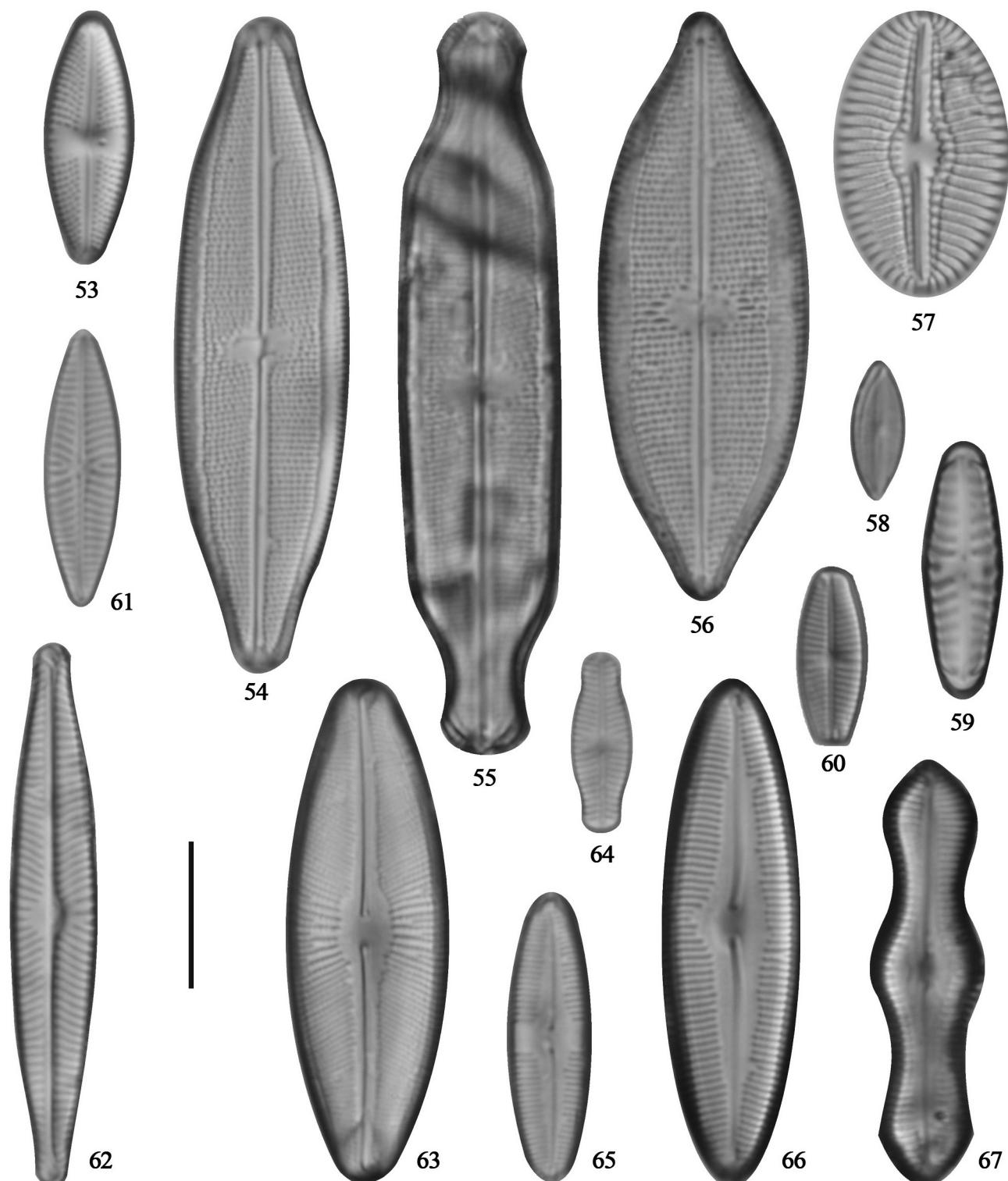


Lámina 4. 53) *Luticola goeppertiana*, 54) *Neidium affine*, 55) *Neidium ampliatum*, 56) *Neidium iridis*, 57) *Diploneis subovalis*, 58) *Eolimna subminuscula*, 59) *Hippodonta hungarica*, 60) *Geissleria tagensis*, 61) *Navicula cryptotenella*, 62) *Navicula viridula*, 63) *Naviculadicta brasiliiana*, 64) *Naviculadicta pseudoventralis*, 65-66) *Caloneis bacillum*, 67) *Caloneis silicula*. Barra = 10 μ m.

DFTh-69, DFTh-75, DFTh-81, DFTh-84, DFTh-87, DFTh-89, DFTh-90, DFTh-96, DFTh-97, DFTh-99, DFTh-106, DFTh-108, DFTh-109.

Caloneis silicula (Ehrenberg) Cleve

Lámina 4: Figura 67

Largo de la valva, 32.3-50.8 μm . Ancho de la valva, 10.0-12.5 μm . Densidad de estrías, 20 en 10 μm .

FCME: DFXo-246, DFXo-252, DFXo-256, DFXo-257, DFXo-257, DFTh-69, DFTh-78, DFTh-86, DFTh-87, DFTh-89, DFTh-99, DFTh-109, DFTh-111.

Pinnularia Ehrenberg

Pinnularia acrosphaeria W. Smith

Lámina 5: Figura 68

Largo de la valva, 46.2-177.5 μm . Ancho de la valva, 3.3-13.2 μm . Densidad de estrías, 11-15 en 10 μm .

FCME: DFXo-256, DFTh-68 – DFTh-70, DFTh-79, DFTh-81, DFTh-88, DFTh-91, DFTh-94, DFTh-95, DFTh-97 – DFTh-99, DFTh-106, DFTh-107, DFTh-109.

Pinnularia acuminata W. Smith

Lámina 5: Figura 69

= *Navicula acuminata* (W. Smith) Ralfs; *Pinnularia viridis* var. *acuminata* (W. Smith) Brun; *Navicula viridis* var. *acuminata* (W. Smith) M. Peragallo.

Frústulas linear-lanceoladas con polos no alargados y ápices cuneados. El área axial es amplia en toda la valva y estrecha en los polos; el área central no se diferencia del área axial; el rafe es filiforme, las fisuras proximales se curvan hacia el mismo lado y las fisuras distales tienen forma de hoz; las estrías son radiadas en el centro y paralelas en los polos, en el centro de la valva hacia los márgenes no hay estrías. Largo de la valva, 56.1-80.0 μm . Ancho de la valva, 12.0-15.0 μm . Densidad de estrías, 10 en 10 μm .

Distribución. Cosmopolita. En México en el D.F. y en el estado de Veracruz.

FCME: DFXo-246, DFXo-251, DFTh-69, DFTh-75, DFTh-77, DFTh-79, DFTh-81, DFTh-91, DFTh-92, DFTh-97, DFTh-99, DFTh-106.

Pinnularia gibba (Ehrenberg) Ehrenberg

Lámina 5: Figura 70

Largo de la valva, 24.4-60.0 μm . Ancho de la valva, 4.6-9.0 μm . Densidad de estrías, 9-15 en 10 μm .

FCME: DFXo-243 – DFXo-245, DFXo-247, DFXo-249 – DFXo-251, DFXo-256, DFTh-67 – DFTh-70, DFTh-72, DFTh-75 – DFTh-79, DFTh-81 – DFTh-83, DFTh-85 – DFTh-91, DFTh-93, DFTh-95 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-109, DFTh-111.

Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenberg

Lámina 5: Figura 71

Largo de la valva, 79.2-135.3 μm . Ancho de la valva, 15.2-21.8 μm . Densidad de estrías, 9-13 en 10 μm .

FCME: DFXo-246, DFXo-250, DFXo-256, DFTh-76, DFTh-106, DFTh-110.

Sellaphoraceae

Fallacia Stickle & D.G. Mann in Round, Crawford & Mann

Fallacia pygmaea (Kützing) A.J. Stickle & D.G. Mann

Lámina 5: Figura 72

Largo de la valva, 19.8-22.4 μm . Ancho de la valva, 7.9 μm . Densidad de estrías, 30-32 en 10 μm .

FCME: DFXo-248, DFTh-68, DFTh-77, DFTh-90, DFTh-96, DFTh-110.

Sellaphora Mereschkowsky

Sellaphora laevissima (Kützing) D.G. Mann

Lámina 5: Figura 73

Largo de la valva, 29.0-43.0 μm . Ancho de la valva, 6.6-12.5 μm . Densidad de estrías, 18 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-244, DFXo-246, DFXo-247, DFXo-250, DFXo-251, DFXo-253, DFTh-68 – DFTh-70, DFTh-76 – DFTh-79, DFTh-81, DFTh-82, DFTh-87 – DFTh-91, DFTh-93, DFTh-94, DFTh-96, DFTh-97, DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Sellaphora pupula (Kützing) Mereschkowsky

Lámina 5: Figura 74

Largo de la valva, 19.8-42.9 μm . Ancho de la valva, 5.9-8.5 μm . Densidad de estrías, 23 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-246 – DFXo-249, DFXo-253, DFXo-256, DFTh-68 – DFTh-72, DFTh-74 – DFTh-91, DFTh-94 – DFTh-96, DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-108, DFTh-110, DFTh-111.

Stauroneidaceae

Craticula Grunow

Craticula ambigua (Ehrenberg) D.G. Mann

Lámina 5: Figuras 75-76

= *Navicula ambigua* Ehrenberg; *Navicula cuspidata* var. *ambigua* (Ehrenberg) Cleve.

Frústulas elíptico-lanceoladas con ápices rostrados, polos redondeados y márgenes convexos. El área axial es recta y estrecha; el área central no se distingue claramente del área axial, sin embargo se observa ligeramente lanceolada; el rafe es filiforme con las fisuras proximales rectas y las fisuras distales dirigidas hacia el mismo lado; un nódulo central pequeño; estrías ligeramente radiadas a lo largo de toda la valva y con areolas muy finas. Largo de la valva, 36.0-59.4 μm . Ancho de la valva, 10.0-16.5 μm . Densidad de estrías en el centro, 19-20 en 10 μm ; en los polos, 22-23 en 10 μm .

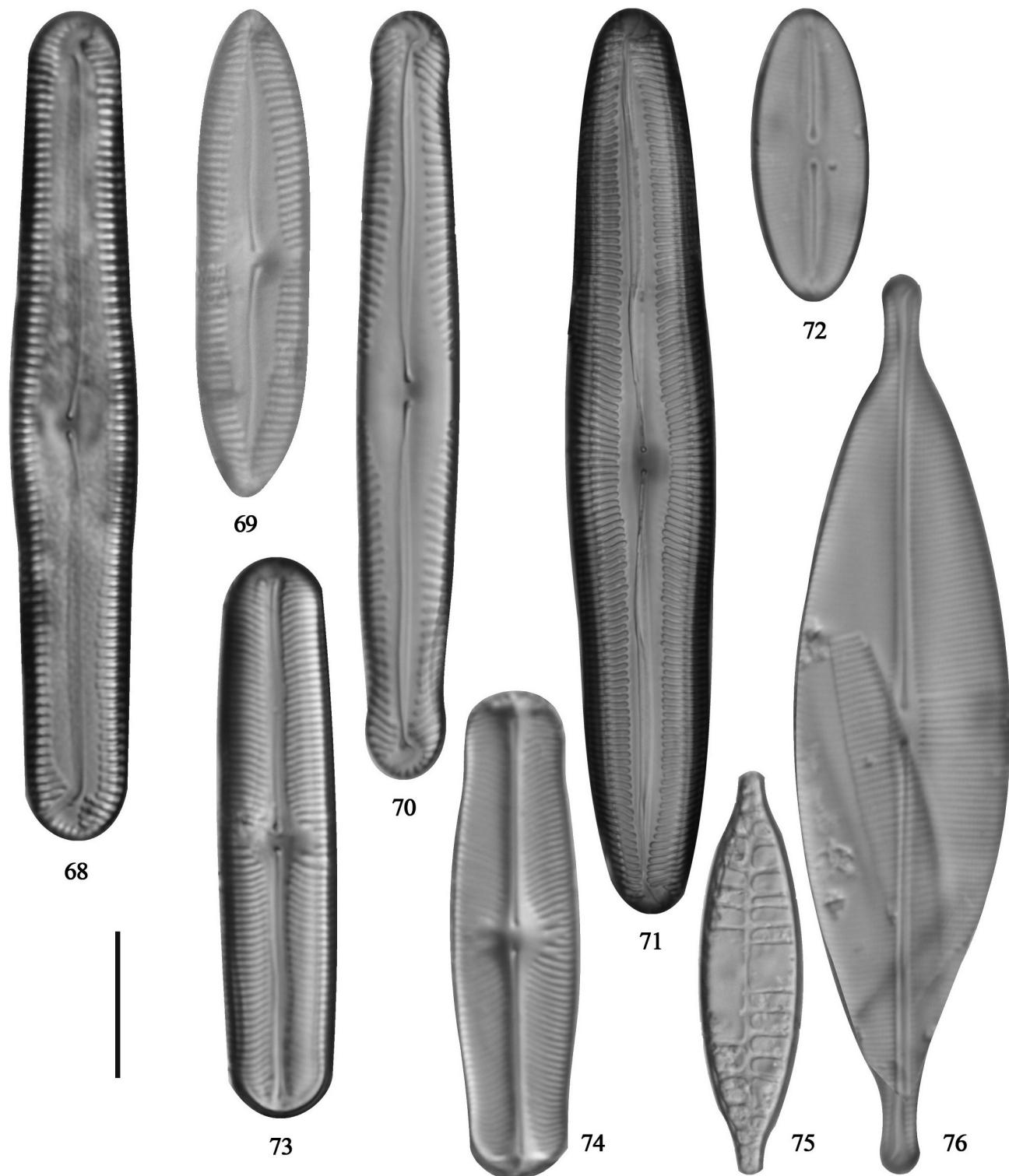


Lámina 5. 68) *Pinnularia acrosphaeria*, 69) *Pinnularia acuminata*, 70) *Pinnularia gibba*, 71) *Pinnularia viridis*, 72) *Fallacia pygmaea*, 73) *Sellaphora laevissima*, 74) *Sellaphora pupula*, 75-76) *Craticula ambigua*. Barra = 10 μ m.

Distribución: Cosmopolita. En México en los estados de Baja California Sur y Tabasco.

De acuerdo con Lange-Bertalot (2001) este taxón fue considerado erróneamente como un sinónimo de *Craticula cuspidata*. La diferencia entre estos taxones es la forma de la valva, que en el caso de *C. cuspidata* es rómbico-lanceolada con ápices no alargados y en el caso de *C. ambigua* es elíptico-lanceolada con los ápices alargados.

FCME: DFXo-243, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67, DFTh-85, DFTh-107, DFTh-111.

