



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Estudio de la biodiversidad fitoplanctónica del Canal
Japón, Xochimilco, México D.F.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

(BIÓLOGO)

P R E S E N T A:

Jorge Adrián Serrano

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Rosaluz Tavera Sierra

Cd. Universitaria, D. F. 2014





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1. Datos del alumno

Adrián
Serrano
Jorge
55 37 26 38
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
303108685

2. Datos de la tutora

Dra.
Tavera
Sierra
Rosaluz

3. Datos del Sinodal 1

Dr.
Carmona
Jiménez
Javier

4. Datos del Sinodal 2

M. en C.
Calderón
Medina
Eva Teresa

5. Datos del Sindal 3

M. en C.
Garduño
Solórzano
Gloria

6. Datos del Sinodal 4

M. en C.
Cruz y Cruz
Irina

7. Datos del trabajo escrito

Estudio de la biodiversidad fitoplanctónica del Canal Japón, Xochimilco, México D.F.
115p.
2014

Dedicatoria

Dedico este trabajo a toda mi familia, a mi mamá Laura, a mis hermanas Paola, Patricia y mi hermano Alejandro. He aquí ante nosotros mi trabajo de tantos años.

Agradecimientos

Me siento profundamente agradecido con la Universidad Nacional Autónoma de México por ser mi *alma máter* y por todas las experiencias que he vivido en las diferentes instancias en las que he participado dentro de ella. ¡Díficil tarea de la UNAM el brindar un espacio para la educación de este pueblo en una sociedad con tantas desigualdades!.

Quiero hacer un espacio especial a mis entrañables amigos de la Escuela Nacional Preparatoria: Obed, Braulio, Luis Omar, Alejandro, Edy, Jesús, Víctor, Isidro, Guillermo y Ricardo Díaz. Las aulas de la preparatoria número 9 fueron el inicio de este complicado camino que he seguido.

A mis maestros Rosaluz Tavera Sierra, Eberto Novelo Maldonado y Guadalupe Vidal Gaona expreso un enorme agradecimiento por todo su apoyo que me han brindado a lo largo de estos años. Les quiero expresar mi reconocimiento a todo el gran esfuerzo que hacen para sacar adelante el laboratorio. Que su trabajo sea una fuente motivación a las nuevas generaciones que vienen.

A las chicas con las que he compartido todo este tiempo durante mi participación en el laboratorio, qué disfruten de la belleza de las algas con mi trabajo: Eleonor, Martha, Zitlali, Eva, Maricela, Erika, Alejandra, Roxana, Bea. ¡Les deseo lo mejor!. Así mismo, a Felipe y Donají con los que empezamos el arduo trabajo de las recolectas en Xochimilco.

A mis amigos y a todas las personas importantes para mí que he conocido a lo largo de mi paso por la universidad, a los que les tengo un cariño entrañable: Fran, Paolita Flores, Jazmín, Frida, Blanca, Yared, Germán, Rosario Chavarría, Carlos Ochoa, Elihú, Carmina, Alex Montoya, Rubén, Ricardo, Erika Jasso, Héctor, Gustav y Ceci.

Gracias a la Dra. Edith Ponce de León por todo el apoyo brindado en el Taller de Biología Protistas y Algas durante las recolecciones.

También mi más profundo agradecimiento a los maestros que revisaron mi trabajo y que aportaron sus ideas en aras de enriquecerlo: M. en C. Eva Teresa Medina Calderón, M. en C. Irina Cruz y Cruz, M. en C. Gloria Garduño Sólorzano y Dr. Javier Carmona Jiménez.

Contenido

Resumen.....	1
Introducción	2
Importancia de la zona lacustre de Xochimilco como humedal	2
El papel de las algas fitoplanctónicas en el conocimiento de los ecosistemas acuáticos	5
Antecedentes	8
Justificación	11
Objetivos	12
Materiales y Métodos.....	13
Identificación y descripción de especies.....	15
Resultados.....	18
Descripción de las especies	18
División Cyanoprokaryota	18
Clase Cyanophyceae.....	18
División Dinophyta.....	21
Clase Dinophyceae	21
División Heterokontophyta	22
Clase Coscinodiscophyceae.....	22
Clase Xanthophyceae.....	25
División Euglenophyta	26
Clase Euglenophyceae.....	26
División Chlorophyta	42
Clase Trebouxiophyceae.....	42
Clase Chlorophyceae.....	50
División Cryptophyta	74
Clase Cryptophyceae.....	74
Microfotografías de las especies encontradas	79
Resultados de las variables ambientales	90

Discusión	92
Conclusiones.....	97
Perspectivas.....	97
Bibliografía.....	99
Anexo. Parámetros acuáticos monitoreados de agosto – octubre 2008	108

Resumen

Este trabajo presenta una caracterización morfológica y ambiental de las especies fitoplanctónicas del Canal Japón, Xochimilco, México D.F. durante la época de lluvias del 2008. En total, se documentaron 76 especies, 11 variedades y 5 formas de especies algales. Los grupos con más riqueza fueron las divisiones Chlorophyta y Euglenophyta. Por el contrario, las divisiones con menor riqueza fueron Cryptophyta, Cyanoprokaryota, Heterokontophyta y Dinophyta. Del total de taxones encontrados, 11 especies y 4 variedades son nuevos registros para México de acuerdo con la base de datos Taxfich. Además, se presentan los nombres actualizados de aquéllas que han sido redefinidas en nuevos géneros en años recientes. De toda la diversidad encontrada, destacan 3 especies que fueron observadas de manera constante: el dinoflagelado *Durinskia baltica* y las clorofitas *Desmodesmus magnus* y *Desmodesmus opoliensis* con dos variedades *mononensis* y *opoliensis*; especies que también han sido reportadas en el canal en otros estudios. Por lo que este grupo de especies se propone como un estado estable del fitoplancton, el cual es reflejo las condiciones someras, hipereutróficas, turbias y semiestándas del Canal Japón.

Introducción

Importancia de la zona lacustre de Xochimilco como humedal

La zona de canales de Xochimilco alberga uno de los últimos ecosistemas lacustres de la actual Cuenca de México. El sistema está compuesto por una red de canales conocidos como apantles, algunas planicies inundadas y varias lagunas permanentes. La longitud de los canales está estimada en 203 km y toda la superficie lacustre abarca un área de 40 km² aproximadamente. El sistema se considera somero ya que la profundidad de la columna de agua no rebasa los ocho metros, va de los 60 cm en algunos canales a los tres o seis metros en algunas lagunas (Aranda 2004; SEMARNAT 2010). El ecosistema en su conjunto todavía mantiene funciones que ofrecen servicios ecosistémicos¹ importantes a la ciudad, a pesar del severo grado de deterioro que presenta. El agua de su acuífero es una fuente importante de abastecimiento para la ciudad; actualmente, provee el 42% del agua potable que se consume en el Distrito Federal (PAOT 2008). Su zona de chinampas se considera un agroecosistema único en el mundo, representativo de un manejo hidrológico no destructivo de la cuenca desde tiempos prehispánicos; por lo que fue declarado patrimonio cultural de la humanidad por la UNESCO en 1987. Posteriormente, en 1992 se decreta como Área Natural Protegida (ANP), bajo la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, aunque su programa de manejo se publica en 2006. La zona también forma parte de la Lista de Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR)² desde 2004. Además, la reserva es un

¹ De acuerdo con Millennium Ecosystem Assessment (2007) los servicios ecosistémicos se definen como aquellos beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. El valor de los ecosistemas acuáticos para la gente recae primeramente en el rol que éstos desempeñan en el abastecimiento de agua, ciclo de nutrientes y regulación de disturbios como las inundaciones. Además, existen servicios que son culturales como los recreativos, de producción alimenticia, artísticos, espirituales, de interés científico, estéticos y educativos.

² Aunque ecológicamente la definición de humedal todavía es algo debatible, se han establecido definiciones que son pragmáticas desde el punto de vista legal y administrativo. Éstas responden a la apremiante necesidad de contar con instrumentos encaminados a frenar la acelerada desaparición de estos ecosistemas. En México se manejan dos definiciones, una se encuentra en la Ley de Aguas Nacionales y está basada en el U.S. Fish and Wild Service (USFWS); la otra es la definición de la Convención RAMSAR y es empleada por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Para el caso de Xochimilco, se emplea la definición RAMSAR ya que sólo ésta incluye humedales creados por el ser humano como agroecosistemas, canales de riego o presas; a continuación se cita: los humedales son extensiones de marismas, pantanos o turberas cubiertas de agua,

refugio para la flora y fauna que han sobrevivido al crecimiento de la gran urbe; al respecto, el humedal mantiene varios endemismos y especies con distribución restringida de peces y anfibios, es zona de paso para aves migratorias y mantiene una flora lacustre representativa de los antiguos lagos de la cuenca³ (Aranda 2004; Gaceta Oficial del Distrito Federal 2006).

Desafortunadamente, la desecación de los cuerpos acuáticos superficiales, la sobreexplotación del acuífero, la pérdida de la superficie chinampera y el constante aporte de aguas residuales por el crecimiento urbano han puesto en peligro la integridad del ecosistema lacustre. De acuerdo con informes de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F., el nivel estático de los pozos Xochimilco-Tláhuac sufre un abatimiento de 1.2 m/año y la superficie chinampera ha disminuido de 70 a 25 Km² en los últimos 50 años⁴ (PAOT 2005). Además, se estima que de las 2,522 ha. que tiene el ANP, 178 están ocupadas por asentamientos humanos irregulares, lo que equivale a una población de 24,102 habitantes dentro de la zona lacustre. Adicionalmente a esto, alrededor del polígono del ANP se ha estimado una población de 121,131 habitantes ubicados en 49 colonias de las delegaciones Xochimilco, Iztapalapa, Tláhuac y Coyoacán (Aranda 2004; PAOT 2008). El crecimiento de la mancha urbana está causando un proceso de deforestación que intensifica la erosión hídrica y eólica en las partes altas de la

sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los 6 metros. Para una discusión más profunda sobre las definiciones de humedal, se recomiendan los trabajos de Batzer & Sharitz (2006), Cervantes (2007) y Sánchez (2007).

³ La considerable biota característica de la Cuenca de México que aún alberga la zona lacustre de Xochimilco se encuentra entre los principales criterios que fueron considerados para incluirlo como sitio RAMSAR. A nivel de fauna, se tiene registro de seis especies endémicas y 20 especies bajo alguna categoría de riesgo según la NOM-059; una lista más detallada se presenta en Aranda (2004). Respecto a la flora, se tiene un registro de 180 especies con cuatro de éstas en alguna categoría de riesgo (Gaceta Oficial del Distrito Federal 2006).

⁴ El documento revisado para consultar este dato fue el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Xochimilco. El período de tiempo en el cual reporta la pérdida de la superficie chinampera es de 40 años para 2005, año en que fue publicado dicho documento. Por lo que se ha hecho un ajuste de 10 años tomando en cuenta la fecha en que se publica esta tesis.

Sierra del Chichinautzin⁵ y la salinización por iones sodio y calcio en la parte baja donde se encuentra el sistema de canales, además de problemas de hundimiento (PAOT 2008; SEMARNAT 2010).

En la actualidad es necesario suministrar agua tratada a los canales para evitar su desecación; la planta de tratamiento que aporta un mayor caudal es la del Cerro de la Estrella y en menor medida las plantas de San Luis Tlaxialtemalco y San Lorenzo Tezonco. Además, hay que considerar el aporte constante de aguas residuales provenientes de las actividades agropecuarias y domésticas realizadas en la zona (PAOT 2008; SEMARNAT 2010). Esto ha provocado un severo deterioro en los canales, cuyas aguas presentan cantidades excesivas de nutrimentos como fósforo y nitrato, entre otras sustancias contaminantes. Por ejemplo, Tavera & Díez (2009) reportan mediciones de fósforo total y nitrato en los canales que alcanzan los 7.0 y 5.0 mg L⁻¹, respectivamente. Así mismo, en el agua tratada proveniente del Cerro de la Estrella se ha medido la presencia de iones sodio y cloruro en concentraciones de 75.73 y 57.16 mg L⁻¹, igualmente se ha detectado la existencia de plomo y cromo en cantidades de 0.069 y 0.056 mg L⁻¹; esto debido a que el tratamiento secundario del agua no es óptimo (PAOT 2008). A pesar de las condiciones en las que se encuentra el agua de los canales, ésta se sigue empleando en actividades de riego, recreación y mantenimiento de la biota.

Sin embargo, dado el constante estado de perturbación generalizado en el área lacustre, Contreras (2012) encontró evidencia de que existen zonas con menor grado de deterioro que otras tomando en cuenta las características físico-químicas del agua y dicha zonación está relacionada con el uso de suelo⁶. Es decir, los

⁵ Con la formación de la Sierra de Chichinautzin por actividad volcánica en el Pleistoceno-Holoceno, la Cuenca de México adquirió su carácter endorreico. Antes de que se formara esta Sierra, los lagos del Valle de México drenaban hacia el sur. Actualmente, en ella nacen ríos cuyos caudales llegan a la zona chinampera, el río San Gregorio, Santiago, San Lucas y San Buenaventura (CONAGUA 2002).

⁶ Contreras (2012) propone cinco zonas en las que se puede dividir el sistema lacustre de Xochimilco de acuerdo con las características físico-químicas del agua y algunas variables bióticas basadas en la ictiofauna xochimilca. Cada una de las zonas propuestas corresponde con el diferente tipo de uso de suelo. Las cinco zonas son: Chinampera con uso tradicional de la tierra, Urbana con uso habitacional, Turística con actividades turísticas y presencia de algunos invernaderos, Chinampera-Urbana con uso agrícola y poco uso habitacional y Chinampera tecnificada con mucho empleo de agroquímicos y maquinaria.

canales presentan una heterogeneidad ambiental causada por las actividades antropogénicas. Los canales al norte del ANP presentan una mejor calidad de agua respecto al resto de la zona lacustre, donde las concentraciones de amonio y de sólidos disueltos totales tienden a ser menores que en otras partes; esta zona corresponde a un uso de suelo chinampero con poco empleo de sustancias agroquímicas. En contraparte, el agua en los canales al sur del polígono y la turística-urbana adyacente a éste es la de peor calidad, contiene altas concentraciones de nitratos y sólidos disueltos totales; en esta parte existe un marcado crecimiento urbano donde se desarrollan actividades turísticas y domésticas. Respecto a las concentraciones de fósforo, éstas también tienden a ser muy altas y con pocas diferencias entre los distintos sitios de la zona lacustre.

El papel de las algas fitoplanctónicas en el conocimiento de los ecosistemas acuáticos

Debido a la situación descrita anteriormente, la zona lacustre se encuentra en estado altamente eutrófico y es común observar crecimientos de algas que le dan una coloración verde al agua de los canales (Tavera & Díez 2009; Figueroa Torres & López Hernández 2012). El conocimiento de los grupos algales aporta sólida información de las condiciones en las que está un ecosistema acuático ya que éstos son la base de las cadenas alimenticias acuáticas, responden rápidamente a los cambios de estado trófico, participan activamente en los ciclos biogeoquímicos y también brindan hábitat a otras especies (Stevenson & Smol 2003). De este modo, los atributos estructurales⁷ y funcionales⁸ de las asociaciones algales son excelentes indicadores biológicos que permiten monitorear los cambios que ocurren en el medio ambiente (De la Lanza Espino 2000). Y de forma aplicada, la caracterización de estos organismos permite detectar cambios perjudiciales en el

⁷ Atributo estructural. Son las caracterizaciones instantáneas de las asociaciones de algas, como la biomasa por unidad de área o de volumen, la caracterización taxonómica y química o la diversidad de los taxones encontrados (Stevenson & Smol 2003).

⁸ Atributo funcional. Son mediciones del metabolismo de las asociaciones de algas, como la tasa fotosintética, tasa de respiración, productividad primaria neta, tasas de crecimiento poblacional o la actividad de fosfatasa (Stevenson & Smol 2003).

ecosistema causados por actividades humanas, así como determinar si las mismas algas están causando problemas (Stevenson & Smol 2003). Por ejemplo, la estimulación del crecimiento algal debido al aumento en la concentración de nutrimentos es parte del fenómeno de eutrofización en los lagos; así que la biomasa algal, medida como concentración de clorofila *a*, o como número de células por volumen, puede emplearse para indicar el estado trófico del ecosistema. Otros atributos importantes a evaluar son la composición taxonómica y la diversidad de las asociaciones algales; con base en esta información es posible conocer qué especies habitan un ecosistema en particular, así como comenzar a interpretar qué papales funcionales desempeñan tales especies en la comunidad y en el ecosistema (Stevenson & Smol 2003).

En particular, cuando se hace referencia a un conjunto de algas fitoplanctónicas de un sitio específico, se le denomina con el término de “asociación”. De acuerdo con Reynolds *et al.* (2002) la razón de emplear este término recae en el hecho de que éste queda mejor asociado a la fortitud con la que pudiesen encontrarse varias especies juntas en el fitoplancton, por lo que es preferible emplear este término en vez del de “comunidad”. En las muestras de fitoplancton es común encontrar pocas especies numerosas y varias de ellas muy escasas, éstas no pertenecen a la comunidad, pero por algún suceso fortuito llegaron ahí provenientes del bentos o del metafiton o de otro lugar por arrastre del agua o del viento. Este hecho fue reconocido desde hace tiempo y se le denominó como la paradoja del fitoplancton, término acuñado por Hutchinson en 1961⁹ (Dodds 2002).