Craticula cuspidata (Kützing) D.G. Mann

Lámina 6: Figura 77

Largo de la valva, 92.4-113.0 μm . Ancho de la valva, 20.4-23.1 μm . Densidad de estrías en el centro, 15-21 en 10 μm ; en los polos, 22 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-246, DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67, DFTh-70, DFTh-77, DFTh-79, DFTh-83, DFTh-84, DFTh-87, DFTh-95, DFTh-99, DFTh-108, DFTh-110, DFTh-111.

Craticula halophila (Grunow) D.G. Mann

Lámina 6: Figura 78

Largo de la valva, 16.5-20.50 μm . Ancho de la valva, 4.0-5.0 μm . Densidad de estrías, 25 en 10 μm .

FCME: DFXo-250, DFXo-253, DFTh-81, DFTh-96, DFTh-108.

Stauroneis Ehrenberg

Stauroneis phoenicenteron (Nitzsch) Ehrenberg

Lámina 6: Figura 79

Largo de la valva, 91.1-102.3 μm . Ancho de la valva, 17.0-18.0 μm . Densidad de estrías, 17-21 en 10 μm . Densidad de areolas, 14-16 en 10 μm .

FCME: DFXo-246, DFXo-248, DFXo-251, DFXo-253, DFTh-75, DFTh-77, DFTh-81, DFTh-87, DFTh-89-DFTh-91, DFTh-93-DFTh-96, DFTh-99, DFTh-106, DFTh-110, DFTh-111.

Thalassiophytales

Catenulaceae

Amphora C.G. Ehrenberg ex F. T. Kützing

Amphora copulata (Kützing) Schoeman & R.E.M. Archibald

Lámina 6: Figura 80

Largo de la valva, 27.1-40.5 μm . Ancho de la valva, 6.0-8.0 μm . Densidad de estrías dorsales, 13 en 10 μm ; estrías ventrales, 12-15 en 10 μm .

FCME: DFXo-243-DFXo-245, DFXo-247-DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67-DFTh-75, DFTh-77-DFTh-87, DFTh-89, DFTh-91-DFTh-94, DFTh-96, DFTh-98, DFTh-99, DFTh-107-DFTh-110.

Halaphora (Cleve) Levkov

Halaphora coffeeaformis (C. Agardh) Levkov

Lámina 6: Figura 81

Largo de la valva, 23.1-34.3 μm . Ancho de la valva, 5.2-6.6 μm .

Densidad de estrías, 21 en 10 μm . FCME: DFXo-246, DFXo-252, DFXo-257, DFTh-79, DFTh-95, DFTh-106, DFTh-111.

Halaphora veneta (Kützing) Levkov

Lámina 6: Figura 82

Largo de la valva, 13.2-26.4 μm . Ancho de la valva, 3.3-5.0 μm . Densidad de estrías, 23-29 en 10 μm .

FCME: DFXo-244, DFXo-247, DFXo-251-DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67-DFTh-72, DFTh-74-DFTh-99, DFTh-106-DFTh-111.

Bacillariales

Bacillariaceae

Denticula Kützing

Denticula valida (Pedicino) Grunow

Lámina 6: Figuras 83-84

Largo de la valva, 21.8-33.0 μm . Ancho de la valva, 8.0-17.2 μm . Densidad de estrías, 15-17 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-244, DFXo-246-DFXo-248, DFXo-250-DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67, DFTh-68, DFTh-69, DFTh-72-DFTh-78, DFTh-80-DFTh-82, DFTh-84-DFTh-90, DFTh-92, DFTh-93, DFTh-96, DFTh-97, DFTh-99, DFTh-106-DFTh-108, DFTh-110, DFTh-111.

Hantzschia Grunow

Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow

Lámina 6: Figura 85

Largo de la valva, 25.7-47.0 μm . Ancho de la valva, 5.0-7.0 μm . Densidad de estrías, 25-28 en 10 μm . Densidad de fíbulas, 8-11 en 10 μm .

FCME: DFXo-246, DFXo-253, DFTh-79, DFTh-106, DFTh-110, DFTh-111.

Nitzschia Hassall

Nitzschia acicularis (Kützing) W. Smith

Lámina 6: Figura 86

Largo de la valva, 41.6-56.1 μm . Ancho de la valva, 2.6-4.0 μm .

Densidad de fíbulas, 13-24 en 10 μm .

FCME: DFXo-244DFXo-246, DFXo-251, DFXo-252, DFTh-67, DFTh-68, DFTh-71, DFTh-75, DFTh-78, DFTh-80, DFTh-89, DFTh-93-DFTh-96, DFTh-107, DFTh-110, DFTh-111.