⁹ El que esto fuera considerado una paradoja en los 60's obedeció a que la estructura de las comunidades fitoplanctónicas comenzó a analizarse con base en los conceptos desarrollados para el estudio de plantas terrestres como la Ley del Mínimo de Liebig y el Principio de Competitividad Exclusiva de Hardin. El primero establece que la supervivencia de un organismo está en función del nutrimento que se halla en menor proporción en el ambiente. De acuerdo con esto, se razonaba que la exclusión competitiva ocurre porque sólo una especie puede ser buen competidor por el recurso que es limitante, por lo tanto, este competidor provocará la extinción de las otras especies que no aprovechan con la misma eficiencia dicho recurso. Por esto, el número de especies que se esperarían encontrar en el fitoplancton en cualquier momento debería estar limitado a una sola. Sin embargo, la paradoja señala el hecho de que un lago típico tiene muchas especies de fitoplancton presentes en cualquier período de tiempo (entre 10 y 100 especies). Para explicar esta paradoja recuérdese que la Ley del Mínimo de Liebig establece que la limitación del crecimiento requiere que la proporción de los nutrimentos en el ambiente esté en equilibrio y su distribución espacial y temporal sea homogénea, supuestos que no se cumplen en los humedales (Dodds 2002).

Considerando lo anterior, una de las clasificaciones que pretende explicar por qué ciertas especies se ven más favorecidas que otras en una asociación, así como la variación de éstas en espacio y tiempo es la de Reynolds *et al.* (2002). Ellos proponen una clasificación ecológica basada en las asociaciones o grupos funcionales de especies fitoplanctónicas, las cuales son polifiléticas, pero el hecho de que pertenezcan a una asociación en particular indica que responden igualmente a un único conjunto de condiciones ambientales, por lo tanto, se infiere que presentan características adaptativas comunes. Comparar las respuestas adaptativas de las especies ante las condiciones ambientales es lo que permite inferir cuáles son los grupos de algas que aumenten su representatividad en la asociación y juegen un papel distintivo en la estructura de la comunidad. Por ejemplo, aquellas especies que sean más sensibles ante ciertas condiciones como la escasez de luz, aumento de pH o agotamiento de un nutrimento, disminuirán su desempeño en comparación con aquéllas que sean más tolerantes a las mismas circunstancias ambientales. Mientras dichas condiciones se prolonguen más, entonces, más difícil será la supervivencia de las primeras y mejor la de las segundas. De esta manera, el reservorio de especies se verá sesgado hacia los supervivientes de las especies más tolerantes. De forma similar, la selección o exclusión de ciertas condiciones ambientales en un ecosistema dado restringirá la probabilidad de que cierto grupo funcional esté bien representado en un lugar determinado. Por este razonamiento, es que el sistema de clasificación puede predecir qué grupo funcional se establecerá bajo ciertas condiciones ambientales, ya que se basa en las preferencias y sensibilidades de las algas y no sólo en el hecho de cuándo y dónde fue hallada un alga en particular. Actualmente, se reconocen 31 asociaciones funcionales que son bosquejadas en Reynolds *et al.* (2002) y Reynolds (2006).

Documentar la variación natural de la composición de asociaciones algales y su relación con las condiciones ambientales acuáticas permitirá aplicar este conocimiento al entendimiento de la dinámica de los ecosistemas y, posteriormente, a la construcción de planes de manejo y conservación (Confederación Hidrográfica del Ebro 2005). La propuesta para hacer esto último proviene de estudios con

diferentes ecosistemas acuáticos en los cuales se ha observado que la composición de especies muestra cambios puntuales y discretos a lo largo de gradientes ambientales. La permanencia de un conjunto de especies en el tiempo y en el espacio indica la existencia de un estado estable en el fitoplancton (Komárková & Tavera 2003). Así que los cambios en la composición de los estados estables fitoplanctónicos a su vez podría emplearse para indicar la existencia de cambios en el ecosistema a lo largo de dichos gradientes ambientales (Stevenson & Smol 2003; Reynolds 2006). Es decir, la caracterización de las especies que componen el fitoplancton sería el atributo a evaluar para detectar cambios puntuales, los cuales a su vez correspondan a condiciones tanto deseadas como no deseadas en el ecosistema acuático.

Antecedentes

En la zona lacustre de Xochimilco se han registrado 115 especies de algas, distribuidas en 63 géneros, siendo el grupo de las clorofitas el que presenta mayor número de géneros y especies (Gaceta Oficial del Distrito Federal 2006).

Los primeros trabajos que describen algunas de las especies halladas en Xochimilco son los de Sámano-Bishop y Sokoloff (1931), el cual hace referencia al sistema de canales como “un lago” y donde el género con más riqueza es *Scenedesmus* (con muchas especies actualmente en *Desmodesmus*); Sámano-Bishop (1933), que contiene las primeras cianoprocariontas descritas para Xochimilco; Sámano-Bishop (1940), que se enfoca más a algas del Lago de Chapultepec, aunque hace unas cuantas menciones sobre Xochimilco; y López (1972) el cual es el primer trabajo que aborda la identificación de algunos fitoflagelados con base en cultivos.

Posteriormente, se tienen los trabajos de Flores (1980), donde se reportan como géneros con mayor riqueza a *Euglena* y *Trachelomonas*; Reynoso (1986), que reporta a *Euglena* como el género con mayor riqueza; y González (1991), en cuyo trabajo se reportan los géneros *Desmodesmus*, *Euglena* y *Oscillatoria* como los que más riqueza presentan. Además del trabajo descriptivo que se hace de las especies,

resalta la propuesta de Reynoso (1986) en la que observa la existencia de particularidades marcadas en la composición de especies y su proporción relativa entre los canales, por lo que propone que cada uno de éstos se comportaría como una entidad diferente. Probablemente, ésta sea la primera referencia donde se insinúa la existencia de una heterogeneidad espacial del sistema lacustre, sin embargo, Reynoso (1986) no la hace explícita.

Finalmente, dentro de los trabajos más recientes se encuentran los de Tavera *et al.* (2000), donde el género con mayor riqueza de nuevo es *Scenedesmus* (aunque muchas especies ahora pertenecen a *Desmodesmus*) y en segundo lugar *Monoraphidium*; Figueroa *et al.* (2008); en el que resalta la riqueza de los géneros de diatomeas *Fragilaria* y *Cymbella*, así como del grupo de clorofitas *Desmodesmus/Scenedesmus*; Tavera & Díez (2009), quienes proponen que las comunidades algales responden diferencialmente a las condiciones particulares de cada canal; Xolalpa (2009) y Villegas (2011), que con monitoreos de clorofila *a* también encuentran evidencia sobre la respuesta diferencial de la comunidad algal a distintos factores físico-químicos en diferentes canales; y Orozco (2011), cuyo trabajo es el primer aporte sobre la comunidad metafítica de diatomeas, siendo la especie más abundante *Cyclotella meneghiniana* y los géneros con mayor riqueza *Navicula* y *Nitzschia*. Una síntesis de cuáles grupos de algas se han descrito en Xochimilco se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Síntesis de los principales trabajos en los que se han descrito especies de algas en Xochimilco. En esta clasificación se agrupa a las especies de diatomeas y xantofitas en la División Heterokontophyta, aunque en algunos trabajos están considerdas como divisiones diferentes.

Autor	Especies descritas por División	Localidades muestreadas
Sámamo-Bishop y Sokoloff (1931)	Cholorophyta 33 Cryptophyta 4 Euglenophyta 3 Dinophyta 1 Heterokontophyta 1	Lago de Xochimilco
Sámamo-Bishop (1933)	Cyanophyta 7	Lago de Xochimilco
Sámamo-Bishop (1940)	Cholorophyta 3 Euglenophyta 2	Lago de Xochimilco

Tabla 1. Continuación.

López (1972)	Chlorophyta 3 Dinophyta 1 Euglenophyta 8	Lago de Xochimilco
Flores (1980)	Cyanophyta 24 Chlorophyta 40 Dinophyta 1 Euglenophyta 32 Heterokontophyta 23	Canal de San Marcos Canal 27
Reynoso (1986)	Cyanophyta 3 Chlorophyta 10 Euglenophyta 10 Heterokontophyta 8	Canal Cuemanco Canal La Santísima Canal Apatlaco Embarcadero Caltongo Embarcadero Fernando Celada Embarcadero Nativitas Laguna del Toro Laguna Texhuilo
González (1991)	Cyanophyta 12 Euglenophyta 4 Chlorophyta 17 Heterokontophyta 1	Canal Adyacente a La laguna de Thila.
Tavera <i>et al.</i> (2000)	Chlorophyta 45	Canal Huetzalín Canal del Bordo Sitios del Parque Ecológico
Figuroa <i>et al.</i> (2008)	Chlorophyta 83 Heterokontophyta 48	Canal Cuemanco Laguna de Thila Canal del Bordo Canal Japón Canal de Tlicuili Laguna de Texhuilo Canal Apatlaco Laguna del Toro Laguna de la Asunción Canal de Otenco Laguna de la Virgen Canal de Apatlaco
Orozco (2011)	Heterokontophyta 68	Lago Acitlalín Canal Huetzalín Canal del Bordo

Justificación

Los estudios previos sobre la biota algal de los canales de Xochimilco han aportado sólida evidencia de que la zona lacustre es un sistema heterogéneo. Los canales forman una red continua, pero cada uno de éstos presenta particularidades en sus comunidades algales, lo cual es un reflejo de los diferentes usos que se le dan a la cuenca. Esto es de vital importancia, pues aunque la zona lacustre se encuentra perturbada constantemente por las actividades humanas, las comunidades algales responden diferencialmente a las condiciones específicas de cada canal (Reynoso 1986, Tavera & Díez 2009, Xolalpa 2009, Villegas 2011, Orozco 2011).

Particularmente, el Canal Japón ubicado al noreste del ANP nos llamó la atención debido a que el agua de sus canales es parda, característica que no se ha observado en otros sitios del sistema lacustre. En el área de captación de este canal convergen actividades agrícolas, ganaderas y domésticas cuyas aguas residuales se vierten al agua. Dicho canal se distingue de otros sitios porque la cuenca lechera de Xochimilco es adyacente a él. En este sentido, el estudio se propuso la caracterización morfológica y ambiental de las especies algales que componen el fitoplancton del canal; ya que la composición de éstas es un reflejo de las condiciones ambientales acuáticas. Los resultados de este trabajo permitieron documentar morfológicamente el fitoplancton encontrado e identificarlo a nivel de especie. Además, se confrontó si las condiciones acuáticas de dicho canal correspondieron con los patrones ambientales reconocidos bibliográficamente para las especies identificadas y con base en esto se dio una interpretación de la asociación algal encontrada.

Objetivos

Objetivo general

Caracterizar morfológica y ambientalmente las especies algales que componen el fitoplancton del Canal Japón, Xochimilco, a fin de conocer la asociación de algas fitoplanctónicas que es particular de este lugar e interpretar su presencia con base en las características ambientales acuáticas del sitio.

Objetivos particulares

- 1) Describir las especies que componen el fitoplancton del Canal Japón, Xochimilco, por medio de sus particularidades morfológicas y documentarlas con microfotografías en contraste diferencial de interferencia. Esto con el fin de identificar las algas a nivel de especie y revisar su clasificación actual, ya que en años recientes muchas de ellas han sido redefinidas, cambiando de nombre e incluso de clase.
- 2) Comparar la presencia – ausencia de las especies encontradas a lo largo de las fechas de recolecta; a fin identificar cuáles son las especies que aparecen de manera constante y que estén caracterizando al fitoplancton del Canal Japón.
- 3) Cuantificar las variables ambientales que son importantes para el fitoplancton y así conocer las condiciones acuáticas en las que éste se desenvuelve, a fin de dar una interpretación sobre la presencia de las especies encontradas. Las variables fueron: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, irradianza subacuática, transparencia de Secchi y concentraciones de nitrato, nitrito, amonio, fósforo total y sílice.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El Área Natural Protegida (ANP) “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” se localiza en el norte-centro de la delegación Xochimilco, al sur del Distrito Federal (Figura 2). El polígono abarcaba un área de 2,657 ha en el Decreto Presidencial de 1992, pero actualmente, en el Ordenamiento Ecológico Regional de la Cuenca del Valle de México (2012) se consideran 2,522 ha. El ANP se localiza en la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana, en la Subprovincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac, en el extremo sur de la Cuenca de México (Aranda 2004, PAOT 2008, SEMARNAT 2010). El clima está caracterizado de tipo C(w₂)(w)b(i'), el cual es templado subhúmedo de humedad media con lluvias en verano. La altitud promedio en la zona lacustre es de 2240 m s.n.m. La temperatura media anual varía de 12 °C a 18 °C. La temporada de lluvias abarca los meses de mayo a octubre con una precipitación media anual de 620.4 mm/año. Las lluvias más abundantes se presentan en junio y septiembre. De noviembre a febrero dominan los vientos del sureste, mientras que el resto del año los vientos son los del norte y del noreste con una rapidez promedio de 10 km/h (Gaceta Oficial del Distrito Federal 2006).

Particularmente, el Canal Japón se ubica dentro del Área Natural Protegida (ANP) “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, por su lado oeste es la continuación del Canal del Bordo y su lado noreste colinda con Avenida Canal de Chalco (Figura 1). En el norte del canal se ubica una cuenca lechera, mientras que en el sur predominan actividades agrícolas y pastoreo de ganado vacuno. Las aguas del canal presentan una coloración parda, la cual es muy evidente en su tramo noreste y su profundidad no rebasa los dos metros. A lo largo del canal es común el crecimiento masivo del lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms 1883. La vegetación acuática está caracterizada por especies de tulares que crecen en las orillas y alcanzan alturas de dos a tres metros. Las coordenadas extremas del canal son 19° 16' 54.32" N, 99° 04' 44.72" O y 19°16'59.54"N, 99°04'12.24" O.

La recolecta

Se realizaron seis recolecciones en tres sitios del Canal Japón durante la época de lluvias del 2008, efectuadas quincenalmente en los meses de agosto, septiembre y octubre. En cada punto, se tomaron muestras de 1L con una red de fitoplancton de abertura de malla de 10 μm . Estas muestras se preservaron con formalina al 2% y lugol, se etiquetaron con el prefijo DFXo y se depositaron en el Herbario de la Facultad de Ciencias (UNAM). La razón de observar preparaciones con los dos preservadores fue que en las muestras de lugol se distinguieron con mejor nitidez los caracteres morfológicos de muchas especies de euglénidos y todas las de cryptomonas.

Simultáneamente, se realizaron mediciones *in situ* de las siguientes variables acuáticas: temperatura, concentración de oxígeno disuelto, pH y conductividad eléctrica con equipo portátil (Conductronic PC 18); irradianza subacuática con un par de sensores Hobo y transparencia de Secchi (Z_s). Posteriormente, con los valores de irradianza se obtuvo el coeficiente de atenuación vertical (K_d) de acuerdo con la Ley de Lambert Beer y tomando una profundidad de 30 cm (Lampert & Sommer 2007). Adicionalmente, se recolectaron muestras de agua para la cuantificación de nutrimentos, éstas se tomaron en botellas Pet de 500 mL y se mantuvieron en frío hasta su análisis en el laboratorio.

La evaluación de la concentración de nutrimentos se llevó a cabo inmediatamente después de la recolecta. Se utilizó un espectrofotómetro Hach DR-2010, siguiendo métodos estandarizados para el análisis de agua (Hach 1997). Los nutrimentos evaluados fueron nitrato (concentración alta) por el método de reducción de cadmio, nitrito (concentración baja) por el método de diazotización y amonio concentración (baja) por el método del salicilato; con base en estos datos, se obtuvo la concentración de nitrógeno inorgánico disuelto (NID). Simultáneamente, se evaluó fósforo total (P_{tot}) por el método de digestión ácida así como sílice por método del silicomolibdato.

Identificación y descripción de especies

Se realizaron 3 preparaciones permanentes de cada muestra recolectada, empleando 10 μL para cada una y montadas en gelatina glicerizada (González y Novelo 1986). Posteriormente, se observaron en microscopía de contraste diferencial de interferencia usando un microscopio Nikon Optiphot. El registro iconográfico de las algas se llevo a cabo con una cámara Nikon Coolpix S10 adaptada al microscopio.

La identificación y descripción morfológica de las especies se basó en la siguiente bibliografía: Komárek & Anagnostidis (1999) para cianoprocariontas chroococcales; Komárek & Fott (1983) para clorofitas chlorococcales (*s.l.*); Ettl (1983) para clorofitas volvocales; Popovsky & Pfiester (1990) para dinoflagelados; Krammer & Lange-Bertalot (1991) para diatomeas centrales; Pochman (1942), Godjics (1953), Huber-Pestalozzi (1955), Tell & Conforti (1986) y Ciugulea & Triemer (2010) para euglénidos; Skuja (1948) para cryptomonas y Ettl (1978) para xantofitas. Además, la clasificación a nivel supragénico se cotejó con la propuesta de Guiry & Guiry (2014) en la base de datos algaebase.org y la bibliografía pertinente a la filogenia de los grupos cuya clasificación se ha modificado en años recientes. Así mismo, para conocer en qué otras partes del país se han reportado las especies encontradas, se empleó la base de datos Taxfich mantenida en el Laboratorio de Ecología y Taxonomía de Algas Continentales, Facultad de Ciencias, UNAM (Novelo & Tavera 2011).

Posteriormente, se construyó una matriz de presencia-ausencia para obtener los valores de riqueza de cada recolecta y el número de veces que se observó cada especie en todas las preparaciones revisadas; en total se trabajó con 18 preparaciones. Considerando este último valor como el 100 por ciento de veces que una especie se podía observar como máximo, se obtuvo un porcentaje de presencia para cada especie dividiendo el número de veces observado de cada especie en todas las preparaciones entre 18. Por ejemplo, si una especie se observó en 9 de las 18 preparaciones, entonces, le corresponde un porcentaje de presencia obtenido del cociente $9/18$; si otra especie fue observada en 16 preparaciones, le

corresponde un porcentaje de presencia obtenido del cociente 16/18. Con base en este porcentaje se construyó un diagrama para representar qué especies aparecieron de manera constante, muy frecuente, frecuente, poco frecuente y escasa. Estas categorías se establecieron conforme a los intervalos de porcentaje de presencia que se presentan en la tabla 2 y de acuerdo con el criterio del autor. La decisión de tomar los rangos presentados en dicha tabla obedece a la paradoja del fitoplancton, por lo que se espera obtener pocas especies que se observen de manera “constante” o “casi siempre” y muchas especies que aparezcan de manera “escasa” o “poco frecuente”. De forma que los rangos están escogidos para que se represente este fenómeno de manera gráfica con la asociación de algas encontradas; dando prioridad a las especies que aparezcan de manera “constante”, “muy frecuente” y “frecuente”, ya que son éstas las que en realidad estarían formando parte de la comunidad; mientras que las otras categorías contendrían especies que sólo estén en la asociación algal de manera fortuita.

Tabla 2. Intervalos del porcentaje de presencia empleados para categorizar las especies encontradas.

Categoría	Porcentaje de presencia
Constante	100
Muy frecuente	90
Frecuente	70 – 80
Poco frecuente	40 – 50
Escasa	10 – 30



Figura 1. Vistas panorámicas del Canal Japón, Xochimilco. La presencia de lirio acuático *Eichhornia crassipes* es común en este canal. En ocasiones alcanza crecimientos masivos como se observa en la fotografía de la derecha. Fotografías del autor.

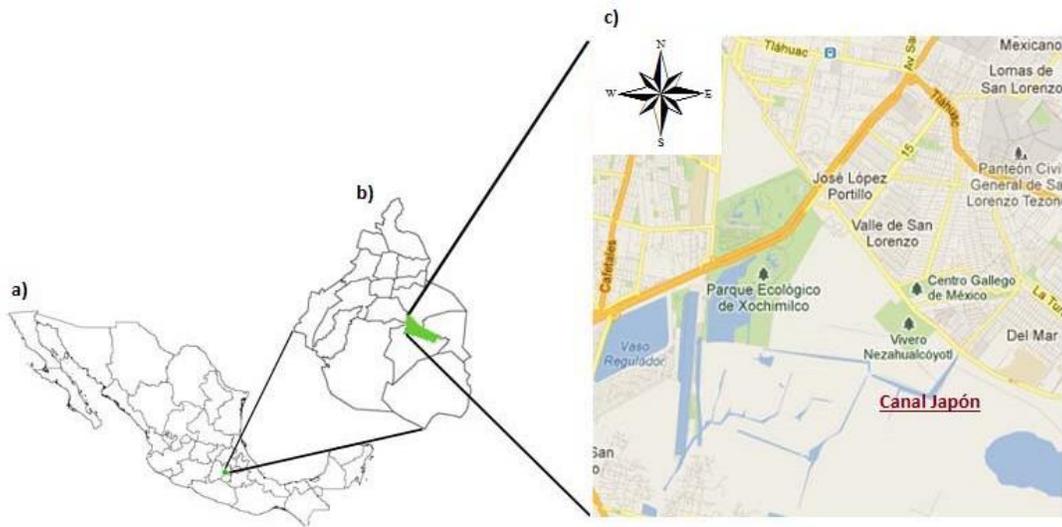


Figura 2. a) Ubicación del Distrito Federal en la República Mexicana. b) Mapa del Distrito Federal con su respectiva división política. En verde está señalada la ubicación de la Reserva “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, al norte de la delegación Xochimilco. c) Ubicación de Canal Japón dentro de la zona lacustre de Xochimilco (en letras rojas). Modificado de Roji y Roji (2008).

Resultados

Descripción de las especies

Para cada una de las especies encontradas se presenta su nombre actual y sinonimias, la autoridad correspondiente, su registro fotográfico y en algunos casos también dibujos a mano alzada. Después se incluye una descripción morfológica con los caracteres que permitieron la identificación a nivel de especie. Para los taxones que son problemáticos al momento de identificar, debido al perecido morfológico existente entre dos o más especies, se incluyó una breve discusión taxonómica de porqué se designó a la respectiva especie con un nombre específico respecto a otros con los que se pueda confundir.

División Cyanoprokaryota

Clase Cyanophyceae

Orden Chroococcales

Familia Gomphosphaeriaceae

Género *Snowella* Elenkin

***Snowella septentrionalis* Komárek et Hindák 1988 (Figura 3)**

Colonias multicelulares de forma esférica. Las células también son esféricas, algo separadas entre sí, y unidas a pedúnculos hialinos que irradian del centro de la colonia. Diámetro celular: 1.3 – 1.7 μm . Tamaño de las colonias: 17.2 – 31.7 x 7.3 – 20.5 μm .

Komárek & Anagnostidis (1999) reportan esta especie en lagos y estanques de Europa del Norte y también en la parte este del Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, en México también se ha reportado en el Lago Zirahuén, Michoacán.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-49, DFXo-76.

Orden Synechococcales

Familia Merismopediaceae

Género *Merismopedia* Meyen

***Merismopedia tenuissima* Lemmermann 1898**

(Figura 4)

Colonias microscópicas de contorno rectangular de 4 a 64 células dispuestas en un solo plano, a veces onduladas. Las células son hemiesféricas a ovoides y se disponen en hileras bien definidas, rodeadas de una cubierta mucilaginosa, hialina y tenue. Tamaño de las células: 1.3 – 2.0 x 0.7 – 1.3 μm .

Komárek y Anagnostidis (1999) mencionan que esta especie es probablemente de amplia distribución, común en aguas eutróficas, principalmente, en granjas de peces y menos frecuente en lagos y aguas salobres. Guiry & Guiry (2014) reportan la presencia de esta especie en lagos y estanques de latitudes que van desde el norte de Europa a Australia, pasando por el Mar Báltico; en los trópicos se ha reportado en Brasil y Cuba. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, se ha reportado en varios lugares de México como la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo; la Laguna de Alchichica, Puebla; o el Lago de Chapala, Jalisco.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-Xo 84.

Familia Synechococcaceae

Género *Aphanothece* Nägeli

***Aphanothece* cf. *saxicola* Nägeli 1849**

(Figura 5)

Colonias microscópicas de contorno redondeado, formadas por células cilíndricas que se distribuyen de manera compacta en la colonia. Las células están rodeadas de una vaina mucilaginosa hialina y tenue. Anchura de las células: 1.3 – 2.0 x 1.0 – 1.3 μm . Tamaño de las colonias: 8.4 – 12.0 x 6.0 – 6.5 μm .

Los ejemplares observados son parecidos a *Aphanothece saxicola* Nägeli 1849, principalmente, por el pequeño tamaño de las células. Sin embargo, se decidió determinarla “a confrontar” porque Komárek y Anagnostidis (1999) reportan que dicha especie es aerofítica y subaerofítica en sustratos rocosos húmedos de zonas templadas. Aunque existe el reporte de Valadez *et al.* (2010) de *A. saxicola* como especie planctónica en el Lago Chignahuapan, Estado de México. De ser *A. saxicola*, probablemente, estos ejemplares se desprendieron de un sustrato rocoso. La especie fue encontrada de manera poco frecuente en el Canal Japón.

Referencias de Herbario: DFXo-40, DFXo-56, DFXo-65, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-76, DFXo-84, DFXo-85.

Género *Cyanobium* Rippka et Cohen-Bazire

***Cyanobium* sp.**

(Figura 6)

Células de contorno redondeado a ovalado, individuales o reunidas en pequeños grupos de no más de 15 células sin vaina mucilaginosa. Tamaño de las células: 1.3 – 2.6 x 0.7 – 2.0 μm .

Las medidas celulares concuerdan con la descripción de *Cyanobium plancticum* (Drews, Prauser & Uhlmann) Komárek, Kopeck & Cepák 1999, reportada en reservorios de aguas residuales en Alemania y República Checa, sin embargo, la caracterización genética de la población xochimilca realizada por Tavera & Díez (2009) con base en la secuencia del gen CYA106F de la subunidad ribosomal 16s no coincide con algún registro previo. Por lo tanto, no se le asignó un nombre específico. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-49, DFXo-58, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-85.

División Dinophyta

Clase Dinophyceae

Orden Peridinales

Familia Peridiniaceae

Género *Durinskia* Carty et Cox

Durinskia baltica Carty et Cox 1986

(Figura 7 a-f)

Sinonimia: *Glenodinium balticum* Levander 1894

Peridinium balticum (Levander) Lemmermann 1900

Las células están aplanadas dorsoventralmente, presentan contorno ovalado y su epiteca es un poco más grande que la hipoteca. El cíngulo rodea transversalmente la célula y en vista ventral, el extremo izquierdo está un poco desplazado hacia abajo respecto al extremo derecho. El sulco sólo se extiende por la hipoteca y no alcanza el antápice. En el centro de la célula, hay un núcleo redondo y central, alrededor están dispuestos varios cloroplastos pequeños y discoidales. La teca está formada por un conjunto de placas hialinas bastante delgadas y en el ápice existe un poro apical. Fórmula de la teca: 4' 2a 7'' 5''' 2'''''. Longitud y anchura de las células: 16.6 – 28.2 x 15.0 – 25.0 µm.

Popovsky y Pfiester (1990) reportan que esta especie se ha encontrado en estanques de Europa Central y en las aguas salobres del Mar Báltico. Guiry & Guiry (2014) la consideran una especie tanto marina como dulceacuícola y mencionan que también se ha reportado en Brasil. Su presencia fue observada de manera constante en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, la especie sólo se ha reportado en este lugar de México.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

División Heterokontophyta

Clase Coscinodiscophyceae

Orden Aulacoseirales

Familia Aulacoseiraceae

Género *Aulacoseira* Thwaites

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen 1979 (Figura 8 a-b)

Células cilíndricas que forman pseudofilamentos rectos o curvos. En el manto, hay areolas grandes y gruesas, dispuestas en estrías perivalvares, longitudinales, rectas u oblicuas. Entre las células existen dos tipos de espinas que se proyectan del margen entre el manto y la valva; unas son las espinas conectoras largas, se presentan de una a dos y se engarzan en los canales del manto de la valva vecina; las otras son las espinas conectoras pequeñas, se presentan de seis a ocho y se engarzan entre sí, frente a frente alrededor del límite de las valvas vecinas. Diámetro de las valvas: 2.8 – 5.5 μm . Altura del manto: 8.3 – 10.3 μm . Longitud de la frústula: 17.2 – 22.8 μm .

Krammer y Lange-Bertalot (1991) mencionan que esta especie es planctónica y de amplia distribución. Se le ha reportado en ríos, estanques y lagos eutróficos, particularmente, en aquéllos de zonas densamente urbanizadas. Guiry & Guiry (2014) dan reportes de esta especie en latitudes de todo el mundo con excepción de África y de las regiones polares. En los ejemplares observados es posible distinguir las siguientes variedades:

***Aulacoseira granulata* var. *angustissima*.** Proporción altura/diámetro aproximadamente igual a 10, pseudofilamentos rectos o curvos. Esta variedad se encontró de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, la variedad también se ha reportado algunas partes de México como el Lago de Zirahuén, Michoacán; así como en el Lago de Chapultepec, Distrito Federal.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84.

***Aulacoseira granulata* var. *granulata*.** Proporción altura/diámetro menor a 4.5, puntuación moderadamente gruesa, pseudofilamentos rectos. La variedad se encontró de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, la variedad también se ha reportado varias partes de México como el Lago de Chapultepec y la Cantera Oriente, Distrito Federal; la presa de Valle de Bravo y Texcoco, Estado de México; en el Lago de Chapala, Jalisco; en el Lago de Zirahuén, Michoacán; entre otros sitios.

Referencias de herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-48, FXo-57.

Orden Thalassiosirales

Familia Stephanodiscaceae

Género *Cyclotella* (Kützing) Brébisson

***Cyclotella meneghiniana* Kützing 1844**

(Figura 9 a-b)

Células individuales de contorno circular en vista valvar, a veces, forman pseudofilamentos. La valva tiene dos regiones: una marcada por la presencia de estrías radiales con puntas romas que se proyectan desde el margen hasta 1/3 del interior de valva; la segunda región corresponde a la parte central donde la superficie es homogénea. Entre las puntas marginales de las estrías, se observan unas espinas marginales y pequeñas. Diámetro de las valvas: 6.8 – 18.5 μm . Densidad de las estrías en 10 μm : 7 – 10.

Krammer y Lange-Bertalot (1991) mencionan que es una especie planctónica, frecuente en estanques, acequias, ríos y lagos eutróficos y también en aguas salobres cercanas a las costas de toda Europa. Aunque se le ha reportado en aguas oligotróficas, ellos consideran que tales registros son incorrectos y se deben a una mala identificación. Guiry & Guiry (2014) indican que la especie ha sido reportada en casi todos los continentes con excepción de África y de la regiones

polares. Su presencia fue observada de manera muy frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, esta especie ha sido reportada en muchos sitios del país, principalmente, en cuerpos de agua del centro de México como el Lago de Chapala, Jalisco; el Valle de Tehuacán, Puebla; el Lago de Pátzcuaro, Michoacán; en la Cantera Oriente y los Canales de Xochimilco, en la Huasteca, San Luis Potosí; entre otros sitios.

Referencias de Herbario (forma pseudofilamentosa): DFXo-38, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-65.

Referencias de Herbario (forma unicelular): DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

Familia Thalassiosiraceae

Género *Thalassiosira* Cleve

***Thalassiosira visurgis* Hustedt 1957**

(Figura 10)

Células individuales de contorno circular en vista valvar y cuya valva presenta una puntuación muy fina, apenas son distinguibles las areolas distribuidas de manera radial. El acomodo de dichas areolas regionaliza la superficie valvar en dos partes; en la más externa, se acomodan una detrás de otra, formando líneas radiales de una hilera de areolas; la segunda región corresponde a la parte central, donde su distribución no presenta un patrón definido. En la periferia de la valva hay un anillo de fultopórtulas pequeñas. Diámetro de las valvas: 6.0 – 22.0 μm .

Krammer y Lange-Bertalot (1991) mencionan que es una especie planctónica, tanto en agua dulce como salobre, particularmente en estuarios. La especie ha sido reportada en la cuenca del mar Báltico en Schleswig-Holstein, Alemania; en el río de San Joaquín, California, Estados Unidos y en el río Ouse de North Yorkshire, Inglaterra. Guiry & Guiry (2014) presenta registros de esta especie en latitudes norte de Europa y Estados Unidos principalmente, aunque la consideran una especie de aguas salobres. Su presencia fue observada de manera muy frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, la especie

ha sido reportada en pocos sitios de México como los canales de Xochimilco, Distrito Federal; el Edén, Quintana Roo; y en Guanajuato.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-65, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

Clase Xanthophyceae

Orden Mischococcales

Familia Pleurochloridaceae

Género *Goniochloris* Geitler

***Goniochloris fallax* Fott 1960**

(Figura 11)

Células de contorno triangular con lados cóncavos. Los brazos se estrechan hacia al extremo, adquiriendo una forma cónica con extremos agudos. Los 3 brazos celulares están dispuestos en un solo plano. La pared celular es hialina y sin ornamentación distinguible. La forma de los cloroplastos no se logró observar. Longitud del lado celular de extremo a extremo: 18.2 – 23.8 μm .

La mayoría de las especies del género *Goniochloris* han sido confundidas con el género *Tetraedron* Kützing de la división Chlorophyta. Esta confusión existe desde que Smith (1920) en sus descripciones incluyó varias especies de Xanthophyceae en géneros de Chlorophyta (Ott & Oldham-Ott 2003). Uno de los principales caracteres por los que se han reubicado especies de *Tetraedron* en *Goniochloris* es la ausencia de almidón, lo cual es un carácter diagnóstico en Chlorophyta (John & Tsarenko 2002). Por otro parte, los ejemplares observados en Xochimilco también presentan una morfología muy parecida a *Goniochloris smithii* (Bourrelly) Fott 1960, sin embargo, esta especie se ha descrito con una fina puntuación sobre su pared celular, característica no observada en los ejemplares recolectados.

Ettl (1978) menciona que esta especie aparece comúnmente en lagunas eutróficas y en arroyos con flujos tranquilos. Guiry & Guiry (2014) indican la presencia de esta especie en latitudes templadas y tropicales, se le ha encontrado

en algunos países de Europa, en Brasil y en Australia. En el Canal Japón, la especie se observó de manera muy frecuente. De acuerdo con la base de datos Taxfich, esta especie ha sido reportada en México solamente en Tabasco.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

División Euglenophyta

Clase Euglenophyceae

Orden Euglenales

Familia Euglenaceae

Género *Cryptoglena* Ehrenberg

***Cryptoglena skujae* (Skuja) Marin & Melkonian 2003 (Figura 12)**

Sinonimia: *Phacus agilis* Skuja 1926

Células de contorno oval a elipsoidal, comprimidas lateralmente y no metabólicas. El extremo anterior es redondeado, mientras que el posterior presenta una pequeña protuberancia cónica y roma. Sobre el eje longitudinal existe un surco que va de extremo a extremo, dándole a la célula una apariencia de “granito de café”. En cada lateral de la célula hay un gránulo de paramilo alargado con forma de escudo o placa. Longitud y anchura de las células: 9.0 – 15.5 x 5.5 – 7.3 μm .

De acuerdo con Huber-Pestalozzi (1955), esta especie se ha reportado en Letonia, Francia, Alemania, Islas de Java e Islas de la Sonda. No se dan especificaciones sobre la calidad del agua donde se ha registrado. Guiry & Guiry (2014) presentan varios registros para la especie en Europa, mientras en los trópicos también ha sido reportada en Brasil y Cuba. En el Canal Japón, la especie fue encontrada de manera frecuente. De acuerdo con la base de datos Taxfich, se ha registrado en México en el Lago Chignahuapan, Estado de México y en la Laguna Lagartos, Quintana Roo.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-67, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

Género *Euglena* Ehrenberg

***Euglena ehrenbergii* Klebs 1833**

(Figura 13)

Células metabólicas cuya forma es muy variable, aunque cuando la célula se alarga su contorno adquiere forma de banda. El extremo anterior es cónico redondeado y en éste, el reservorio está en posición subapical. El extremo posterior es redondeado y carece de cauda. La película tiene estrías espirales. Los cloroplastos son parietales, discoidales y numerosos. Varios cuerpos de paramilo discoidales y pequeños están distribuidos por toda la célula. Longitud y anchura de la célula: 122.0 – 139.5 x 15.0 – 18.3 µm.