Nitzschia amphibia Grunow

Lámina 6: Figura 87

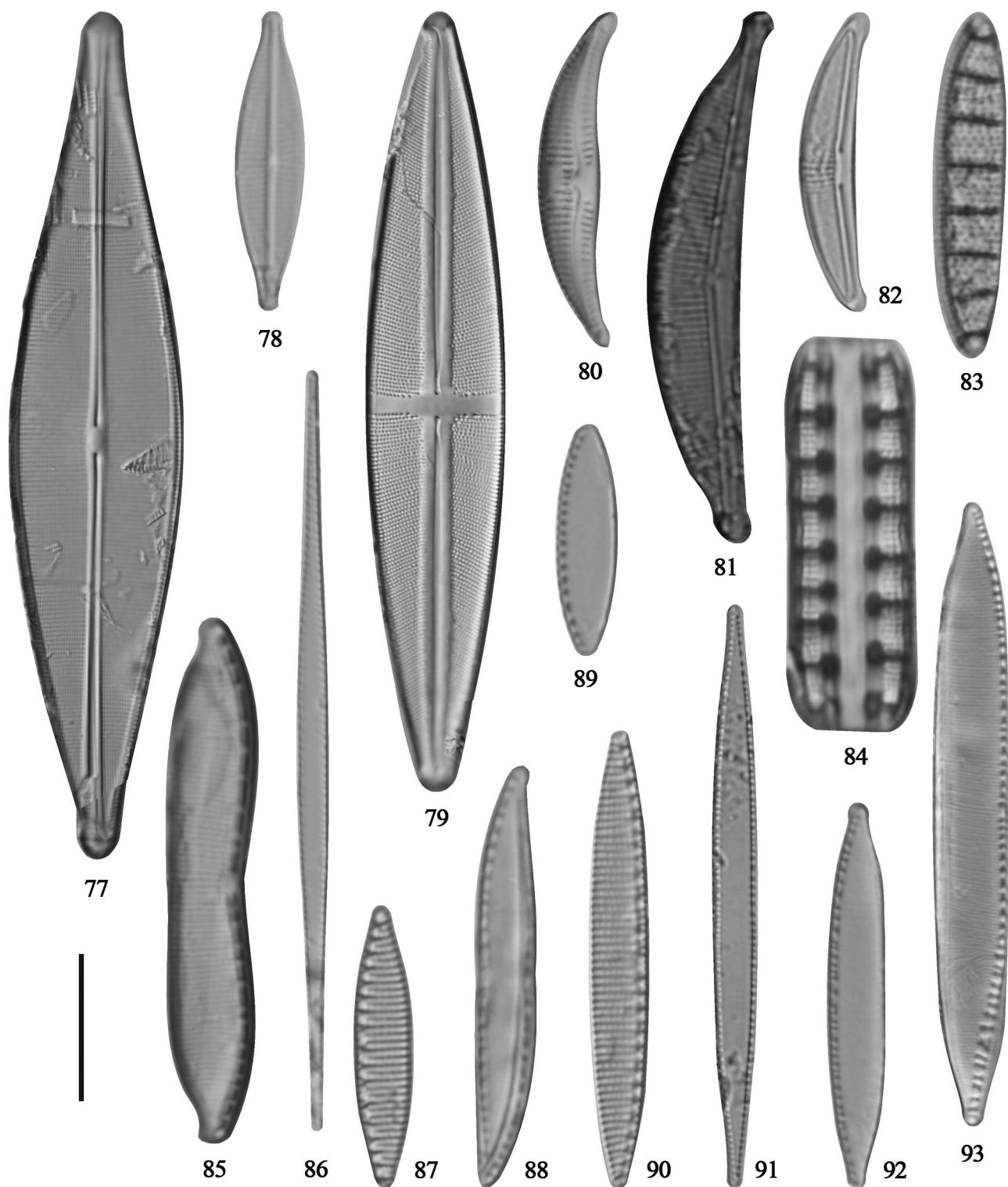


Lámina 6. 77) *Craticula cuspidata*, 78) *Craticula halophila*, 79) *Stauroneis phoenicenteron*, 80) *Amphora copulata*, 81) *Halamphora coffeeaeformis*, 82) *Halamphora veneta*, 83-84) *Denticula valida*, 85) *Hantzschia amphioxys*, 86) *Nitzschia acicularis*, 87) *Nitzschia amphibia*, 88) *Nitzschia clausii*, 89) *Nitzschia communis*, 90) *Nitzschia frustulum*, 91) *Nitzschia gracilis*, 92) *Nitzschia palea*, 93) *Nitzschia umbonata*. Barra = 10 μ m.

Largo de la valva, 21.5-52.5 μm . Ancho de la valva, 3.3-4.5 μm . Densidad de estrías, 17-20 en 10 μm . Densidad de fíbulas, 9-10 en 10 μm .

FCME: DFXo-249, DFXo-250, DFXo-252, DFXo-253, DFXo-257, DFTh-81, DFTh-83, DFTh-87, DFTh-89, DFTh-92 – DFTh-96, DFTh-98, DFTh-109, DFTh-111.

Nitzschia clausii Hantzsch

Lámina 6: Figura 88

Largo de la valva, 17.7 μm . Ancho de la valva, 4 μm . Densidad de fíbulas, 10-13 en 10 μm .

FCME: DFXo-249, DFTh-79, DFTh-83, DFTh-89, DFTh-106, DFTh-111.

Nitzschia communis Rabenhorst

Lámina 6: Figura 89

Largo de la valva, 13.2-36.3 μm . Ancho de la valva, 3.3-4.0 μm . Densidad de fíbulas, 14-24 en 10 μm .

FCME: DFXo-256, DFXo-257, DFTh-92, DFTh-106, DFTh-110.

Nitzschia frustulum (Kützing) Grunow

Lámina 6: Figura 90

Largo de la valva, 11.2-43.5 μm . Ancho de la valva, 3.3-4.0 μm . Densidad de estrías, 18-28 en 10 μm . Densidad de fíbulas, 8-14 en 10 μm .

FCME: DFXo-243 – DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Nitzschia gracilis Hantzsch

Lámina 6: Figura 91

Largo de la valva, 50.8 μm . Ancho de la valva, 4.0 μm . Densidad de fíbulas, 15 en 10 μm .

FCME: DFTh-70, DFTh-85, DFTh-94, DFTh-106, DFTh-109.

Nitzschia palea (Kützing) W. Smith

Lámina 6: Figura 92

Largo de la valva, 21.1-71.5 μm . Ancho de la valva, 3.3-5.0 μm . Densidad de fíbulas, 11-15 en 10 μm .

FCME: DFXo-245, DFXo-252, DFXo-256, DFTh-89, DFTh-90, DFTh-95, DFTh-96, DFTh-106 – DFTh-111.

Nitzschia umbonata (Ehrenberg) Lange-Bertalot

Lámina 6: Figura 93

Largo de la valva, 37.0-57.4 μm . Ancho de la valva, 6.0-7.0 μm . Densidad de estrías, 30 en 10 μm , Densidad de fíbulas, 10 en 10 μm .

FCME: DFXo-244 – DFXo-246, DFXo-248, DFXo-251, DFXo-252, DFTh-67, DFTh-93, DFTh-94.

Tryblionella W. Smith

Tryblionella apiculata Gregory

Lámina 7: Figura 94

Largo de la valva, 45.0-54.8 μm . Ancho de la valva, 6.0-7.2 μm . Densidad de estrías, 20-22 en 10 μm .

FCME: DFXo-253, DFXo-256, DFTh-109, DFTh-111.

Rhopalodiales

Rhopalodiaceae

Epithemia Brébisson

Epithemia adnata (Kützing) Brébisson

Lámina 7: Figura 95

Largo de la valva, 22.4-77.5 μm . Ancho de la valva, 7.2-12.5 μm . Costillas, 3-5 en 10 μm . Hilera de areolas, 10-12 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-245 – DFXo-248, DFXo-252, DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-68, DFTh-69, DFTh-71, DFTh-72, DFTh-74 – DFTh-80, DFTh-82, DFTh-84, DFTh-86 – DFTh-97, DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Epithemia sorex Kützing

Lámina 7: Figura 96

Largo de la valva, 21.0-25.0 μm . Ancho de la valva, 7.0-8.0 μm . Densidad de estrías, 15-16 en 10 μm . Densidad de costillas, 7-8 en 10 μm . Estrías entre costillas, 1-3.

FCME: DFXo-246, DFXo-251, DFTh-68, DFTh-70, DFTh-75, DFTh-76, DFTh-79, DFTh-80, DFTh-82, DFTh-83, DFTh-85, DFTh-87, DFTh-88, DFTh-90, DFTh-91, DFTh-92, DFTh-94, DFTh-95, DFTh-97, DFTh-98, DFTh-106, DFTh-107, DFTh-109, DFTh-110.

Epithemia turgida (Ehrenberg) Kützing

Lámina 7: Figura 97

Largo de la valva, 53.4-89.1 μm . Ancho de la valva, 12.0-15.2 μm . Densidad de costillas, 4 en 10 μm . Hilera de areolas, 8 en 10 μm .

FCME: DFXo-244, DFXo-246, DFXo-248, DFXo-250 – DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67 – DFTh-70, DFTh-72 – DFTh-93, DFTh-95, DFTh-97 – DFTh-99, DFTh-106 – DFTh-111.

Rhopalodia O. Müller

Rhopalodia gibba (Ehrenberg) O. Müller

Lámina 7: Figuras 98-99

Largo de la valva, 56.1-120.8 μm . Ancho de la valva, 6.0-7.5 μm . Densidad de estrías, 10-15 en 10 μm .

FCME: DFXo-243, DFXo-246, DFXo-247, DFXo-251, DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67, DFTh-68, DFTh-72 – DFTh-77, DFTh-79, DFTh-83, DFTh-85, DFTh-87 – DFTh-91, DFTh-94, DFTh-95, DFTh-97, DFTh-106, DFTh-107, DFTh-109 – DFTh-111.

Rhopalodia gibberula (Ehrenberg) O. Müller

Lámina 7: Figura 100

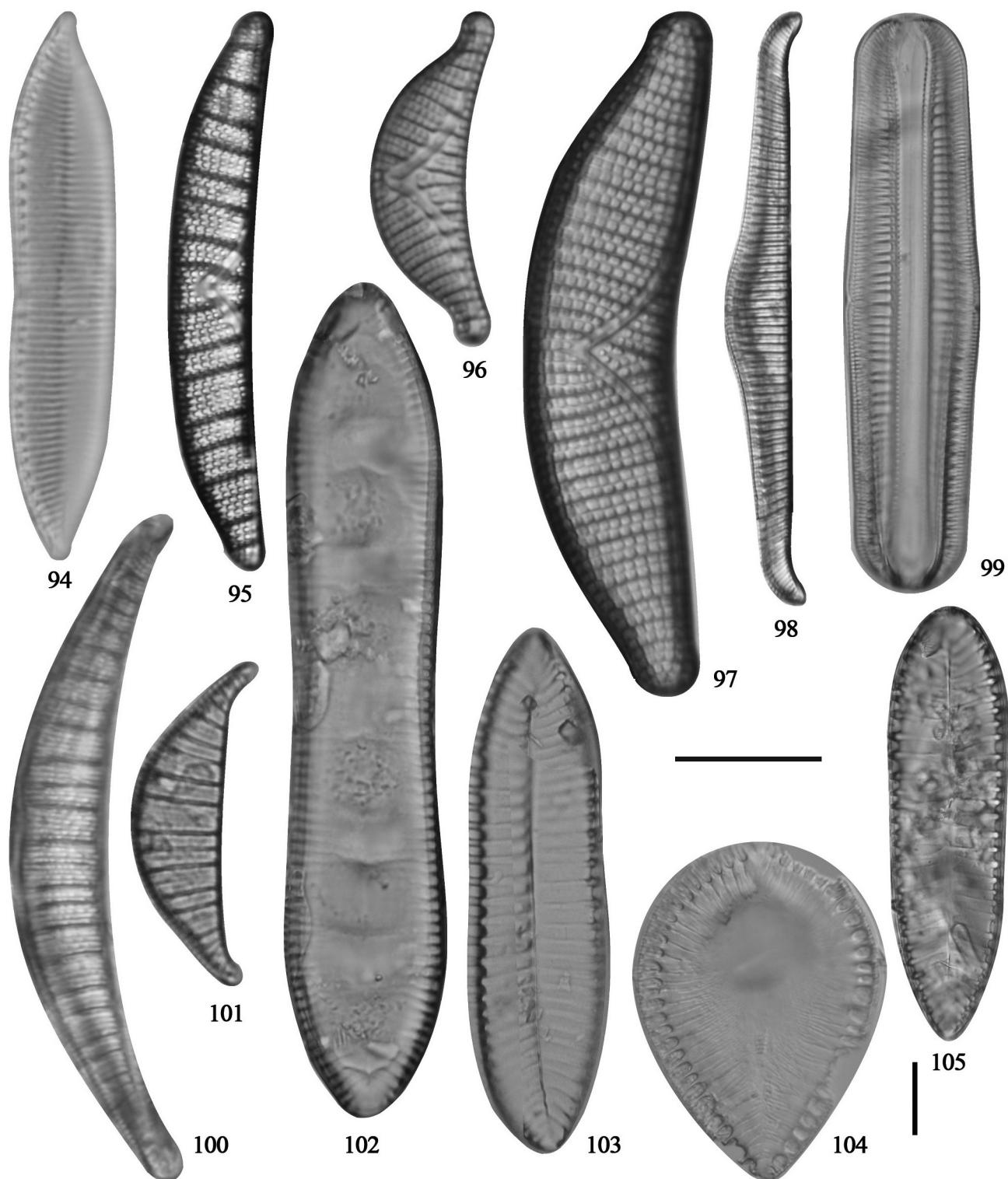


Lámina 7. 94) *Tryblionella apiculata*, 95) *Epithemia adnata*, 96) *Epithemia sorex*, 97) *Epithemia turgida*, 98-99) *Rhopalodia gibba*, 100) *Rhopalodia gibberula*, 101) *Rhopalodia operculata*, 102) *Cymatopleura solea*, 103) *Surirella biseriata*, 104) *Surirella brebissonii*, 105) *Surirella tenera*. Barras = 10 μ m.

Largo de la valva, 38.3 μm . Ancho de la valva, 11.2 μm . Densidad de fíbulas, 5 en 10 μm . Densidad de estrías, 19 en 10 μm .

FCME: DFXo-246, DFXo-253, DFXo-257, DFTh-76, DFTh-98, DFTh-107.

Rhopalodia operculata (C. Agardh) Håkanasson

Lámina 7: Figura 101

Frústulas semielípticas con el margen dorsal convexo y el margen ventral recto; ápices redondeados con polos ligeramente alargados. El rafe es ventral; las costillas delgadas se observan más separadas en el centro que en los polos; estrías ligeramente radiadas. Largo de la valva, 20.0-42.5 μm . Ancho de la valva, 6.0-10.0 μm . Densidad de fíbulas, 6 en 10 μm . Estrías entre fíbulas, 5.

Distribución: Cosmopolita. En México en el D.F. y en los estados de Guanajuato, Michoacán y Puebla.

FCME: DFXo-244, DFXo-246, DFXo-251 – DFXo-253, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-67, DFTh-70, DFTh-71, DFTh-73 – DFTh-80, DFTh-82, DFTh-83, DFTh-87, DFTh-90, DFTh-93 – DFTh-95, DFTh-97, DFTh-99, DFTh-106, DFTh-107, DFTh-109, DFTh-111.

Surirellales

Surirellaceae

Cymatopleura W. Smith

Cymatopleura solea (Brébisson) W. Smith

Lámina 7: Figura 102

Largo de la valva, 88.4-92.5 μm . Ancho de la valva, 17.8-20.0 μm . Densidad de costillas, 8 en 10 μm . Densidad de estrías, 27 en 10 μm .

FCME: DFTh-75, DFTh-87, DFTh-90, DFTh-92, DFTh-99.

Surirella Turpin

Surirella biseriata Brébisson

Lámina 7: Figura 103

Largo de la valva, 102.3 μm . Ancho de la valva, 30 μm . Canales, 9 en 10 μm .

FCME: DFXo-247, DFXo-248, DFXo-256, DFXo-257, DFTh-83, DFTh-88, DFTh-89.

Surirella brebissonii Krammer & Lange-Bertalot

Lámina 7: Figura 104

Largo de la valva, 55.2 μm . Ancho de la valva, 31.7 μm . Densidad de estrías, 18-24 en 10 μm . Canales, 7 en 10 μm .

FCME: DFTh-82.1.

Surirella tenera W. Gregory

Lámina 7: Figura 105

Largo de la valva, 70.0-102.3 μm . Ancho de la valva, 20.0-30.0 μm . Canales, 6 en 10 μm .

FCME: DFXo-253, DFTh-92, DFTh-99.

Frecuencia y afinidad geográfica de las especies. Con base en la calificación ecológica de las especies (Tabla 1) se determinó que 22 especies fueron dominantes. Destacan *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Nitzschia frustulum* y *Cyclotella meneghiniana* por su presencia en 48-52 de las 54 muestras analizadas. La mayoría de las especies fueron frecuentes (42 especies) y 27 especies fueron raras y destacan *Surirella brebissonii*, *Surirella tenera* y *Fragilaria goulardii* que estuvieron presentes en 1 a 3 muestras. Considerando la distribución geográfica, la mayoría de las especies tiene una distribución cosmopolita (68 especies); 17 especies presentan una distribución templada, 12 de ellas han sido registradas también en el trópico y 5 tenían hasta ahora una distribución exclusivamente templada. De las 6 especies con distribución tropical, dos han sido registradas también en zonas templadas.