Huber-Pestalozzi (1955) reporta que esta especie es común en estanques, zanjas y charcos con aguas contaminadas. Su presencia se ha reportado en Alemania, Rusia, Islas Java, Hungría, China y los Estados Unidos. Guiry & Guiry (2014) indican que la especie se ha registrado en varias partes de Europa, mientras que en la región tropical hay registros en Cuba y Brasil. La especie fue encontrada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en el lago de Chapultepec, Distrito Federa; en el Lago de Chapala, Jalisco; y el Lago de Zirahuén, México.

Referencias de Herbario: DFXo-Xo 39, DFXo-56, DFXo-76, Xo 83, DFXo-85.

***Euglena granulata* (Klebs) Schmitz 1884**

(Figura 14 a-b)

Células metabólicas generalmente de contorno fusiforme alargado. El extremo anterior es redondeado y el posterior tiene una cauda alargada e incolora, aunque puede ser romo, dependiendo del movimiento celular. Existen varios cloroplastos alargados de márgenes lobulados, cada uno rodeado por su respectiva vaina de paramilo (diplopirenoide). Dicha vaina está formada por dos cuerpos lenticulares, cóncavo-convexos y opuestos entre sí por su lado cóncavo. Además, numerosos

gránulos de paramilo discoidales están dispersos en todo el citoplasma. La película presenta estrías helicoidales bien marcadas. Siguiendo el patrón de la estriación, se disponen varios gránulos subpeliculares (extrusomas) que se tiñen con rojo neutro. Longitud y anchura de las células: 97.7 – 115.0 x 18.3 – 30.0 µm.

La especie es muy parecida a *Euglena rostrifera* Johnson 1944 y a *Euglena polymorpha* Dangeard 1901. Se diferencia de la primera porque *E. rostrifera* carece de gránulos que se tiñan con rojo neutro y de la segunda porque *E. polymorpha* presenta gránulos distribuidos irregularmente. Huber-Pestalozzi (1955) menciona que *E. granulata* se ha reportado en estanques, charcos, canales y, en general, en aguas sucias. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes de la especie en varios lugares de Europa, en Brasil y en Israel. La especie fue encontrada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en el lago de Chapultepec y en los canales de Xochimilco, Distrito Federal; así como en el Lago de Chapala, Jalisco.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-56, DFXo-58.

***Euglena limnophila* Lemmermann 1898**

(Figura 15 a-b)

Células de contorno fusiforme alargado a elipsoidal. El extremo anterior está bien redondeado y en éste se ubica el reservorio en posición apical. El extremo posterior tiene una cauda larga, puntiaguda e incolora. La película presenta estrías muy tenues, rectas y paralelas entre sí. Los cloroplastos son pequeños, numerosos y discoidales. Existen dos gránulos de paramilo en forma rectangular o de barras alargadas, generalmente, uno anterior y otro posterior al núcleo, aunque a veces sólo hay un gránulo. Longitud y anchura de las células: 55.4 – 71.3 x 6.6 – 8.6 µm.

Huber-Pestalozzi (1955) menciona que la especie es muy común en el plancton de aguas estancadas. No se dan más detalles sobre la calidad del agua donde ha sido reportada. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes de la especie en algunos lugares de Europa, Brasil e Israel. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido

reportada en México en el lago de Chapultepec y los canales de Xochimilco, Distrito Federal; así como en el Lago Chignahuapan, Estado de México.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-57, DFXo-84, DFXo-85.

***Euglena pisciformis* Klebs 1883**

(Figura 16 a-b)

Sinonimia *Euglena agilis* Cater 1856

Células metabólicas generalmente de contorno fusiforme ancho a piriforme. El extremo anterior es redondeado a cónico redondeado. El extremo posterior presenta una cauda corta y cónica. Existen dos cloroplastos alargados, parietales y paralelos entre sí, cada uno rodeado por una vaina de paramilo (diplopirenoide). Adicionalmente, algunos gránulos pequeños están dispersos en el citoplasma. No se logró distinguir las estrías de la película. Longitud y anchura de las células: 15.2 – 21.8 x 9.2 – 15.2 μm .

Esta especie es muy parecida a *Euglena minima* Francé 1893, pero de acuerdo con Gojdics (1953) se separan por su número de cloroplastos. *E. minima* presenta tres cloroplastos perpendiculares al eje longitudinal y *E. pisciformis*, sólo dos cloroplastos paralelos al eje longitudinal.

Huber-Pestalozzi (1955) considera que *E. pisciformis* es de amplia distribución y reporta su presencia en aguas estancadas muy contaminadas. Guiry & Guiry (2014) mencionan la presencia de la especie en algunos países de Europa, así como en Estados Unidos, Brasil, Australia y Nueva Zelandia. La especie fue encontrada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México sólo en los canales de Xochimilco.

Referencias de Herbario: DFXo-39, DFXo-40, DFXo-48, DFXo-56, DFXo-76, DFXo-85.

***Euglena cf. hemichromata* Skuja 1948**

(Figura 17)

Células de contorno cilíndrico a ligeramente fusiforme. El extremo anterior está bien redondeado y el posterior termina en una cuada pequeña, cónica e incolora. La

película presenta estrías helicoidales muy tenues. La forma de los cloroplastos es difícil de observar, en algunos ejemplares parecen discoidales, en otros, ligeramente alargados. Los gránulos de paramilo son numerosos, pequeños, de forma oval y se distribuyen por todo el citoplasma. Longitud y anchura de las células: 45.0 – 54.0 x 8.0 – 15.2 μm .

La dificultad de observar la forma de los cloroplastos no permitió identificar claramente a esta especie, por lo que se dejó como confrontar a (cf.). Las observaciones *in vivo* muestran que los cloroplastos se distribuyen en la región posterior de la célula, lo cual es característico de *E. hemichromata*. La especie fue encontrada de manera poco frecuente en el Canal Japón.

Referencias de Herbario: DFXo-30, DFXo-40, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-76, DFXo-84, DFXo-85.

Género *Monomorphina* Mereschkowski

***Monomorphina pyrum* (Ehrenberg) Mereschkowski 1877 (Figura 18)**

Sinonimia: *Phacus pyrum* (Ehrenberg) Archer 1871

Euglena pyrum Ehrenberg 1832

Células piriformes, alargadas, no metabólicas, con el extremo anterior redondeado y el posterior con una cauda larga y recta. La cutícula presenta costillas espirales, gruesas y levógiras. Los espacios entre las costillas se reducen hacia la base de la cauda, mientras que hacia la región anterior aumentan. Los cloroplastos y los gránulos de paramilo no se lograron distinguir con claridad. Longitud y anchura de las células: 21.4 – 30.7 x 9.1 – 13.2 μm .

Las especies correspondientes al género *Monomorphina* se encontraban ubicadas dentro del género *Phacus* en la sección Pleuraspis (Pochman 1942; Huber-Pestalozzi 1955). Su carácter morfológico más evidente en microscopia de luz es la presencia de una película hialina con estrías gruesas y fuertemente marcadas. Sin embargo, con base en análisis filogenéticos a nivel molecular y morfológico, Marin *et al.* (2003) encontraron evidencia que separa las especies de

la sección Pleuraspis de *Phacus*, por lo que decidieron retomar el género *Monomorphina* propuesto por Mereschkowsky en 1877.

Los ejemplares encontrados presentan una morfología muy parecida a *Monomorphina ovata* (Playfair) Marin & Melkonian 2003. De hecho, esta última especie se consideraba como la var. *ovatus* dentro de *Phacus pyrum*. Los individuos de dicha variedad se diferencian por tener un cuerpo celular muy esférico, mientras que los ejemplares correspondientes a *M. pyrum* presentan un cuerpo más alargado. Dado que la mayoría de los individuos encontrados carecía de células esféricas se decidió asignar el nombre de esta última especie.

Huber-Pestalozzi (1955) reporta la presencia de la especie en aguas estancadas oligosapróbicas a catarólicas. Se considera una especie de amplia distribución. Guiry & Guiry (2014) presentan varios reportes en diferentes partes del mundo con excepción de las regiones polares; además, también hay registros de ella en el Mar Báltico y en el Mar Negro. La especie fue encontrada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los Canales de Xochimilco y en la Cantera Oriente, Distrito Federal; así como en Veracruz.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-84, DFXo-85.

Familia Phacaceae

Género *Lepocinclis* Perty

***Lepocinclis acus* (Müller) Marin & Melkonian 2003 (Figura 19)**

Sinonimia: *Euglena acus* (Müller) Ehrenberg 1830

Células de contorno fusiforme alargado a cilíndrico y no metabólicas. El extremo anterior termina en una punta estrecha, truncada y redondeada. El extremo posterior presenta una cauda muy alargada, aguda e incolora. La película tiene estrías tenues, ligeramente helicoidales a casi rectas. Los cloroplastos son pequeños,

numerosos, discoidales y parietales. Hay varios gránulos de paramilo con forma de bastones largos. Longitud y anchura de las células: 91.7 – 176.5 x 6.6 – 11.2 μm .

Huber-Pestalozzi (1955) menciona que la especie es muy común en estanques y lagos con una considerable densidad de plantas acuáticas; también ha sido reportada en los pantanos de turbas. Guiry & Guiry (2014) presentan varios registros en diferentes latitudes del mundo, principalmente en Europa donde también ha sido reportada en el Mar Báltico y en el Mar Negro; mientras que en los trópicos hay reportes en Cuba y Brasil. La especie fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en varios lugares del centro de México como el lago de Chapultepec y los Canales de Xochimilco, Distrito Federal; el Lago Chignahuapan, Estado de México; el Lago de Chapala, Jalisco; el Lago de Zirahuén, Michoacán; entre otros.

Referencias de Herbario: DFXo-40, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-67, DFXo-76, DFXo-84, DFXo-85.

***Lepocinclis fusiformis* (Carter) Lemmermann 1901 (Figura 20 a-b)**

Células de contorno fusiforme a citriforme y no metabólicas. El extremo anterior termina en un ápice romo a truncado con forma de “chuponcito”, se distingue un reservorio pequeño en posición apical. El extremo posterior presenta una cauda cónica muy reducida. La película presenta estrías levógiras y marcadas ligeramente. Los cloroplastos son pequeños, numerosos y discoidales. Dos gránulos gruesos de paramilo con forma de anillo y opuestos entre sí están dispuestos parietalmente en la célula.

Hubber-Pestalozzi (1955) reporta la presencia de esta especie en los siguientes países: Alemania, Bélgica, Rusia, Egipto, Sudáfrica, India, Australia, Venezuela. No se dan detalles sobre la calidad de agua donde ha sido registrada. Guiry & Guiry (2014) dan reportes de la especie en varias latitudes del mundo con excepción de las regiones polares. En los ejemplares observados fueron distinguidas las siguientes variedades.

Lepocinclis fusiformis f. nominal. Células de contorno fusiforme con el polo anterior truncado y el posterior con una cauda cónica muy reducida. Longitud y anchura de las células: 25.0 – 28.3 x 16.0 – 17.2 µm. Esta forma se observó de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México solamente en los Canales de Xochimilco, Distrito Federal.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-48, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-84.

Lepocinclis fusiformis var. amphirhynchus Nygaard 1940. Los polos de esta variedad son más pronunciados respecto a la forma nominal. Esto le da a las células un contorno citriforme. Particularmente, el extremo anterior se observa mamelonado y elongado. Longitud y anchura de las células: 21.0 – 23.0 x 13.3 – 15.0 µm. Esta variedad se observó de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México sólo en los canales de Xochimilco.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-57, DFXo-58.

Lepocinclis globulus Perty 1849

(Figura 21 a-b)

Sinonimia: *Euglena ovum* Ehrenberg 1840

Lepocinclis ovum (Ehrenberg) Minkevich 1899

Lepocinclis ovum (Ehrenberg) Lemmermann 1901

Células de contorno fusiforme, redondeado o elipsoidal y no metabólicas. El extremo anterior es redondeado con un pequeño reservorio apical. El extremo posterior puede presentar una cauda muy corta con forma de “conito” o puede estar tan reducida que sólo se observa una “verruguita”. La película presenta estrías levógiras bastante tenues. Los cloroplastos son pequeños, numerosos y discoidales. Existen dos gruesos gránulos de paramilo con forma de anillo, parietales y opuestos entre sí.

Anteriormente, esta especie fue nombrada como *Lepocinclis ovum* (Ehrenberg) Lemmermann 1901 hasta que Marin *et al.* (2003) redefinieron la

especie con base en caracteres morfológicos y moleculares, recuperando el nombre de *Lepocinclis globulus* Perty 1849.

Hubber-Pestalozzi (1955) menciona que la especie es de amplia distribución, encontrada frecuentemente en el plancton de estanques, pantanos, aguas contaminadas e incluso en aguas salobres. Guiry & Guiry (2014) dan reportes de esta especie en varias latitudes del mundo excepto en las regiones polares. En los ejemplares de Xochimilco, fueron identificadas las variedades descritas a continuación y que eran consideradas previamente dentro de *L. ovum*.

***Lepocinclis globulus* var. *deflandriana* Conrad 1935.** Células de contorno elipsoidal con lados laterales arqueados ligeramente. El extremo anterior está redondeado, mientras que el posterior termina en una verruga pequeña. Además, la longitud de las células nunca es mayor a 20 µm. Longitud y anchura de las células: 16.5 – 19.0 x 9.7 – 11.2 µm. Esta variedad es muy parecida a la *dimidio-minor*, siendo ambas pequeñas respecto a la forma nominal. La variedad *deflandriana* se diferencia por tener lados laterales más arqueados, un extremo anterior más redondeado y una cauda tan reducida que es como una verruga.

Hubber-Pestalozzi (1955) menciona que esta variedad ha sido reportada en Francia e Islas de la Sonda. No se dan más detalles sobre la calidad del agua donde donde ha sido registrada. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, esta variedad no se ha habido reportado en México.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo- 83, DFXo- 84.

***Lepocinclis globulus* var. *globula* (Perty) Lemmermann 1913.** Las células son muy esféricas con ambos extremos claramente redondeados. En el extremo posterior, la cauda está tan reducida que tiene forma de una verruguita. Longitud y anchura de las células: 14.5 – 19.8 x 10.3 – 16.1 µm.

De acuerdo con Hubber-Pestalozzi (1955), esta variedad se ha registrado en Alemania, Rumania, Bélgica, Francia, Letonia, Rusia, Egipto, Sudáfrica e Islas de la Sonda. No se dan más detalles sobre la calidad del agua donde ha sido reportada. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, la variedad no se ha reportado en México.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-85.

***Lepocinclis oxyuris* (Schmarda) Marin & Melkonian 2003 (Figura 22 a-b)**

Sinonimia: *Euglena oxyuris* Schmarda 1846

Euglena charkowiensis (Svirenko) 1913

Células de contorno cilíndrico, alargadas y claramente torcidas. El extremo anterior es redondeado y el posterior tiene una cauda corta, recta a ligeramente curva. La película presenta estrías claras que siguen la dirección de la torsión. Los cloroplastos son numerosos, pequeños y discoidales. Hay dos gránulos grandes de paramilo con forma de anillos rectangulares, uno delante y otro detrás del núcleo central. Además, gránulos escasos de paramilo discoidales y pequeños están dispersos en el citoplasma. Longitud y anchura de las células: 80.0 – 119.5 x 9.0 – 15.3 µm.

Hubber-Pestalozzi (1955) menciona que la especie es de amplia distribución, frecuente en aguas estancadas. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes en varias latitudes del mundo, tanto de países templados como tropicales. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en algunos lugares del centro de México como el lago de Chapultepec, Distrito Federal; el Lago de Chapala, Jalisco; así como el lago de Pátzcuaro, Michoacán.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-84.

***Lepocinclis playfairiana* Deflandre 1929**

(Figura 23)

Células de contorno fusiforme amplio, su extremo anterior es cónico redondeado y asimétrico, mientras que el posterior termina en una cauda hialina y recta. Los cloroplastos son pequeños, numerosos y discoidales. Hay dos anillos de paramilo grandes y parietales en el centro de la célula. Las estrías de la cutícula no se lograron observar. Longitud y anchura de las células: 37.0 – 40.0 x 15.0 – 24.0 µm.

Esta especie es muy parecida a la forma nominal de *Lepocinclis ovum*, pero se diferencia de ésta por presentar un extremo anterior asimétrico, mientras que todas las formas de *L. ovum* siempre tienen un extremo anterior simétrico.

Guiry & Guiry (2014) presentan reportes de la especie en varios lugares de Europa, así como en Israel, Australia, Brasil, Singapur y China. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, no había sido reportada en México.

Referencias de Herbario: DFXo-40, DFXo-47, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-74, DFXo- 76, DFXo-85.

Género *Phacus* Dujardin

***Phacus caudatus* Hübner 1886**

(Figura 24)

Células de contorno oval, aplanadas dorso-ventralmente y torcidas ligeramente en la base de la cauda. En la región dorsal, una quilla bulbosa sobresale por todo el eje longitudinal. El extremo anterior está bien redondeado y el posterior termina en una cauda corta, recta a curva ligeramente. La película tiene estrías longitudinales muy tenues. Los cloroplastos son numerosos, pequeños y discoidales. Existen dos gránulos de paramilo anulares-discoidales, dispuestos en el eje longitudinal, generalmente, el gránulo más grande se encuentra delante del núcleo subcentral y el más pequeño, por detrás. Longitud y anchura de las células: 27.7 – 37.8 x 12.0 – 20.7 µm.

Según Hubber-Pestalozzi (1955), la especie es común en aguas catarólicas a ligeramente mesosapróbicas en pantanos de Europa, Siberia, Sur de China y

Iowa, Estados Unidos. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes de la especie en varias partes de Europa, así como en Brasil, Israel, Singapur, Pakistán y Australia. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en algunos lugares del centro de México como el Lago Chignahuapan, Estado de México; el Lago de Chapala, Jalisco; y el lago de Pátzcuaro, Michoacán.

Referencias de Herbario: DFXo-39, DFXo-40, DFXo-49, DFXo-58, DFXo-85.

***Phacus curvicauda* Svirenko 1915**

(Figura 25)

Células de contorno ovoide redondeado, no metabólicas y más anchas que largas. El extremo anterior es redondeado y más estrecho que el posterior. La cauda es corta y cónica-roma, claramente inclinada. Un surco se extiende sobre todo el eje longitudinal. La película presenta estrías tenues y longitudinales. Los cloroplastos son pequeños, numerosos y discoidales. Hay dos gránulos de paramilo esféricos, generalmente, situados a las laterales de la célula y de tamaño semejante, aunque en algunos individuos un gránulo es de mayor tamaño que el otro. Longitud y anchura de las células: 16.8 – 23.8 x 10.0 – 17.8 μm .

Hubber-Pestalozzi (1955) menciona que la especie es muy frecuente en aguas estancadas de Europa, Rusia, el norte de Manchuria, Uzbekistán, Sudáfrica, Venezuela, Indochina y las Islas de la Sonda. No se menciona cómo es la calidad del agua donde la especie fue encontrada. Guiry & Guiry (2014) reportan su presencia en varias partes de Europa, así como en Australia, Singapur, Brasil, Estados Unidos e Israel; además, también existe un reporte de la especie en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los canales de Xochimilco, Distrito Federal; el Lago Chignahuapan, Estado de México, así como en el lago de Pátzcuaro, Michoacán.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-49, DFXo-58, DFXo-84.

***Phacus musculus* Pochman 1942**

(Figura 26 a-b)

Células de contorno oval, no metabólicas y aplanadas dorso-ventralmente. Una quilla bulbosa corre a lo largo de la región dorsal sobre el eje longitudinal. El extremo anterior es redondeado y el posterior tiene una cauda muy corta y aguda. La película presenta estrías tenues y longitudinales. Hay un gránulo de paramilo en forma de anillo en el centro de la célula y a un costado de éste, se ubica otro más pequeño. Los cloroplastos son numerosos, pequeños y discoidales. Longitud y anchura de las células: 15.5 – 17.2 x 9.8 – 10.3 µm.

La especie sólo ha sido reportada en Buchara, Uzbekistán (Pochman, 1940). No se dan detalles sobre la calidad del agua donde se encontró. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. Guiry & Guiry (2014) sólo presentan un reporte de esta especie en Dinamarca. De acuerdo con la base de datos Taxfich la especie no ha sido reportada en México.

Referencias de Herbario: DFXo-40, DFXo-48, DFXo-56, DFXo-58, DFXo-76.

***Phacus tortus* (Lemmermann) Skvortsov 1928**

(Figura 27 a-b)

Células de contorno romboidal, no metabólicas, torcidas, y asimétricas respecto al eje longitudinal. El extremo anterior tiene bordes redondeados y el posterior termina en una cauda larga y recta a ligeramente curva. La película presenta estrías que siguen la dirección de la torsión. Los cloroplastos son pequeños, numerosos y discoidales. En el centro de la célula hay un gránulo de paramilo en forma de pseudoanillo, además, hay varios gránulos más pequeños alrededor de éste. Longitud y anchura de las células: 60.0 – 83.2 x 25.1 – 35.6 µm.

Los ejemplares de Xochimilco no fueron observados con toda la variación descrita para la torsión celular. La forma es muy parecida a la de *Phacus circumflexus* Pochman 1931, principalmente, porque uno de los bordes anteriores suele estar doblado y por las muescas presentes en los márgenes celulares de algunos ejemplares. Sin embargo, estas características no se observaron en todos las células, por lo que se decidió identificarlos sólo como *P. tortus*.

Hubber-Pestalozzi (1955) menciona que la especie es de amplia distribución en Europa, además, ha sido reportada en China, Sudáfrica e Islas de la Sonda. No se dan detalles sobre la calidad del agua donde ha sido hallada. Guiry & Guiry (2014) presentan varios reportes de la especie en diferentes partes del mundo, excepto en las regiones polares; también existe un registro en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en varias partes del país como el Lago de Chapultepec y los Canales de Xochimilco, Distrito Federal; el lago Chignahuapan, Estado de México; en la Península de Yucatán; entre otros sitios.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-65, DFXo-66, DFXo-85.

***Phacus trimarginatus* Allegre & Jann 1943**

(Figura 28 a-b)

Células alargadas, no metabólicas y torcidas sobre su eje longitudinal. En posición lateral, presentan contorno elíptico. El extremo anterior es cónico-rombo y el posterior termina en una cauda pequeña, recta y torcida en su base. La película tiene estrías longitudinales y su superficie está diferenciada en una región exterior y otra interior; la exterior tiene tres costillas longitudinales, una medial y dos marginales, dispuestas a lo largo de toda la célula, mientras que la interior es lisa. Los cloroplastos son pequeños, numerosos y discoidales. Existen dos gránulos de paramilo en forma de anillo, uno delante del núcleo y otro detrás. Longitud y anchura de las células: 35.6 – 37.0 x 11.5 – 14.8 µm.

Según Hubber-Pestalozzi (1955) la especie sólo ha sido reportada en Iowa, Estados Unidos. No se dan detalles sobre la calidad del agua donde fue registrada. Guiry & Guiry (2014) presentan únicamente un reporte de la especie en Brasil. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich la especie no ha sido reportada en México.

Referencias de herbario: DFXo-40, DFXo-48, DFXo-47, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-76.

***Phacus triqueter* (Ehrenberg) Perty 1852**

(Figura 29)

Células de contorno oval, no metabólicas y más largas que anchas. El extremo anterior está redondeado y posterior termina en una cauda corta e inclinada. En el lado dorsal hay una quilla que se extiende por todo el eje longitudinal. La película tiene estrías tenues y longitudinales. Los cloroplastos son numerosos, pequeños, discoidales y parietales. En el centro, hay un gránulo de paramilo en forma de pseudoanillo. Además, existen varios gránulos de paramilo pequeños y anulares-discoidales que rodean al pseudoanillo. Longitud y anchura de las células: 37.0 – 47.0 x 21.4 – 23.5 μm .

La especie presenta una morfología similar a *Phacus pleuronectes* (Müller) Nitzsch ex Dujardin 1841. Los dos caracteres usados en la separación de ambas especies son la longitud de la quilla y la forma celular en corte óptico transversal. En *P. triqueter*, la quilla se extiende por todo el cuerpo y la célula tiene una forma triangular con vértices agudos en corte transversal. Mientras que en *P. pleuronectes*, la quilla se extiende sólo un poco más allá de la mitad corporal y la forma celular también es triangular, pero con vértices redondeados.

Hubber-Pestalozzi (1955) reporta la presencia de *P. triqueter* en Europa, India, Java y Venezuela, pero no menciona detalles sobre la calidad del agua donde fue registrada. Guiry & Guiry (2014) reportan su presencia en varios lugares de Europa, así como en Estados Unidos, Brasil, China, Singapur y Australia. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en la Cantera Oriente, Distrito Federal; el Lago de Chapala, Jalisco; y la Península de Yucatán.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-83, DFXo-84.

***Phacus wettsteinii* Drezepolski 1925**

(Figura 30)

Células de contorno oval alargado y no metabólicas. El extremo anterior es redondeado y presenta un surco, mientras que el posterior carece de cauda y

termina en una cúspide pequeña. La película tiene estrías tenues y longitudinales. Los cloroplastos son discoidales y parietales. Existen dos gránulos de paramilo discoidales, a veces, sólo hay uno. Longitud y anchura de las células: 16.0 – 19.0 x 6.6 – 8.0 μm .

Hubber-Pestalozzi (1955) menciona que la especie se ha reportado en el valle del Hirschberg, al sudoeste de Polonia. No se dan más detalle sobre la calidad del agua donde fue registrada. Guiry & Guiry (2014) reportan su presencia únicamente en Rumania y Brasil. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, no hay registro de la especie en México.

Referencias de Herbario: DFXo-47, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-65, DFXo-85.

Género *Trachelomonas* Ehrenberg

***Trachelomonas volvocina* Ehrenberg 1838**

(Figura 31 a-b)

Células metabólicas dentro de lorigas esféricas. La superficie de la loriga es lisa, sin proyecciones y de color amarillo-marrón. El poro de la loriga tiene un ligero espesamiento anular. Sólo hay dos cloroplastos, cada uno con su respectivo pirenoide. Diámetro de las células: 9.2 – 13.7 μm .

Hubber-Pestalozzi (1955) menciona que la especie es de amplia distribución, muy frecuente en pantanos, estanques y zonas fangosas. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes en varias latitudes del mundo, excepto en las regiones polares. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en varios lugares de México como el lago de Chapultepec y los Canales de Xochimilco, Distrito Federal; la presa de Guadalupe, Estado de México; el Lago de Zuruahuén, Michoacán; entre otros sitios.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-49, DFXo-57, DFXo-56, DFXo-65, DFXo-74, DFXo-76.

División Chlorophyta

Clase Trebouxiophyceae

Orden Chlorellales

Familia Chlorellaceae

Género *Closteriopsis* Lemmerman

***Closteriopsis acicularis* (Smith) Belcher & Swale 1962 (Figura 32)**

Células fusiformes alargadas, rectas a ligeramente curvas y cuyos extremos terminan en puntas aciculares. Existe un cloroplasto parietal con uno a dos pirenoides por célula. Longitud y anchura de las células: 35.4 – 89.1 x 2.0 – 5.3 μm .

Komárek y Fott (1983) reportan la presencia de la especie en aguas estancadas a fluidas mesoeutróficas, no muy abundante, pero siempre frecuente; probablemente, es de amplia distribución. Guiry & Guiry (2014) presentan varios registros de la especie en diferentes partes de Europa, así como en Brasil, Pakistán y Nueva Zelanda. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los canales de Xochimilco, Distrito Federal y en la Laguna de Catemaco, Veracruz.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-49.

Género *Hindakia* Bock, Proschlod & Krienitz

***Hindakia tetrachotoma* (Printz) Bock, Proschlod & Krienitz 2010 (Figura 33)**

Sinonimia: *Dictyosphaerium tetrachotomum* Printz 1914

Colonias de 16 ó 38 células agrupadas en racimos de cuatro mediante tallos hialinos de grosor semejante, a veces, éstos pueden estar torcidos. Las células son de contorno oval y tienen un cloroplasto lateral o sublateral en forma de copa con un pirenoide. Longitud y anchura de las células: 4.6 – 11.88 x 3.3 – 6.0 μm .

Komárek y Fott (1983) reportan la presencia de la especie en aguas ligera a marcadamente eutróficas. Es considerada de amplia distribución, muy común en climas templados. Guiry & Guiry (2014) presentan registros en varias partes de

Europa, así como en Brasil y Australia. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los Canales de Xochimilco, Distrito Federal; el Lago de Catemaco, Veracruz; y el Lago de Zirahuén, Michoacán.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-58, DFXo-74, DFXo-76, DFXo-85.

Género *Micractinium* Fresenius

***Micractinium crassisetum* Hortobágyi 1973**

(Figura 34)

Colonias de cuatro células dispuestas de forma tetraédrica o en un solo plano. Las células son esféricas y de éstas se proyectan de una a cuatro cerdas largas, cónicas, hialinas y engrosadas. Hay un cloroplasto parietal en forma de copa con un pirenoide por célula. Diámetro de las células: 5.3 – 8.3 μm .

El arreglo y la disposición de las células en las colonias de esta especie son muy parecidos a los de *Micractinium pusillum* Fresenius 1858, principalmente, por la forma esférica de las células. De acuerdo con Komárek y Fott (1983), lo único que las separa es el grosor de las cerdas, el cual presenta un rango de 1.5 – 2.6 μm en *M. crassisetum*, mientras que en *M. pusillum* no se considera una anchura específica ya que las cerdas son muy delgadas.

Komárek y Fott (1983) mencionan que *M. crassisetum* ha sido reportada en Hungría y República Checa. No se dan más detalles sobre los cuerpos de agua a donde pertenecen los reportes. Guiry & Guiry (2014) dan registros de la especie en Rumania, España, Taiwán y Brasil; así como un reporte en el Mar Negro. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en la Cantera Oriente y en los Canales de Xochimilco, Distrito Federal.

Referencias de Herbario: DFXo-40, DFXo-48, DFXo-57, DFXo-65, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

***Micractinium pusillum* Fresenius 1858**

(Figura 35 a-b)

Colonias esféricas o esferoidales formadas por cuatro u ocho células. De cada célula, se proyectan varias cerdas largas de manera radial, muy delgadas y hialinas, cuatro u ocho por célula, aunque en ocasiones son demasiadas que es difícil determinar su número exacto. Hay un cloroplasto parietal en forma de copa con un pirenoide por célula. Diámetro de las células: 4.3 – 7.2 μm .

Komárek y Fott (1983) mencionan que la especie ha sido reportada en lagos y estanques, a veces, en pequeños cuerpos de agua. Probablemente, es una especie de amplia distribución. Guiry & Guiry (2014) dan registros en varias latitudes del mundo con excepción de África y las regiones polares; en las regiones tropicales ha sido hallada en Brasil y Cuba. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en varias partes del centro de México como el Lago de Chapultepec, la Cantera Oriente y los Canales de Xochimilco, Distrito Federal; la presa de Valle de Bravo, Estado de México; el Lago de Zirahuén, Michoacán; entre otros sitios.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-65.

Familia Oocystaceae

Género *Lemmermannia* Chodat

***Lemmermannia tetrapedia* (Kirchner) Lemmerman 1904**

(Figura 36)

Sinonimia: *Crucigenia tetrapedia* (Kirchner) Kuntze 1902

Células dispuestas en cenobios cuadrados de cuatro células, generalmente, se forman sincenobios de cuatro cenobios. Las células son de forma triangular con dos lados internos rectos y uno externo convexo. Hay un cloroplasto parietal sin pirenoide por célula que cubre todo el lumen celular. Dimensiones de cada lado celular: 3.0 – 4.6 μm .

De acuerdo con Bock *et al.* (2013), la caracterización filogenética con base en datos moleculares y morfológicos sitúa a esta especie en un grupo dentro de la

clase Trebouxiophyceae en conjunto con especies del género *Tetrastrum* carentes de espinas. En consecuencia la especie fue redefinida dentro del género *Lemmermania* Chodat.

Komárek y Fott (1983) consideran que probablemente es una especie de amplia distribución, frecuente en aguas eutróficas. Guiry & Guiry (2014) presentan registros de la especie en varias partes de mundo; en las regiones tropicales sólo hay reportes en Brasil; además, existen registros en el Mar Báltico y en el Mar Negro. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en el lago de Pátzcuaro, Michoacán; los canales de Xochimilco, Distrito Federal; así mismo hay reportes en los estados de Oaxaca, Morelos, Jalisco y Veracruz.

Referencias de Herbario: DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-Xo 67, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-84, DFXo-85.

***Lemmermannia triangularis* (Chodat) Bock & Krienitz 2013 (Figura 37)**

Sinonimia: *Tetrastrum triangulare* (Chodat) Komárek 1974

Células agrupadas en cenobios cuadrados de cuatro células y con un espacio intercelular de forma rectangular en el centro. Por lo general, se forman sincenobios cuadrados de cuatro cenobios. Las células son de contorno triangular con dos lados internos rectos y uno externo redondeado-convexo. Existe un cloroplasto parietal sin pirenoide por célula que abarca todo el lumen. Dimensiones de las células: 3.3 – 4.2 x 2.6 – 3.3 µm.

De acuerdo con el trabajo de Bock *et al.* (2013), varias especies del género *Tetrastrum* carentes de espinas y que estaban ubicadas en la clase Chlorophyceae han sido caracterizadas filogenéticamente a nivel molecular y morfológico en la división Trebouxiophyceae, por lo que dichas especies fueron redefinidas en el género *Lemmermannia*.

Según Komárek y Fott (1983), probablemente, es una especie de amplia distribución, frecuente en aguas eutróficas. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes

en algunas partes de Europa, así como en Australia y Brasil; además, existe un registro en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en algunos estanques poco profundos de Veracruz.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-76, DFXo-84, DFXo-85.

Género *Nephrochlamys* Korshikov

***Nephrochlamys rostrata* Nygaard, Komárek, Kristiansen & Skulberg 1986 (Figura 38)**

Sinonimia: *Kirchneriella subsolitaria* West 1908

Nephrochlamys subsolitaria (West) Korshikov 1953

Colonias de cuatro células envueltas en una pared celular materna de grosor uniforme. Las células tienen forma de media luna con un polo redondeado y el otro, ligeramente agudo; el lado convexo presenta un contorno bastante redondeado y el cóncavo, una incisión en forma de O. Por cada célula, hay un cloroplasto parietal sin pirenoide que cubre todo el lumen celular. Amplitud de la célula de polo a polo: 3.8 – 6.4 μm . Anchura de la célula: 2.0 – 2.6 μm .

Komárek y Fott (1983) reportan la presencia de la especie en aguas eutróficas de Inglaterra, Rusia, República Checa, Hungría, Estados Unidos, Cuba e Islas Guadalupe; la consideran de amplia distribución, pero poco frecuente. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes de la especie en varios lugares de Europa, así como en Brasil, además, existe un registro en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México únicamente en los Canales de Xochimilco, Distrito Federal.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-48, DFXo-57, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-76.