Análisis estadísticos. En la Tabla 2 se reunieron por localidad y fecha los datos de riqueza y variables fisicoquímicas medidas. En la Tabla 3a se muestran las variables que se correlacionaron significativamente con la riqueza y que fueron la temperatura, pH, conductividad (Pearson significativo con un valor de $P \leq 0.01$) y sílice (Pearson significativo con un valor de $P \leq 0.05$). El análisis de regresión lineal múltiple mostró un valor de R^2 ajustada pequeño (0.174), por lo que para elaborar el modelo se seleccionaron sólo las variables pH y sílice pues mostraron significancia tanto en la varianza de la regresión (ANOVA, $P = 0.003$) como en los coeficientes Beta ($P \leq 0.03$), con valores de tolerancia cercanos a 1.0 (Tabla 3 b, c). De acuerdo con los coeficientes estandarizados propuestos por el modelo de regresión, las contribuciones del pH y del sílice fueron negativas y se expresó matemáticamente con la ecuación de regresión del modelo generado (Tabla 3c):

$$\text{Riqueza} = 98.273_{(\text{valor})} - 4.04_{(\text{pH})} - 0.969_{(\text{sílice})}.$$

Discusión

Las clases Mediophyceae y Bacillariophyceae (pennadas) fueron las mejor representadas con un 95 % de la composición total mientras que la clase Coscinodiscophyceae (centrales) solamente contó con un 5 %. Esto apoya lo que han establecido algunos autores (Lee, 2008; Round *et al.*, 1990; Wetherbee *et al.*, 1998) sobre la forma de vida bentónica como la que predomina en las diatomeas penadas, pues argumentan que se relaciona con la presencia del rafe y los campos porosos apicales que les permiten asociarse con algún tipo de sustrato.

La flora bentónica de Xochimilco-Tláhuac se calificó como tolerante a una gama amplia de condiciones (Tablas 2, 3), lo que posibilita su presencia en ambientes con un grado importante de alteración. La diversidad observada entonces reúne especies propias de ambientes eutróficos a hipereu-

tróficos y es significativa en comparación con los estudios iniciales realizados en el área de Xochimilco enfocados al plancton, en los que sólo se habían registrado 56 especies de diatomeas para toda la zona lacustre (Flores-Granados, 1980; Reynoso-Álvarez, 1986; Figueroa *et al.*, 2008). En este estudio estamos registrando un total de 91 taxones, con sólo un 42 % de ellas compartidas con los registros que mencionamos anteriormente, lo que implica un aumento sustancial en el registro de la diversidad.

Un enlace entre la diversidad registrada y la forma de vida bentónica muestra aspectos interesantes, pues se encontraron especies principalmente epipélicas, pero también planctónicas y epífitas. En el caso de las especies planctónicas, comparten la característica de ser eurióicas y por ello se registran con más de una forma de vida (Smol y Stoermer, 2010). Tal es el caso de *Achnanthidium minutissimum*, *Aulacoseira italica*, *Cyclotella meneghiniana*, *Nitzschia frustulum*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Fragilaria bidens*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Fragilariforma virgescens*, *Staurosira construens* y *S. construens* var. *binodis*, *Staurosirella leptostauron* y *S. pinnata* (Tabla 1), las cuales son especies que frecuentemente se encuentran en los sedimentos (Kingston, 2003).

Otro caso de particular atención es la presencia de *Aulacoseira granulata*, ya que a pesar de ser una especie planctónica se encontró en el sedimento como dominante en ambas localidades. Esto puede explicarse pues es una especie fuertemente silicificada con una rápida tasa de sedimentación y una de las más adaptables a condiciones de baja irradianza, a diferencia de otras especies planctónicas con alta biomasa (Reynolds, 1994; Hall y Smol, 2001); también es determinante que en columnas mezcladas *A. granulata* se resuspende a menudo desde los sedimentos (Vila y Pardo, 2003) por lo que se registra también como una especie común en el plancton del Canal El Japón y el Lago de los Reyes (Figueroa *et al.*, 2008; Lira-Hernández, 2012). En el caso de *Staurosirella leptostauron* y *S. pinnata*, también dominantes en la zona (Tabla 1), la resuspensión frecuente no es una limitante debido a su talla pequeña, así que las consideramos tanto planctónicas como bentónicas.

La presencia de especies epífitas como las de los géneros *Cocconeis*, *Epithemia*, *Amphora* y *Rhopalodia* no es rara en sedimentos debido a que pueden adherirse también al sedimento, no sólo a los tejidos vegetales y como también son especies altamente silicificadas (Tiffany, 2011), es frecuente observar frústulas de estas especies acompañando a la flora epipélrica (Round, 1984). La presencia de estas especies en la zona de estudio se promueve por el desarrollo abundante de macrofitas, principalmente el lirio acuático.

La calificación ecológica de las especies mostrada en los resultados destaca por dos aspectos, primero porque documenta detalladamente los nuevos registros y las especies poco conocidas para el país como es el caso de *Geissleria tagensis* y de *Naviculadicta brasiliiana*, *N. pseudoventralis*,

Fragilaria capucina ssp. *rumpens* y *Placoneis exigua*. Asimismo, la calificación ecológica verifica que la cuarta parte de las diatomeas bentónicas de esta cuenca lacustre tienen una presencia definida como dominantes en las localidades estudiadas, y de acuerdo con el índice aplicado (Wasylk, 1965) estas especies podrían estar distribuidas en toda la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac, es decir que se deben considerar especies regionales. El 46 % de las especies se califican como frecuentes, por lo que deben considerarse especies locales de los sitios estudiados y el 30 % que corresponde con las especies calificadas como raras, son especies que podrían estar disminuyendo su área de distribución, por lo que son observadas ocasionalmente. Esto se relaciona con fragmentación del hábitat, que en las condiciones hiperestróficas de la cuenca lacustre es el escenario posible para especies con afinidad ecológica restringida y señalan la necesidad de estudios más frecuentes (Fahrig, 2003).

La calificación ecológica se apoyó además en el análisis de regresión, que está respaldado por los valores de correlación entre la riqueza y algunas de las variables ambientales. La estadística de colinearidad (Tabla 3c) indicó que las variables son adecuadas para explicar el comportamiento de la riqueza, pero en vista del bajo valor de R^2 ajustada pensamos que la variabilidad debe ser más amplia de lo estimado y esto también sugiere que se requiere un muestreo más frecuente, mayor de un año. El modelo generado nos permite prever cierto comportamiento ambiental para las diatomeas bentónicas de la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac e indica que no se benefician cuando el pH alcanza valores acentuadamente básicos y cuando las concentraciones de sílice son muy altas, lo que fue frecuente en los cuerpos de agua estudiados (Tabla 2). Es notable la designación de "alcalífila" para más de la mitad de las especies que estamos registrando (Tabla 1) y esta designación usualmente aplica a valores de pH de 8.0 a 8.5 (Stevenson *et al.*, 1996), que de acuerdo con nuestros datos comúnmente se eleva (73 % de las medidas) muy por encima de este intervalo (Tabla 2). Además, de acuerdo con el modelo presentado existe una relación de riqueza y sílice; cuando este alcanza los valores mayores (19.5-25.4 mg l⁻¹) se registra la mínima riqueza y por el contrario cuando presenta valores menores (14.8-19.4 mg l⁻¹), la riqueza es mayor. De acuerdo con la propuesta de Brzezinski (1985) las diatomeas requieren del ácido silíceo además de nitrógeno y fósforo para sintetizar sílice biogénico para la construcción de sus frústulas y este autor especifica una proporción Redfield de C:Si:N:P = 106:15:16:1. De acuerdo con nuestros datos, aunque la riqueza no tuvo una correlación significativa con nitrógeno inorgánico disuelto ni con fósforo total, la proporción promedio de sílice fue diez veces mayor a la esperada con respecto al fósforo y el nitrato fue diez veces menor que la proporción esperada respecto al sílice (Tabla 2) y este desbalance puede también afectar la riqueza, pues para algunas diatomeas la asimilación de sílice es dependiente de la concentración de nitrato

(aunque no de otras formas de nitrógeno); esta relación sin embargo puede afectar más la composición de especies y no la riqueza que es lo que estamos evaluando, debido a variaciones en las sensibilidades particulares (van Ruth *et al.*, 2012).

Otro aspecto importante a considerar con respecto a la asimilación de sílice es la influencia que el pH puede tener sobre las respuestas a nivel de membrana de las células, porque depende del sitio de localización de los transportadores en la célula (Martin-Jézéquel *et al.*, 2000). Se piensa que la tasa de asimilación de sílice (que dependerá de las estrategias de las especies) también influye en la construcción de la frústula, lo que sugiere que un mecanismo de control intracelular acopla el transporte con la asimilación (*ibid.*).

Otro nivel en el que pueden relacionarse sílice y pH es la disolución de diatomeas; por encima de valores de pH 9.0 las tasas de disolución se incrementan exponencialmente debido a la disociación del ácido silícico (Leira, 1998; Ramírez *et al.*, 2007). En trabajos realizados anteriormente en esta localidad y enfocados al monitoreo de clorofila *a*, se ha explicado que debido a la intensidad de la actividad agropecuaria, el canal El Japón puede ser el sitio donde los cambios en el pH respondan más directamente a cambios en la materia orgánica disuelta en el agua de esta cuenca lacustre, que debe ser altamente variable (Villegas-Castañeda, 2011) y se ha observado que en ocasiones las fluctuaciones en valores de pH pueden rebasar el valor de 10.0, aunque en toda la cuenca lacustre esto pueda ocurrir de forma intermitente (Tavera y Díez, 2009; Xolalpa-Laurel, 2009; Lira-Hernández, 2012).

Como hemos mostrado, hay varios argumentos que apoyan la interacción especies-ambiente en la zona estudiada. Estos resultados se suman a la documentación ecológica precisa de muchas especies de diatomeas de agua dulce, que está aún en construcción para México (Tavera *et al.*, 1994; Cantoral-Uriza, 1997; Novelo *et al.*, 2007; Ibarra *et al.*, 2009, Segura-García, 2011) y permitirá construir patrones más generales.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo técnico de Guadalupe Vidal para la preparación de las muestras y la documentación de herbario y las sugerencias de Enrique Cantoral y David A. Siqueiros.

Literatura citada

- Brzezinski M.A. 1985. The Si:C:N ratio of marine diatoms: Interspecific variability and the effect of some environmental variables. *Journal of Phycology* **21**:347-357.
- Cantoral-Uriza E. 1997. Diatomeas (Bacillariophyceae) de ambientes lóticos en la cuenca baja de la Huasteca Potosina. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 201 pp.

- Cox E.J. 1987. *Placoneis* Mereschkowsky: The re-evaluation of a diatom genus originally characterized by its chloroplast type. *Diatom Research* **2**:145-157.
- Crawford R.M., Likhoshway Y.V. y Jahn R. 2003. Morphology and identify of *Aulacoseira italica* and typification of *Aulacoseira* (Bacillariophyta). *Diatom Research* **18**:1-19.
- Davidovich N.A., Kaczmarśka I. y Ehrman J.M. 2010. Heterothallic and homothallic sexual reproduction in *Tabularia fasciculata* (Bacillariophyta). *Fottea* **10**:251-266.
- Ensástiga-Santiago G., López-Villanueva A., Cruz-Martínez J., Farfán-Olvera G. y Rojas-Amaya C. 2010. Tlahuac. Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). Secretaría de Gobernación (SEGOB). <<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM09DF/index.html>> (consultada 13 agosto 2015)
- Fahrig L. 2003. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **34**:487-515.
- Figueredo D., Santos D. y Velasco A. 2008. *Ficoflora de Xochimilco, Parte I: Diatomeas y Clorofitas*. Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, México.
- Flores-Granados C. 1980. Variaciones estacionales en la composición florística del fitoplancton de dos Canales de Xochimilco, D.F., México. Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional, México, México D.F.139 pp.
- Guiry M.D. y Guiry G.M. 2015. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <<http://www.algaebase.org>> (consultada 13 agosto 2015)
- Hach. 1997. DR/2010 Spectrophotometer procedures manual. Hach Colorado, Loveland.
- Hall R.I. y Smol J.P. 2001. Diatoms as indicators of lake eutrophication. En: Smol J.P. y Stoermer E.F. Eds. *The Diatoms: applications for the environmental and earth Sciences*, pp. 122-151, Cambridge University Press, Cambridge.
- Ibarra C., Tavera R. y Novelo E. 2009. Diversity and structure of periphyton and metaphyton diatom communities in a tropical wetland in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **80**:763-769.
- Juárez-Figueroa L.A., Silva-Sánchez J., Uribe-Salas F.J. y Cifuentes-García E. 2003. Microbiological indicators of water quality in the Xochimilco Canals, Mexico City. *Salud Pública de México* **45**:389-395.
- Kallio K., Kutser T., Hannonen T., Koponen S., Pulliainen J., Vepsäläinen J. y Pyhälähti T. 2001. Retrieval of water quality from airborne imaging spectrometry of various lake types in different seasons. *The science of the total environment* **268**:59-77.
- Kelly M.G., Bennion H., Cox E.J., Goldsmith B., Jamieson J., Juggins S., Mann D.G. y Telford R.J. 2005. Common freshwater diatoms of Britain and Ireland: an interactive key. Environment Agency, Bristol. <<http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html>> (consultada 16 abril 2014).
- Kingston J.C. 2003. Araphid and monoraphid diatoms. En: Wehr, J.D. & Sheath R.G. Eds. *Freshwater algae of North America. Ecology and Classification*, pp. 595-636, Academic Press, San Diego.
- Krammer K. 1997a. Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 1. Allgemeines und Encyonema part. *Bibliotheca Diatomologica* 36. J. Cramer, Stuttgart.