***Nephrochlamys willeana* (Printz) Korshikov 1953**

(Figura 39)

Sinonimia: *Nephrocytium willeanum* Printz 1914

Colonias de cuatro u ocho células envueltas en su pared celular materna. La forma celular es reniforme-redondeada con polos igualmente redondeados; el lado convexo es también redondeado y el cóncavo presenta una incisión en forma de V amplia. Por cada célula, hay un cloroplasto parietal sin pirenoide que abarca todo el lumen celular. Amplitud de la célula de polo a polo: 3.8 – 7.0 μm . Anchura de la célula: 2.1 – 3.2 μm .

Komárek y Fott (1983) mencionan que la especie es de amplia distribución. Existen registros en Japón, Rumania, Ucrania, Austria y Hungría. Según Guiry & Guiry (2014), hay reportes en Alemania, Rumania y Brasil, además, existe un registro en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México únicamente en los canales de Xochimilco.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-49, DFXo-76.

Género *Oocystis* Nägeli ex Braun

***Oocystis borgei* Snow 1903**

(Figura 40 a-b)

Sinonimia: *Oocystella borgei* (Snow) Hindák 1988

Colonias de cuatro células rodeadas por los restos de la pared celular materna, la cual tiende a dilatarse, a veces, hay células individuales. El contorno celular es oval redondeado. El número de cloroplastos varía de uno a cuatro por célula, cada uno con su respectivo pirenoide. Longitud y anchura de las células: 7.0 – 15.2 x 5.2 – 11.2 μm .

La especie es muy semejante a *Oocystis marsonii* Lemmermann 1898. De acuerdo con Komárek y Fott (1983), lo que las separa es la presencia de ligeros engrosamientos polares, carácter presente sólo en *O. marsonii*. Aunque dicha característica no es muy práctica ya que las células en *O. marsonii* pueden carecer de este carácter. En la mayoría de los ejemplares de Xochimilco, no se notaron los

engrosamientos mencionados, sin embargo, su tamaño es más pequeño que el reportado para *O. borgei* y más cercano a *O. marsonii*.

Komárek y Fott (1983) mencionan que *O. borgei* ha sido reportada en aguas poco contaminadas y que probablemente es una especie de amplia distribución. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes de la especie en varios lugares de Europa, así como en Brasil, Estados Unidos, Pakistán e Irán; además, existe un registro en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los Canales de Xochimilco, Distrito Federal; el lago de Catemanco, Veracruz; así como en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

***Oocystis* aff. *parva* West & West 1898**

(Figura 41 a-b)

Sinonimia: *Oocystella parva* (West & West) Hindák 1988

Células de contorno elipsoidal a fusiforme, individuales o en colonias de dos, cuatro u ocho células rodeadas por los restos de la pared celular materna. Los polos celulares son redondeados a cónico redondeados. Existen de uno a dos cloroplastos parietales por célula, cada uno con su respectivo pirenoide. Longitud y anchura de las células: 3.3 – 7.5 x 2.6 – 5.3 μm .

Esta especie es morfológicamente muy parecida a *Oocystis lacustris* Chodat 1897 y no existe una clara delimitación morfológica para la separación de ambas especies. La forma fusiforme es un carácter presente en ambas especies. De acuerdo con Reháková en Hindak (1984), la única separación entre ambas especies se basa en cómo se liberan las autósporas: en *O. lacustris*, la liberación ocurre por gelatinización de la pared celular materna; mientras que en *O. parva*, la pared celular materna se rompe sin gelatinizarse. Debido a que la mayoría de los ejemplares presentan una forma celular elipsoidal mas que fusiforme y basándose

en las representaciones de Komárek (1983), se decidió considerar a todos los ejemplares como *Oocystis* aff. *parva*.

Komárek y Fott (1983) mencionan que la especie es de amplia distribución, común en cuerpos de agua pequeños y cubiertos de plantas acuáticas. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes en Inglaterra, Rumania, Alemania, España, Estados Unidos, China, Nueva Zelanda y Australia; además, existen registros en el Mar Báltico y el Mar Negro. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los Canales de Xochimilco, Distrito Federal; el Lago de Zirahuén, Michoacán; la Laguna de Alchichica y el Lago de Atexcac, Puebla.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-76, DFXo-84.

Género *Tetrastrum* Chodat

***Tetrastrum staurogeniiforme* (Schröder) Lemmermann 1900 (Figura 42)**

Cenobios de contorno elipsoidal formado por cuatro células. El contorno celular es triangular, con dos lados internos rectos y uno externo redondeado. Cada célula presenta en su lado externo de cuatro a siete espinas cortas y rectas. Hay un cloroplasto parietal con un pirenoide por célula. Dimensiones de las células: 2.6 – 3.3 x 2.0 – 2.6 μm .

Las especies del género *Tetrastrum* se encontraban en la familia Scenedesmaceae dentro de la clase Chlorophyceae. Sin embargo, de acuerdo con Bock *et al.* (2013), algunas especies espinosas del género *Tetrastrum* han sido redefinidas en la familia Oocystaceae dentro de la clase Trebouxiophyceae.

Komárek y Fott (1983) consideran que la especie es de amplia distribución y bastante frecuente en el plancton. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes en Inglaterra, Rumania, España, Alemania, Singapur, China y Brasil; además, existen registros en el Mar Báltico y el Mar Negro. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido

reportada en México en los canales de Xochimilco y la Lagunda de los Reyes Aztecas, Distrito Federal; así como en el Lago de Zirahuén, Michoacán.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-49, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-76, DFXo-84.

Clase Chlorophyceae

Orden Chlamydomonadales

Familia Chlamydomonadaceae

Género *Carteria* Diesing

***Carteria radiosa* Korshikov 1927**

(Figura 43)

Sinonimia: *Carteria regularis* Korshikov 1927

Células de contorno oval a redondeado con un cloroplasto fenestrado en forma de copa. Las fenestras son del mismo tamaño y están distribuidas uniformemente hacia los bordes del cloroplasto. En el extremo anterior, hay una papila pequeña donde se insertan 4 flagelos de igual longitud. El pirenoide está ubicado en el centro del cloroplasto. El núcleo está en la región anterior de la célula y ubicado en la luz del cloroplasto. Longitud y anchura de las células: 8.3 – 16.6 x 7.0 - 13.8 μm .

Ettl (1983) presenta esta especie como *Carteria napocensis* (Péterfi) Ettl 1979 y la reporta en estanques eutróficos cerca de Salicea, Rumania y en el sur de Bohemia, República Checa. Guiry & Guiry (2014) dan reportes sólo en Inglaterra y Rumania. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, no ha sido reportada en México.

Referencias de Herbario: DFXo-30, DFXo-40, DFXo-57.

Género *Chlamydomonas* Ehrenberg

***Chlamydomonas globosa* Snow 1902**

(Figura 44)

Células esféricas a esferoidales con un cloroplasto en forma de urna, éste presenta un engrosamiento basal donde está el pirenoide. Por cada célula, hay dos flagelos del mismo tamaño y son el doble o más de la longitud celular, proyectados de la pared celular a partir de un mismo punto. Diámetro de la célula: 6.0 – 12.0 µm.

De acuerdo con Ettl (1983), la especie es considerada de amplia distribución. Guiry & Guiry (2014) dan registros en varias latitudes del mundo, de Europa a Nueva Zelanda, con excepción de África y las regiones polares. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en el Lago de Chapultepec, los Canales de Xochimilco y el Lago Tezozomoc, Distrito Federal; el Lago de Chapala, Jalisco; y el Lago de Zirahuén, Michoacán.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-76.

Familia Phacotaceae

Género *Dysmorphococcus* Takeda

***Dysmorphococcus* aff. *globosus* Bold et Starr 1953**

(Figura 45 a-b)

Células de contorno oval y rodeadas por una pared celular gruesa. En el extremo posterior, la pared está redondeada, mientras que en el extremo anterior presenta una papila. Hay un cloroplasto en forma de urna con uno, dos o seis pirenoides. Por cada célula, existen dos flagelos de igual longitud, ambos proyectados del protoplasto a partir de un mismo punto, pero en la pared celular, los puntos de inserción están separados, uno a cada extremo de la papila. Dimensiones de la pared celular: 15.2 – 18.0 x 14.0 – 16.5 µm. Dimensiones de los protoplastos: 9.9 – 13.2 x 8.7 – 12.6 µm.

Se decidió dejar la abreviación aff. Porque Ettl (1983) menciona que la especie sólo ha sido reportada en depresiones rocosas de río Caney Fork,

Tennessee, en Estados Unidos. Guiry & Guiry (2014) no dan más reportes en otras partes del mundo. De acuerdo con la base de datos Taxfich, no ha sido reportada en México.

Referencias de Herbario: DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-84.

Género *Pteromonas* Seligo

***Pteromonas aculeata* Lemmermann 1900**

(Figura 46)

Células de contorno oval y rodeadas de una pared celular que se prolonga más allá del protoplasto. El contorno de la pared celular es cuadrado a rectangular con lados ligeramente curvos y cada extremo se elonga en una punta cónica. El cloroplasto presenta forma de urna con cuatro pirenoides, cada uno rodeado por una delgada vaina de paramilo. Dimensiones de la pared celular: 15.3 – 17.4 x 11.1 – 16.7. Dimensiones de los protoplastos: 7.6 – 14.0 x 7.0 – 12.0 µm.

Según Ettl (1983), la especie es común en el plancton de estanques y lagos. No se dan más detalles sobre los lugares y la calidad de agua donde ha sido registrada. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes en Inglaterra, Rumania, Alemania, China, Singapur y Nueva Zelanda; además, existe un registro en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en la Cantera Oriente y en los Canales de Xochimilco, Distrito Federal.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-57.

Familia Volvocaceae

Género *Pandorina* Bory de Saint-Vincent

***Pandorina morum* (Müller) Bory de Saint-Vincent 1824**

(Figura 47)

Cenobios de contorno elipsoidal, a veces esféricos, con extremos redondeados. El cenobio está formado por 8 ó 16 células distribuidas radialmente y rodeadas por una vaina común, hialina y gruesa. El contorno celular es triangular, el lado más

ancho está orientado hacia la parte exterior del cenobio y el más estrecho, hacia el centro. El cloroplasto presenta forma de copa y su luz está en la región ancha de la célula, mientras que el pirenoide está ubicado en la región estrecha. El núcleo se encuentra en la luz del cloroplasto. Dos flagelos de igual longitud emergen del lado ancho hacia el exterior del cenobio, cada uno con su respectiva zona de inserción, tanto en el protoplasma como en la pared celular. Longitud y anchura de la célula: 7.5 – 12.0 x 7.0 – 9.5 μm

Guiry & Guiry (2014) presentan reportes de la especie en varios lugares de Europa, incluyendo el Mar Báltico y el Mar Negro, así como en Estados Unidos, Brasil, Turquía, China, Nepal, Singapur, Australia, Nueva Zelanda y aun en el Ártico. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los Canales de Xochimilco y en la Laguna de los Reyes Aztecas, Distrito Federal; así como en la presa Miguel Alemán, Oaxaca; en el Lago de Catemaco, Veracruz; en el Valle de Tehuacán, Puebla; entre otros sitios.

Referencias de Herbario: DFXo-76, DFXo-84.

Género *Pleodorina* Shaw

***Pleodorina* aff. *illinoisensis* Kofoid 1898**

(Figura 48)

Cenobios de contorno elipsoidal formados por 14 ó 32 células, redondeados de ambos extremos, a veces, ondulados del extremo posterior. Las células son de forma esférica con dos flagelos de la misma longitud y un cloroplasto en forma de copa, el cual presenta un pirenoide en el engrosamiento basal. Las cuatro células somáticas están en el extremo frontal y son más pequeñas que el resto de las células del cenobio. Diámetro de las células somáticas: 3.3 – 4.0 μm . Diámetro de las células reproductivas: 5.3 – 10.6 μm .

La presencia de las cuatro células somáticas hacia el lado frontal del cenobio es una característica diagnóstica del género *Pleodorina*. Para la especie se decidió dejar la abreviación aff. porque el tamaño de las células reproductivas es menor al

reportado para *P. illinoisensis*. Además, las células con cloroplastos estriados descritos para cenobios cenecestes tampoco fueron observadas en los ejemplares recolectados.

Guiry & Guiry (2014) presentan reportes de la especie en Estados Unidos, Rumania y Brasil. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en el Lago de Chapultepec y los Canales de Xochimilco, Distrito Federal.

Referencias de herbario: DFXo-57, DFXo-76, DFXo-84.

Orden Sphaeropleales

Familia Hydrodictyaceae

***Pediastrum* Meyen**

***Pediastrum duplex* Meyen 1829**

(Figura 49)

Cenobios planos de contorno circular con 16 ó 32 células diferenciadas en marginales e internas. Las células marginales presentan en su lado externo dos proyecciones cortas, hialinas, de igual longitud y con un ligero engrosamiento terminal; entre ambas prolongaciones existe una incisión en forma de V; los lados internos de estas células tienen formas angulosas. Las células internas son poligonales con marcados espacios intercelulares. Hay un cloroplasto parietal con un pirenoide por célula. Tamaño de las células: 7.3 – 11.2 x 6.0 – 10.0 µm.

Komárek y Fott (1983) reportan que la especie es de amplia distribución. Los ejemplares observados corresponden a la variedad nominal. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes en varias partes de Europa, aun en el Mar Báltico y el Mar Negro, así como en Estados Unidos, Cuba, Brasil, Singapur, China, Corea, Taiwán y Australia. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en el Lago de Zirahuén, Michoacán; el Lago de Catemaco, Veracruz; el Lago de Chapala, Jalisco; los Canales de Xochimilco, Distrito Federal; la Laguna del Sol, Estado de México, entre otros sitios.

Referencias de Herbario: DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo- 57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-67, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-84, DFXo-85.

***Pseudopediastrum* Hegewald**

***Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) Hegewald 2005 (Figura 50)**

Sinonimia: *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini 1840

Cenobios planos de contorno circular con 16 ó 32 células diferenciadas en marginales e internas y cuya superficie es granulosa. Las células marginales presentan hacia su lado externo dos prolongaciones cortas, hialinas y centrales de igual longitud; entre ambas prolongaciones hay una incisión amplia y poco profunda en forma de U; los lados internos de estas células tienen formas angulosas. Las células internas son poligonales y carecen de espacios intercelulares. Hay un cloroplasto parietal con un pirenoide por célula. Tamaño de las células: 11.2 – 10.0 x 9.2 – 13.7 μm .

Komárek y Fott (1983) mencionan que la especie es de amplia distribución. Los ejemplares observados corresponden a la variedad nominal. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes en varias latitudes del mundo, tanto de climas templados como tropicales y aun en el Ártico. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en varias partes del centro de México como el Lago de Zirahuén, Michoacán; el Lago de Catemaco, Veracruz; el Lago de Chapala, Jalisco; los Canales de Xochimilco y la Cantera Oriente, Distrito Federal; la Laguna del Sol, Estado de México; el Valle de Tehuacán, Puebla, entre otros sitios.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-49, DFXo-58, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

Stauridium Corda

***Stauridium tetras* (Ehrenberg) Hegewald 2005**

(Figura 51)

Sinonimia: *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs 1884

Cenobios planos de contorno circular a elipsoidal con 8 ó 16 células diferenciadas en marginales e internas. Las células marginales presentan en su lado externo cuatro proyecciones cortas y hialinas; las dos prolongaciones internas son más largas que las dos externas; entre las dos prolongaciones internas hay una incisión poco profunda y aguda en forma de V; los lados internos de estas células tienen formas angulosas. Las células internas son poligonales, también presentan una incisión muy estrecha y regularmente profunda, carecen de espacios intercelulares. Hay un cloroplasto parietal con un pirenoide por célula. Tamaño de las células: 5.3 – 9.2 x 3.3 – 7.3 μm .

Komárek y Fott (1983) reportan que la especie es de amplia distribución, frecuente en pequeños cuerpos de agua, estanques y lagos. Guiry & Guiry (2014) presentan reportes en diferentes partes del mundo, principalmente en Europa, mientras que en las regiones tropicales está reportada en Brasil. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en la presa Miguel Alemán, Oaxaca; el Lago de Catemeco, Veracruz; el Lago de Zirahuén, Michoacán; el Valle de Tehuacán, Puebla; los Canales de Xochimilco, Distrito Federal, entre otros sitios.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-76.

Género *Tetraedron* Kützig

***Tetraedron trigonum* var. *crassum* Reinsch**

(Figura 52)

Células de contorno triangular, redondeadas y con lados marcadamente convexos, lo que da a la célula un aspecto globoso. La pared celular es lisa y cada vértice termina en una espina estrecha, aguda y corta. Hay un cloroplasto parietal de forma

triangular por célula. En la superficie del cloroplasto hay varios pirenoides lenticulares. Longitud de vértice a vértice, incluida la espina: 20.8 – 23.0 μm .

La forma nominal de la especie *T. trigonum* ha sido reubicada en la clase Xanthophyceae como *Goniochloris Fallax* Fott (1960). Sin embargo, se han descrito varias variedades de esta especie cuya posición taxonómica no ha sido bien determinada (John & Tsarenko 2002). La morfología de los ejemplares de Xochimilco sólo concuerda con la variedad *crassum* y es claro observar los pirenoides lenticulares en el cloroplasto, carácter que se ha descrito para el género *Tetraedron*, por lo que esta especie se decidió identificar en este género dentro de Chlorophyta y no en Xanthophyceae.

La variedad no se encuentra registrada en la base de datos algaebase de Guiry & Guiry (2014). Para su identificación fue empleado Skuja (1948), pero no hay referencias de las localidades donde la variedad ha sido reportada. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, tampoco hay reportes en México.

Referencias de Herbario: DFXo-57, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-76, DFXo-84.