- Krammer K. 1997b. Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 2. Encyonema part., Encyonopsis and Cymbellopsis. *Bibliotheca Diatomologica* 37. J. Cramer, Stuttgart.
- Krammer K. 1999. Validierung von *Cymbopleura* nov. gen. En: Lange-Bertalot H. y Genkal S.I. Eds. *Diatoms from Siberia I: Islands in the Arctic Ocean*, pp 292-293. *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatoms Iconographs. Vol. 6. Phyto-geography-Diversity-Taxonomy*. A.R.G. Gantner Verlag K.G. Vaduz.
- Krammer K. 2000. The genus *Pinnularia*. *Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats*, 1:1-703.
- Krammer K. 2003. Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbelopsis, Afrocybella. *Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats*, 4:1-530.
- Krammer K. y Lange-Bertalot H. 1985. Naviculaceae: Neue und wenig bekannte Taxa, neue Kombinationen und Synonyme sowie Bemerkungen zu einigen Gattungen. *Bibliotheca Diatomologica* 9. J. Cramer, Berlin-Stuttgart.
- Krammer K. y Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/1*:1-876, 206 Taf.
- Krammer K. y Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae. Teil 2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Suriellaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/2*:1-596, 184 Taf.
- Krammer K. y Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. Teil 3: Centrales, Fragilariaeae, Eunotiaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/3*:1-576, 166 Taf.
- Krammer K. y Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae Teil. 4: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis. *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/4*:1-437, 88 Taf.
- Lee R.E. 2008. *Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Leira M. 1998. Preservación de diatomeas en sedimentos turbosos. *Cuadernos do Laboratorio xeolóxico Laxe* 23:225-236.
- Lira-Hernández B.I. 2012. Caracterización biológica de *Durinskia baltica* (Dinophyceae: Peridiniales) en la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac y factores ambientales relacionados con su presencia. Tesis Maestría en Ciencias (Limnología), Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 111 pp.
- Martin-Jézéquel V., Hildebrand M. y Brzezinski M.A. 2000. Silicon metabolism in diatoms: implications for growth. *Journal of Phycology* 36:821-840.
- Metcalfe S.E. 1988. Modern diatom assemblages in Central Mexico: the role of water chemistry and other environmental factors as indicated by Twinspan and Decorana. *Freshwater Biology* 19:217-233.
- Novais M.H., Wetzel C.E., Van De Vijver B., Morais M. M., Hoffmann L. y Ector L. 2013. New species and combinations in the genus *Geissleria* (Bacillariophyceae). *Cryptogamie Algologie* 34:117-148.
- Novelo E. 2012. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Bacillariophyta Hustedt*. Fascículo 102. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Novelo E., Tavera R. y Ibarra C. 2007. Bacillariophyceae from karstic wetlands in Mexico. *Bibliotheca Diatomologica* 54. J. Cramer, Berlín- Stuttgart.
- Novelo E. y Tavera R. 2011. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológica* 21:333-341.
- Orozco-Martínez C.L. 2011. Abundancia, diversidad y taxonomía de la clase Bacillariophyceae en el Parque Ecológico de Xochimilco, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 97 pp.
- Patrick R. y Reimer C.W. 1966. *The diatoms of the United States. Exclusive of Alaska and Hawaii Vol. 1. Part 1. Fragilariaeae, Eunotiaceae, Achanthaceae, Naviculaceae*. Monograph No. 13. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia.
- Patrick R. y Reimer Ch. 1975. *The Diatoms of the United States. Exclusive of Alaska and Hawaii Vol. 2. Part 1. Entomoneidaeae, Cymbellaceae, Gomphonemaceae, Epithemiaceae*. Monograph 13. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia.
- Potapova M. y Charles D.F. 2007. Diatom metrics for monitoring eutrophication in rivers of the United States. *Ecological Indicators* 7:48-70.
- Prasad S.N., Ramachandra T.V., Ahalya N., Sengupta T., Kumar A., Tiwari A.K., Vijayan V.S. y Vijayan L. 2002. Conservation of wetlands of India a review. *Tropical Ecology* 43:173-186.
- Ramírez S.H.U., Zárate del V.P.F., García G.M.E., de la Torre V.O., Israde A.I. y Meulenert P.A.R. 2007. Disolución de sílice biogénica en sedimentos de lagos utilizados como bioindicadores de calidad del agua. *e-Gnosis* 5:1-19.
- Ramos-Bello R., Cajuste L.J., Flores-Román D. y García-Calderón N.E. 2001. Metales pesados, sales y sodio en suelos de chinampa en México. *Agrociencia* 35:385-395.
- Ramsar Convention (The Convention of Wetlands) 2015. The List of Wetlands of International Importance. <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/sitelist_25_june_2015.pdf> (consultada 13 agosto 2015).
- Reynolds C.S. 1994. The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. *Hydrobiologia* 289:9-21.
- Reynoso-Álvarez L. 1986. Estudio del fitoplancton del lago de Xochimilco, D.F., Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 108 pp.
- Round F.E. 1984. *The Ecology of Algae*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Round F.E., Mann D.G. y Crawford R.M. 1990. *The diatoms: Biology & Morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Segura-García M.V. 2011. Taxonomía y ecología de las diatomeas epilíticas de la cuenca del Alto Lerma, México. Tesis doctoral, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 149 pp.
- Siqueiros-Beltrones D.A. 2002. *Diatomeas bentónicas de la Península de Baja California: diversidad y potencial ecológico*. Instituto Politécnico Nacional - Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz.
- Smol J.P. y Stoermer E.F. (eds.) 2010. *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge University Press, Nueva York.
- IBM SPSS Inc. Released 2008. SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc. <<http://www.ibm.com/us/en/>> (consultada 16 abril 2014).
- Spaulding S.A., Lubinski D.J. y Potapova M. 2010. Diatoms of the United States. <<http://westerndiatoms.colorado.edu>> (consultada 16 abril 2014).

- Stevenson R.J., Bothwell M.L. y Lowe R.L. 1996. *Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, Cambridge.
- Tavera R. y Díez B. 2009. Multifaceted approach for the analysis of the phototrophic microbial community in a freshwater recreational area of Xochimilco, México. *Hydrobiologia* **636**:353-368.
- Tavera R., Elster J. y Marvan P. 1994. Diatoms from Papaloapan basin communities, Mexico. *Algological Studies* **74**:35-65.
- Taxfich-Base de datos de algas continentales. 2015. Laboratorio de algas continentales. Ecología y Taxonomía, Facultad de Ciencias, UNAM. <<http://lacet.meridion.mx/bd.html>> (consultada 13 agosto 215).
- Tiffany, M.A. 2011. Epizoic and Epiphytic Diatoms. En: Seckbach J. y Kociolek P. Eds. *The Diatom World*, pp. 195-209, Springer, Dordrecht.
- Tuji A. y Williams D.M. 2006. Examination of the type material of *Synedra rumpens* = *Fragilaria rumpens*, Bacillariophyceae. *Phycological Research* **54**:99-103.
- van Ruth P. D., Qin J.G. y Branford A.J. 2012. Size dependent competition in centric diatoms as a function of nitrogen and silicon availability. *Open Journal of Marine Science* **2**:33-42.
- Vila I. y Pardo R. 2003. Respuesta de la estructura fitoplanctónica a las perturbaciones antrópicas de un lago templado. *Limnetica* **22**:93-102
- Villegas-Castañeda, D.E. 2011. Monitoreo de clorofila a y parámetros fisicoquímicos en Xochimilco durante la época seca. Reporte de Investigación, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 42 pp.
- Wasyluk K. 1965. Communities of algae from the Sola River and its tributaries. *Acta Hydrobiologica, Kraków* **7**:9-60
- Wetherbee R., Lind J.L., Burke J. y Quatrano R.S. 1998. The first kiss: establishment and control of initial adhesion by raphid diatoms. *Journal of Phycology* **34**:9-15.
- Whitton B.A., John D.M., Kelly M.G. y Haworth E.Y. 2003. *A coded list of freshwater algae of the British Isles*. World-wide Web electronic publication. Center for ecology and hydrology <http://www.ceh.ac.uk/data/algae/algae_index.html> (consultada 16 abril 2014).
- Xolalpa-Laurel F. 2009. Monitoreo quincenal de clorofila a y parámetros fisicoquímicos en tres localidades de los canales de Xochimilco (El Bordo, La Virgen y El Japón) Periodo 11 de agosto al 3 de noviembre de 2008. Reporte de Investigación, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 60 pp.

Recibido: 4 de junio de 2014

Aceptado: 30 de junio de 2014