Familia Neochloridaceae

Género *Golenkinia* Chodat

***Golenkinia radiata* Chodat 1894**

(Figura 53)

Células esféricas de cuya superficie se proyectan numerosas cerdas largas y delgadas de manera radial. Hay un cloroplasto parietal en forma de copa con un pirenoide reniforme por célula. Diámetro de las células: 7.6 – 10.0 μm . Longitud de las cerdas: 20.5 – 27.0 μm .

Komárek y Fott (1983) mencionan que es común encontrar esta especie en cuerpos de agua pequeños. Probablemente, es de amplia distribución, aunque no en gran abundancia. Guiry & Guiry (2014) dan registros de la especie en varios lugares de Europa, aun en el Mar Báltico y el Mar Negro, así como en Cuba, Brasil, Estados Unidos, Corea del Sur, Taiwán, China, Singapur y Australia. Su presencia

fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en varias partes del centro de México como los Canales de Xochimilco, el Lago de Chapultepec y la Cantera Oriente, Distrito Federal; el Lago de Chapala, Jalisco; la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo; el lago de Pátzcuaro, Michoacán; entre otros.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-58, DFXo-76.

Familia Scenedesmaceae

***Coelastrum* Nägeli**

***Coelastrum microporum* Nägeli 1855**

(Figura 54 a-b)

Células esféricas agrupadas en cenobios de cuatro u ocho células. La pared celular es lisa sin engrosamientos ni conexiones. Hay un cloroplasto parietal con un pirenoide por célula. Diámetro de las células: 4.7 – 7.3 μm .

Komárek y Fott (1983) reportan que la especie es de amplia distribución, común en aguas eutróficas. Guiry & Guiry (2014) dan registros en varios lugares de Europa, aun en el Mar Báltico y en el Mar Negro, así como en Estados Unidos, Brasil, Taiwán, China y Nueva Zelandia. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en varias partes del Centro de México como el Lago de Texococo, Estado de México; los Canales de Xochimilco, el Lago de Chapultepec y la Cantera Oriente, Distrito Federal; el Lago de Chapala, Jalisco; el Valle de Tehuacán, Puebla; el lago de Pátzcuaro y de Zirahuén, Michoacán; entre otros.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-83.

***Coelastrum microporum* var. *octaedricum* (Skuja) Sodomková 1972.** Esta variedad se caracteriza por la disposición tetraédrica de las células en los cenobios. Existe un espacio cuadrado a rectangular en el centro del cenobio.

Komárek y Fott (1983) indican que esta variedad ha sido reportada en aguas oligotróficas a ligeramente eutróficas en el norte de Europa. Diámetro de las células: 6.0 – 8.0 µm. Guiry & Guiry (2014) no dan registro de la variedad. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México sólo en Yucatán.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-58.

***Coelastrum pseudomicroporum* Korshikov 1953**

(Figura 55)

Células ovoides agrupadas en cenobios de 8 ó 16 células. La pared celular es rugosa y de ella se proyectan pequeños procesos que conectan las células entre sí. Hay un cloroplasto parietal con un pirenoide por célula. Dimensiones de las células: 3.3 – 6.0 x 3.3 – 6.0 µm.

Komárek y Fott (1983) reportan que la especie es frecuente en aguas eutróficas de estanques y lagunas; conocida en Hungría, Bulgaria, República Checa y Ucrania. Guiry & Guiry (2014) dan registros en Alemania, Inglaterra, España, Bulgaria, Rumania, Brasil y China; además, hay un reporte en el Mar Negro. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en la Cantera Oriente, Distrito Federal y el Lago de Catemaco, Veracruz.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-58, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

***Desmodesmus* (Chodat) An, Friedl & Hegewald**

***Desmodesmus abundans* (Kirchner) Hegewald 2000**

(Figura 56 a-b)

Sinonimia: *Scenedesmus abundans* (Kirchner) Chodat 1913

Scenedesmus quadricuada var. *abundans* (Kirchner) Hansgirg 1888

Scenedesmus semipervens Chodat 1913

Cenobios formados por cuatro células de contorno elipsoidal. Los polos celulares son cónico redondeados. De los polos de las células marginales, se proyectan

espinas largas en un patrón cuadricaudado o bicaudado. Adicionalmente, los márgenes de las células externas pueden presentar de una a tres espinas pequeñas o carecer de éstas. Los polos de las células internas también pueden presentar una espina pequeña o carecer de ella. Longitud y anchura de las células: 4.7 – 7.3 x 1.3 – 2.0 μm .

Según Komárek y Fott (1983), la especie es de amplia distribución, frecuente en aguas eutróficas. Guiry & Guiry (2014) dan registros en Inglaterra, España, Rumania, Estados Unidos, Irán, China, Singapur, Australia y Brasil; además, hay un registro en el Mar Negro. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en algunos estanques poco profundos de Veracruz; la Cantera Oriente, Distrito Federal y el Valle de Tehuacán, Puebla. La especie fue observada de manera escasa en el Canal Japón.

D. abundans presenta una amplia variación morfológica y se le han atribuido 15 sinonimias (Hegewald 2000). Sin embargo, en los ejemplares observados se distinguen sólo dos patrones morfológicos correspondientes a las formas *Scenedesmus semipervens* para cenobios cuadricaudados y *Scenedesmus abundans* var. *bicaudatus* para cenobios bicaudados.

Existen dos representaciones *Scenedesmus abundans* en la literatura, lo que provoca confusión al identificar la especie. Una es la versión de G. M. Smith 1916 y que es considerada sinónima de *Desmodesmus subspicatus* (Chodat) Hegewald & Schmidt 2000. Esta descripción se refiere a cenobios lineales de cuatro células con espinas pequeñas del mismo tamaño, tanto en los polos de las células internas como de las externas. Esta forma no debe confundirse con la versión de (Kirchner) Chodat 1913, la cual sí se refiere a los cenobios cuadricaudados característicos de la especie y que es considerada sinónima de *S. semipervens* y, por lo tanto, sinónima de *D. abundans* (Kirchner) Hegewald 2000.

Referencias de Herbario para la forma *semipervens*: DFXo-40, DFXo-49, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-84.

Referencias de Herbario para la forma *bicaudatus*: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-49, DFXo-85.

***Desmodesmus armatus* (Chodat) Hegewald 2000** (Figura 57 a-b)

Sinonimia: *Scenedesmus hystrix* var. *armatus* Chodat 1902

Scenedesmus armatus Chodat 1913

Scenedesmus quadricauda var. *armatus* (Chodat) Dedusenko 1953

Scenedesmus helveticus 1926

Scenedesmus pseudo-helveticus (Kiriak) Kirjakov 1977

Scenedesmus pseudoarmatus Hortobágyi 1969

Cenobios formados por cuatro u ocho células cilíndricas. Los polos de las células internas son redondeados a cónico-redondeados y los de las externas, truncados. La pared celular presenta dentículos en los polos celulares, a veces muy reducidos, y costillas longitudinales continuas o discontinuas, además, hay costillas dentadas sobre los márgenes de las células externas. Los polos de las células externas tienen espinas largas, rectas o curvas, a veces, con un engrosamiento basal, ya sea en un patrón cuadricaudado o bicaudado.

Desmodesmus armatus es la especie con mayor variación morfológica dentro del género *Desmodesmus*, se le han atribuido 80 sinonimias de acuerdo con Hegewald (2000). La forma nominal correspondiente a *Scenedesmus hystrix* var. *armatus* Chodat 1902 no se encontró en los individuos observados. Hegewald y Silva (1988) consideran el nombre anterior como sinónimo de *Scenedesmus armatus* Chodat 1913; pero Komárek y Fott (1983) no mencionan la existencia de la sinonimia y la forma que ellos mencionan como *Scenedesmus hystrix* Lagerheim 1882 representa cenobios morfológicamente diferentes ya que éstos son acaudados.

Guiry & Guiry (2014) dan registros de la especie en diferentes latitudes del mundo, tanto en regiones templadas como tropicales, incluso en el Ártico. Sin embargo, en los ejemplares de Xochimilco sólo fueron encontradas las siguientes variedades que anteriormente eran consideradas especies diferentes.

***Desmodesmus armatus* var. *pseudoarmatus* Hortobágyi 1969.** Los cenobios presentan un patrón bicaudado. Las células internas tienen una costilla longitudinal, la cual puede ser continua o interrumpirse hacia la mitad de la célula. Las células externas tienen pequeñas costillas dentadas en sus bordes externos. Longitud y anchura de las células: 7.3 – 10.3 x 2.3 – 4.7 μm .

Según Komárek y Fott (1983), esta variedad ha sido reportada en ríos y lagunas de Francia, Hungría y Vietnam. Guiry & Guiry (2014) no tienen registro de esta variedad. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, no ha sido reportada en México.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-76, DFXo-83.

***Desmodesmus armatus* var. *pseudohelveticus* (Kiriak) Kirjakov 1977.** Esta variedad está caracterizada por su ornamentación celular. Las células externas presentan una costilla dentada sobre su margen externo, a veces, existe una costilla longitudinal continua y los polos celulares presentan una espina ondulada. Las células internas presentan costillas longitudinales discontinuas, en el centro de la célula se interrumpen, pero hacia los polos se prolongan y forman un dentículo. Adicionalmente, existen de uno a dos dentículos subapicales en los polos de las células internas. Longitud y anchura de las células: 7.0 – 15.0 x 2.6 – 4.2 μm .

Particularmente, este nombre es considerado taxonómicamente inválido por Hegewald y Silva (1988) ya que carece de iconotipo y de diagnosis en latín. Según Komárek y Fott (1983), esta variedad sólo fue reportada en estanques piscícolas de Bulgaria. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, sólo ha sido reportada en los Canales de Xochimilco.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-65, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

***Desmodesmus bicellularis* (Kirchner) An, Friedl & Hegewald 1999 (Figura 58)**

Sinonimia: *Didymocystis bicellularis* (Chodat) Komárek 1973

Cenobios de dos células dispuestas paralelamente entre sí. El contorno celular es oval-alargado a elipsoidal. Los polos celulares son cónicos redondeados a redondeados. En cada célula, hay un cloroplasto parietal con su respectivo pirenoide. Longitud y anchura de las células: 4.0 – 8.7 x 1.3 – 4.6 µm.

Komárek y Fott (1983) mencionan que la especie es frecuente en cuerpos de agua de Europa Central. Señalan que los reportes sobre su presencia en otras regiones no son muy descriptivos y deben volver a revisarse. No se dan detalles sobre la calidad del agua donde se ha reportado la especie. Guiry & Guiry (2014) dan registros en España, Portugal, Rumania y Brasil; además, hay un reporte en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México sólo en Guanajuato.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-76, DFXo-84, DFXo-85.

***Desmodesmus costato – granulatus* (Skuja) Hegewald 2000 (Figura 59 a-b)**

Sinonimia: *Scenedesmus costato - granulatus* Skuja 1948

Scenedesmus granulatus var. *verruco-costatus* Hortobágyi 1960

Cenobios formados por dos células de contorno oval. La superficie celular está cubierta por pequeñas granulaciones distribuidas de manera uniforme. Sobre los costados externos de las células hay dos hileras de verrugas pardas. Longitud y anchura de las células: 3.0 – 8.6 x 2.6 – 4.6 µm.

Según Komárek y Fott (1983), la especie ha sido reportada en estanques, presas y lagos de diferentes partes del mundo. Probablemente, es una especie de amplia distribución. Ésta también presenta una amplia variación morfológica y se le han atribuido 14 sinonimias (Hegewald, 2000). Sin embargo, la variación de los ejemplares observados en Xochimilco sólo concuerda con la descripción de

Scenedesmus granulatus var. *verruco-costatus* Hortobágyi 1960 por la presencia de las dos hileras de verrugas pardas en los bordes celulares. Guiry & Guiry (2014) dan registros de la especie en varios lugares de Europa, incluso en el Mar Báltico, así como en Estados Unidos, Perú y Nueva Zelanda. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, no ha sido reportada en México

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-76, DFXo-84, DFXo-85.

***Desmodesmus intermedius* (Chodat) Hegewald 2000 (Figura 60 a-b)**

Sinonimia: *Scenedesmus intermedius* Chodat 1926

Scenedesmus quadricauda var. *intermedius* (Chodat) Philipose 1967

Scenedesmus sooi Hortobágyi 1954

Cenobios formados por cuatro células ovoides alternadas entre sí y con polos redondeados. De las células externas, se proyectan espinas cortas y rectas, una por cada polo, en un patrón cuadricaudado. Longitud y anchura de las células: 4.6 – 6.6 x 2.0 – 2.6 µm.

De acuerdo con Komárek y Fott (1983), la especie ha sido reportada en estanques y lagos eutróficos, probablemente, es de amplia distribución. En los ejemplares observados, se distinguen claramente dos formas: una correspondiente a *Scenedesmus intermedius* var. *intermedius* para los cenobios cuyas células son ovoides, y la otra, correspondiente a *Scenedesmus sooi* para cenobios con células ovoides alargadas. Guiry & Guiry (2014) dan registros de la especie en varias partes de Europa, incluido el Mar Báltico; así como en Brasil y Nueva Zelanda. Ambas formas fueron encontradas de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México únicamente en los Canales de Xochimilco.

Referencias de Herbario para la forma *intermedius*: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-76.

Referencias de Herbario para la forma *sooi*: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

***Desmodesmus magnus* (Meyen) Tsarenko 2000** (Figura 61 a-b)

Sinonimia: *Scenedesmus quadricauda* var. *maximus* West & West 1895

Scenedesmus magnus Meyen 1829

Cenobios de dos, cuatro u ocho células cilíndricas alineadas entre sí. Los polos de las células internas son cónico redondeados y los de las externas, truncados. La pared celular presenta una roseta en cada polo celular y de dos a cinco rosetas distribuidas por la superficie de cada célula. Existe presencia de pared intercelular que puede estar muy reducida o ausente. De los polos de las células externas, se proyectan espinas largas y ligeramente curvas cuya longitud es igual o mayor al largo de las células. A veces, en los ejemplares de ocho células hay espinas largas en los polos de las células internas. Longitud y anchura de las células: 6.6 – 18.5 x 2.6 – 6.0 µm.

De acuerdo con Komárek y Fott (1983) esta especie es de amplia distribución y la consideran un habitante común en aguas eutróficas de lagos, estanques y piscinas. Guiry & Guiry (2014) dan registros en algunos lugares de Europa, Brasil y Singapur; además, hay un registro en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera constante en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los Canales de Xochimilco y la Laguna de los Reyes Aztecas, Distrito Federal.

Por otra parte, existe un problema de identificación al diferenciar entre *Desmodesmus magnus* y *Desmodesmus communis* (Hegewald) Hegewald 2000, ya que entre ambas especies los caracteres morfológicos para distinguirlas se comparten entre una y otra. *D. communis* también es considerada una especie de amplia distribución y sus sinónimos más conocidos son *Scenedesmus communis* Hegewald 1977 y *Scenedesmus quadricauda* Chodat 1926. Hindak (1990) establece que la morfología de los cenobios de *D. communis* es prácticamente igual a los de *D. magnus*, la única diferencia es que los primeros son más pequeños. Sin embargo, los rangos de tamaño no resultan ser muy prácticos ya que las medidas

de longitud entre ambas especies se traslapan. La única forma práctica de observar una diferencia morfológica es considerando la longitud de las espinas marginales. Generalmente, en *D. magnus*, la longitud de las espinas es igual o mayor que la longitud de las células, mientras que en *D. communis* es menor.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

***Desmodesmus opoliensis* (Ritcher) Hegewald 2000** (Figura 62 a-c)

Sinonimia: *Scenedesmus opoliensis* Richter 1896

Scenedesmus opoliensis var. *opoliensis* Richter 1896

Scenedesmus opoliensis var. *mononensis* Chodat 1926

Scenedesmus opoliensis var. *carinatus* Lemmerman 1899

Cenobios de dos, cuatro u ocho células dispuestas de manera lineal o alternada. El contorno de las células es fusiforme alargado a elipsoidal. Las células internas presentan polos redondeados a cónico redondeados y las externas, polos truncados. A veces, hay de una a tres costillas longitudinales por ambos lados de cada célula, cada una de las cuales termina en un dentículo que se proyecta hacia el ápice de los polos celulares. En ocasiones, las células externas tienen una costilla dentada sobre su lado externo. De los polos de las células externas, se proyectan espinas largas, rectas o ligeramente curvas en un patrón cuadricaudado.

Komárek y Fott (1983) mencionan que esta es una especie de amplia distribución y se ha reportado en diversos cuerpos de agua eutróficos. A esta especie se le atribuyen, al menos, 12 sinonimias (Hegewald 2000). Guiry & Guiry (2014) presentan registros en varias partes de Europa, así como en Estados Unidos, Brasil, Singapur y Australia; además hay un reporte en el Mar Negro. Sin embargo, en los ejemplares observados, se reconocen sólo las siguientes variedades.

***Desmodesmus opoliensis* var. *carinatus*.** Los cenobios están formados por células dispuestas linealmente una tras otra y unidas entre sí por su parte media. Las células presentan de una a dos costillas longitudinales muy marcadas. Longitud

y anchura de las células: 18.8 – 22.4 x 5.6 – 7.3 µm. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los Canales de Xochimilco y en la Laguna de los Reyes Aztecas, Distrito Federal.

Referencias de Herbario: DFXo-40, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-65, DFXo-66, DFXo-76.

Desmodesmus opoliensis var. mononensis. Las células se disponen de manera lineal una tras otra en los cenobios y carecen de costillas. En la mayoría de los ejemplares existe una pared intercelular muy reducida y hay varias rosetas distribuidas sobre la superficie de la pared. Longitud y anchura de las células: 15.2 – 20.0 x 5.0– 5.0 – 6.3 µm. . Su presencia fue observada de manera constante en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los Canales de Xochimilco y la Laguna de los Reyes Aztecas, Distrito Federal.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

Desmodesmus opoliensis var. opoliensis. La variedad se caracteriza por presentar células internas inclinadas, al menos una costilla longitudinal continua en cada célula y dentículos en cada polo celular. Longitud y anchura de las células: 13.4 – 23.8 x 2.3 – 5.3 µm. Su presencia fue observada de manera constante en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en la Cantera Oriente, los Canales de Xochimilco y la Laguna de los Reyes Aztecas, Distrito Federal.

Los ejemplares de la variedad *mononensis* son taxonómicamente muy problemáticos porque su morfología es muy parecida a la de *Desmodesmus protuberans* (Fritsch & Rich) Hegewald 2000. Las formas de *D. protuberans* presentan polos celulares que se estrechan y se elongan, así que las células adquieren forma de botella. En varios de los cenobios observados es común que

los polos se estrechen, pero no logran elongarse lo suficiente. Por lo tanto, se decidió identificar los individuos encontrados como *D. opoliensis* var. *mononensis*.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

***Desmodesmus pannonicus* (Hortobágyi) Hegewald 2000 (Figura 63)**

Sinonimia: *Scenedesmus pannonicus* Hortobágyi 1944

Scenedesmus pannonicus costato – granulatus Hortobágyi 1966

Scenedesmus pannonicus var. *heterocaudato - granulatus* Hortobágyi
1966

Cenobios de dos o cuatro células alternadas. Las células presentan forma ovoide y sus polos son redondeados a cónico redondeados. La superficie es granulosa y cada célula tiene una costilla longitudinal continua. Las células externas poseen una espina en cada polo, una es larga y curva; la otra, recta y corta. Las células internas poseen una espina corta sólo en uno de sus polos. Longitud y anchura de las células: 13.3 – 15.2 x 5.0 – 6.7 µm.

Los ejemplares observados tienen una morfología idéntica a *S. pannonicus costato – granulatus* Hortobágyi 1966 y *S. pannonicus* var. *heterocaudato – granulatus* Hortobágyi 1966. Estos dos nombres son considerados inválidos por Hegewald y Silva (1988) porque sus descripciones carecen de iconotipos.

De acuerdo con Komárek y Fott (1983) la especie ha sido reportada en estanques, piscinas y lagos no muy sucios de la región de la Panonia (Hungría, Rumania, Eslovenia, Austria y Croacia). Aunque también mencionan que existen reportes en Finlandia y Nueva Zelanda y, probablemente, su distribución esté más extendida. Guiry & Guiry (2014) presentan registros en Inglaterra, Alemania, Portugal, Rumania, España, Brasil y Nueva Zelanda. Su presencia fue observada de manera muy frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los Canales de Xochimilco y la Laguna de los Reyes Aztecas, Distrito Federal.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

***Desmodesmus spinulatus* (Biswas) Hegewald 2000**

(Figura 64)

Sinonimia: *Scenedesmus spinulatus* Biswas 1934

Scenedesmus polydenticulatus Hortobágyi 1969

Cenobios con células de contorno elipsoidal y alternadas entre sí. La pared celular presenta una fina granulación uniforme. En las células externas, cada polo presenta cuatro espinas cortas y los márgenes externos pueden ser lisos o presentar dos, tres o varios dentículos pequeños. En las células internas, los polos también presentan de tres a cuatro espinas cortas. Longitud y anchura de las células: 10.6 – 12.5 x 3.3 – 4.6 µm.

De acuerdo con Hegewald (2000), se le atribuyen nueve sinonimias a esta especie, sin embargo, los ejemplares encontrados presentan una morfología que concuerda únicamente con la de *Scenedesmus polydenticulatus* Hortobágyi 1969 descrita para Hungría, mas que a la forma nominal, *Scenedesmus spinulatus* Biswas 1934, descrita para India. Para ésta última, Biswas describe cenobios con células de grosor más estrecho y una pared con espinas más engrosadas. Guiry & Guiry (2014) no presentan registro para la especie. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en algunos estanques poco profundos de Veracruz.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-49, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-76, DFXo-83.

***Pectinodesmus* (Meyen) Hegewald, Wolf, Keller, Friedl & Krienitz**

***Pectinodesmus pectinatus* (Meyen) Hegewald, Wolf, Keller, Friedl & Krienitz
(2010) (Figura 65)**

Sinonimia: *Scenedesmus dimorphus* (Turpin) Kützing 1833

Scenedesmus pectinatus Meyen 1829

Scenedesmus obliquus var. *dimorphus* (Turpin) Hansgirg 1888

Acutodesmus pectinatus (Hegewald) Tsarenko 2001

Cenobios de cuatro u ocho células alternadas entre sí. La forma celular es fusiforme romboidal; las células externas están arqueadas y las internas son rectas. Los polos celulares son agudos a cónicos. Hay un cloroplasto parietal con un pirenoide por célula. Longitud y anchura de las células: 14.5 – 25.0 x 2.6 – 6.6 µm.

Según Komárek y Fott (1983), ésta es una especie de amplia distribución, común en el plancton donde hay plantas acuáticas. Guiry & Guiry (2014) presentan registros en Alemania y España, además, existe un reporte en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en Lago de Chapala, Michoacán; en los Canales de Xochimilco, Distrito Federal; así como en los estados de Tabasco, Morelos, Veracruz y el Estado de México.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-65, DFXo-66, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

***Verrucodesmus* Hegewald 2013**

***Verrucodesmus verrucosus* (Roll) Hegewald 2013 (Figura 66)**

Sinonimia: *Scenedesmus verrucosus* Roll 1925

Cenobios formados por cuatro u ocho células. En los cenobios de ocho células, hay dos células externas y seis células internas acomodadas en dos hileras de tres. El contorno celular es oval y los polos celulares son redondos. Hay varias verrugas muy pequeñas sobre la superficie celular. Existe un cloroplasto parietal con un pirenoide por célula. Longitud y anchura de las células: 5.5 – 6.6 x 4.0 – 4.8 µm.

Según Komárek y Fott (1983), probablemente, ésta es una especie de amplia distribución. Guiry & Guiry (2014) presentan registros en varias partes de Europa, incluso en el Mar Báltico, así como en Brasil, Singapur y Australia. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en estanques poco profundos de Veracruz.

Referencias de Herbario: DFXo-39, DFXo-40, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-76, DFXo-84, DFXo-85.

Familia Selenastraceae

***Monoraphidium* Komárkova-Legnerová**

***Monoraphidium arcuatum* (Korshikov) Hindák 1970 (Figura 67)**

Células individuales, fusiformes, elongadas y arqueadas con extremos aciculares. Toda la célula está extendida sobre un solo plano. Hay un cloroplasto parietal sin pirenoide que abarca casi todo el lumen celular excepto los polos hialinos. Distancia entre los polos celulares: 9.2 – 45.5 μm . Anchura de las células: 1.0 – 2.0 μm .

Komárek y Fott (1983) mencionan que la especie es de amplia distribución, pero sin ser muy abundante. Su presencia ha sido reportada en Egipto, Inglaterra, Cuba, Rusia y República Checa. Guiry & Guiry (2014) presentan registros en varias partes de Europa, incluso en el Mar Báltico, así como en Brasil y Taiwán. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los Canales de Xochimilco, Distrito Federal; así como en los estados de Tlaxacala, Hidalgo, Veracruz, Colima y Morelos.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-49, DFXo-57, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-76.

***Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová 1969 (Figura 68)**

Células individuales, fusiformes, delgadas y sigmoidales o en forma de media luna con polos aciculares. Hay un cloroplasto parietal sin pirenoide por célula, a veces,

presenta una pequeña concavidad cerca del centro de la célula. Distancia entre los polos celulares: 8.0 – 26.4 μm . Anchura de las células: 0.7 – 1.3 μm .

Komárek y Fott (1983) consideran que la especie es de amplia distribución, muy frecuente en aguas ligera a fuertemente eutróficas. Guiry & Guiry (2014) dan registros en varias partes de Europa, incluidos el Mar Negro y el Mar Báltico, así como en Estados Unidos, Cuba, Brasil y Nueva Zelanda. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo; en estanques poco profundos de Veracruz; los canales de Xochimilco y la Laguna de los Reyes Aztecas, Distrito Federal; entre otros sitios.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-76, DFXo-84, DFXo-85.

***Monoraphidium griffithii* (Berkeley) Komàrková-Legnerová 1969 (Figura 69)**

Células individuales, fusiformes, delgadas y rectas con polos celulares aciculares, alargados y hialinos. En cada célula, hay un cloroplasto parietal sin pirenoide. Longitud y anchura de las células: 68.8 – 85.5 x 1.3 – 2.1 μm .

Komárek y Fott (1983) consideran que la especie es de amplia distribución, muy común en aguas mesotróficas a eutróficas. Guiry & Guiry (2014) dan registros en Lituania, Rumania, Estados Unidos, Irán, Nepal, China, Australia y Nueva Zelanda. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en las Lagunas de Zempoala, Morelos; los Canales de Xochimilco, Distrito Federal; la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo; entre otros sitios.

Referencias de Herbario: DFXo-66, DFXo-67, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-101, DFXo-102, DFXo-103, DFXo-111.

***Monoraphidium irregulare* (Smith) Komárková-Legnerová 1969 (Figura 70)**

Células individuales, alargadas, helicoidales o planas con polos celulares aciculares. Hay un cloroplasto parietal sin pirenoide por célula. Distancia entre los polos celulares: 17.0 – 33.0 x 0.7 – 1.5 µm.

Komárek y Fott (1983) mencionan que la especie es de amplia distribución, muy frecuente en aguas ligera a fuertemente eutróficas. Guiry & Guiry (2014) dan registros en Inglaterra, España, Rumania, Alemania, Lituania, Estados Unidos, Brasil y Nueva Zelandia; además, hay un registro en el Mar Negro. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en los Canales de Xochimilco, así como en el Estado de Tabasco.

Referencias de Herbario: DFXo-40, DFXo-57, DFXo-76.

Género *Gregiochloris* Marvan, Komárek & Comas

***Gregiochloris lacustris* (Chodat) Marvan, Komárek & Comas 1984 (Figura 71)**

Células fusiformes dispuestas en colonias de dos, cuatro u ocho células siempre rodeadas por una vaina mucilaginosa común. Hay un cloroplasto parietal con uno o dos pirenoides por célula. Longitud y anchura de las células: 5.3 – 7.5 x 2.0 – 2.7 µm.

De acuerdo con Komárek y Fott (1983), la especie ha sido reportada en aguas limpias de Estados Unidos, Dinamarca y Suiza. Guiry & Guiry (2014) dan registros en Rumania, España, Estados Unidos y Nueva Zelanda. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en las Lagunas de Zempoala, Morelos y en los Canales de Xochimilco, Distrito Federal.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo- 39, DFXo-40.

División Cryptophyta

Clase Cryptophyceae

Orden Cryptomonadales

Familia Cryptomonadaceae

Género *Cryptomonas* Ehrenberg

Cryptomonas curvata Ehrenberg 1831

(Figura 72 a-b)

Sinonimia: *Cryptomonas rostrata* Troitzkja 1922

Cryptomonas reflexa (Marsson) Skuja 1939

Cryptomonas rostrata Skuja 1948

Cryptomonas rostratiformis Skuja 1956

Campylomorfos. Células de contorno sigmoidal alargado, comprimidas lateralmente y ligeramente torcidas. El ápice presenta un rostro cónico bastante conspicuo que se proyecta más allá del límite vestibular y se curva hacia la región ventral. El ántapice es romo y también es bastante pronunciado, encorvándose hacia el lado dorsal. Longitud y anchura de las células: 33.0 – 35.7 x 12.0 – 15.0 μm .

Varias especies del género *Cryptomonas* fueron reclasificadas en el género *Campylomonas* Hill (1991) por diferencias ultraestructurales en la disposición de las placas del periplasto y en el arreglo del aparato flagelar. A nivel de microscopia de luz, se argumentó que las especies de *Campylomonas* presentaban un ántapice curvado hacia la región ventral, lo que daba a la células un contorno sigmoidal marcado (Krugens & Clay 2003). Sin embargo, Hoef-Emden & Melkonian (2003) con base en datos morfológicos y moleculares descubrieron que en realidad las especies del género *Cryptomonas* son dimórficas, por lo que redefinieron el género y nombraron las dos fases encontradas como “campylomorfo” y “cryptomorfo”. Desde el punto de vista morfológico, “el campylomorfo” presenta una forma sigmoidal debido a la curvatura del ántapice, mientras que “el cryptomorfo” presenta una forma ovoide. Aunque esta distinción es práctica y los campylomorfos entre diferentes especies pueden distinguirse por su morfología, no ocurre lo mismo con

los cryptomorfos. En este último caso, la única manera de identificar correctamente las especies es con técnicas moleculares.

De toda la variación descrita para esta especie, en los ejemplares de Xochimilco fueron observadas formas que concuerdan con la descripción de *Cryptomonas rostrata* Skuja 1948. Guiry & Guiry (2014) dan registros en Inglaterra, Alemania, Rumania, España, Estados Unidos, Canadá, Brasil y Polonia; además, existe un registro en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en la Presa de Guadalupe, Estado de México.

Referencias de Herbario: DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-75, DFXo-76, DFXo-83.

***Cryptomonas marssonii* Skuja 1948**

(Figura 73)

Sinonimia: *Cryptomonas hamosa* Schiller 1957

Cryptomonas perimpleta Schiller 1957

Campylomorfos. Células fusiformes, ligeramente sigmoides y comprimidas dorsoventralmente. El ápice presenta un pequeño rostro romo y una hendidura en la zona vestibular. El antápice es elongado, puntiagudo y curvado hacia el dorso. En el interior de la célula, hay varios gránulos de almidón dispuestos en los costados de la célula. Dimensiones: 14.0 – 19.1 x 7.3 – 8.6 μm .

Guiry & Guiry (2014) dan registros en Inglaterra, España, Alemania, Polonia, Rumania, Estados Unidos, Brasil, Sierra Leona e Israel. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en el Estado de México.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-47, DFXo-58, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-83, DFXo-84.

***Cryptomonas ovata* Ehrenberg (1838)**

(Figura 74 a-b)

Cryptomorfos. Células ovoides, aplanadas dorso-ventralmente y ligeramente sigmoides. El ápice presenta un rostro curvado hacia el vientre y una muesca en la zona vestibular, mientras que el ántapice es redondeado con una punta. En las laterales de la célula, hay varios gránulos de almidón. Dimensiones: 10.0 – 23.8 x 9.2 – 11.2 μm .

Guiry & Guiry (2014) dan registros en Inglaterra, Alemania, Rumania, Polonia, España, Canadá, Estados Unidos y Brasil; además, existe un registro en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, ha sido reportada en México en el Lago de Zirahuén, Michoacán; el Lago Tezozomoc, Distrito Federal; así como en la Laguna de Alchichica, Puebla.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-48, DFXo-49, DFXo-56, DFXo-57, DFXo-58, DFXo-65, DFXo-66, DFXo-67, DFXo-76, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

***Cryptomonas platyuris* Skuja (1948)**

(Figura 75)

Células de contorno elíptico, alargadas, lateralmente comprimidas y ligeramente torcidas. El ápice es redondeado y presenta una muesca en la región vestibular, mientras que al ántapice es muy amplio con forma de timón y elongado ligeramente hacia la región dorsal. En los costados de la célula, hay varios gránulos de almidón. Para esta especie no se han identificado ni los campylomorfos ni los cryptomorfos. Dimensiones: 15.2 – 21.8 x 7.3 – 9.2 μm

Guiry & Guiry (2014) dan registros en Inglaterra, Alemania, Rumania, Brasil, Estados Unidos y Japón; además, hay un registro en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, no había sido reportada en México.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-67, DFXo-83, DFXo-84, DFXo-85.

***Cryptomonas aff. pyrenoidifera* (Geitler) 1922**

(Figura 76)

Células ovoides y comprimidas dorsoventralmente. El ápice es redondeado y presenta una muesca en la región vestibular, mientras que el ántapice es más estrecho y ligeramente agudo. Hay dos pirenoides en la región media de la célula dispuestos uno frente al otro y en el mismo plano. Dimensiones: 10.0 – 11.2 x 6.0 – 7.3 μm .

Por el ántapice agudo, los ejemplares pertenecerían al campylomorfo de la especie, sin embargo, no se observó la flexión dorsal que caracteriza a esta forma. A pesar de que el ántapice se estrecha hacia su punta, no se elonga lo suficiente, por este motivo se decidió dejar la abreviación aff “a fin”.

Guiry & Guiry (2014) presentan registros en Inglaterra, España, Alemania, Rumania, Brasil, Estados Unidos y Australia; además, indican un reporte en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, no había sido reportada en México.

Referencias de Herbario: DFXo-39, DFXo-57, DFXo-65, DFXo-74, DFXo-84.

***Cryptomonas tetrapyrenoidosa* Skuja (1948)**

(Figura 77 a-b)

Cryptomorfos. Células de contorno oval, aplanadas dorso-ventralmente y con sus polos celulares redondeados. En vista ventral, el ápice presenta una muesca en la región vestibular. Hay cuatro pirenoides dispuestos en el mismo plano, dos anteriores y dos posteriores. Dimensiones: 13.5 – 15.0 x 7.7 – 8.5 μm .

Guiry & Guiry (2014) presentan registros en Inglaterra, Dinamarca, Alemania, Estados Unidos, Brasil y Japón. Su presencia fue observada de manera escasa en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, no había sido reportada en México.

Referencias de Herbario: DFXo-39, DFXo-40, DFXo-56, DFXo-58, DFXo-75.

Orden Pyrenomonadales

Familia Geminigeraceae

Género *Plagioselmis* Butcher ex Novarino, Lucas & Morral

***Plagioselmis nannoplanctica* (Skuja) Novarino, Lucas & Morral 1994**

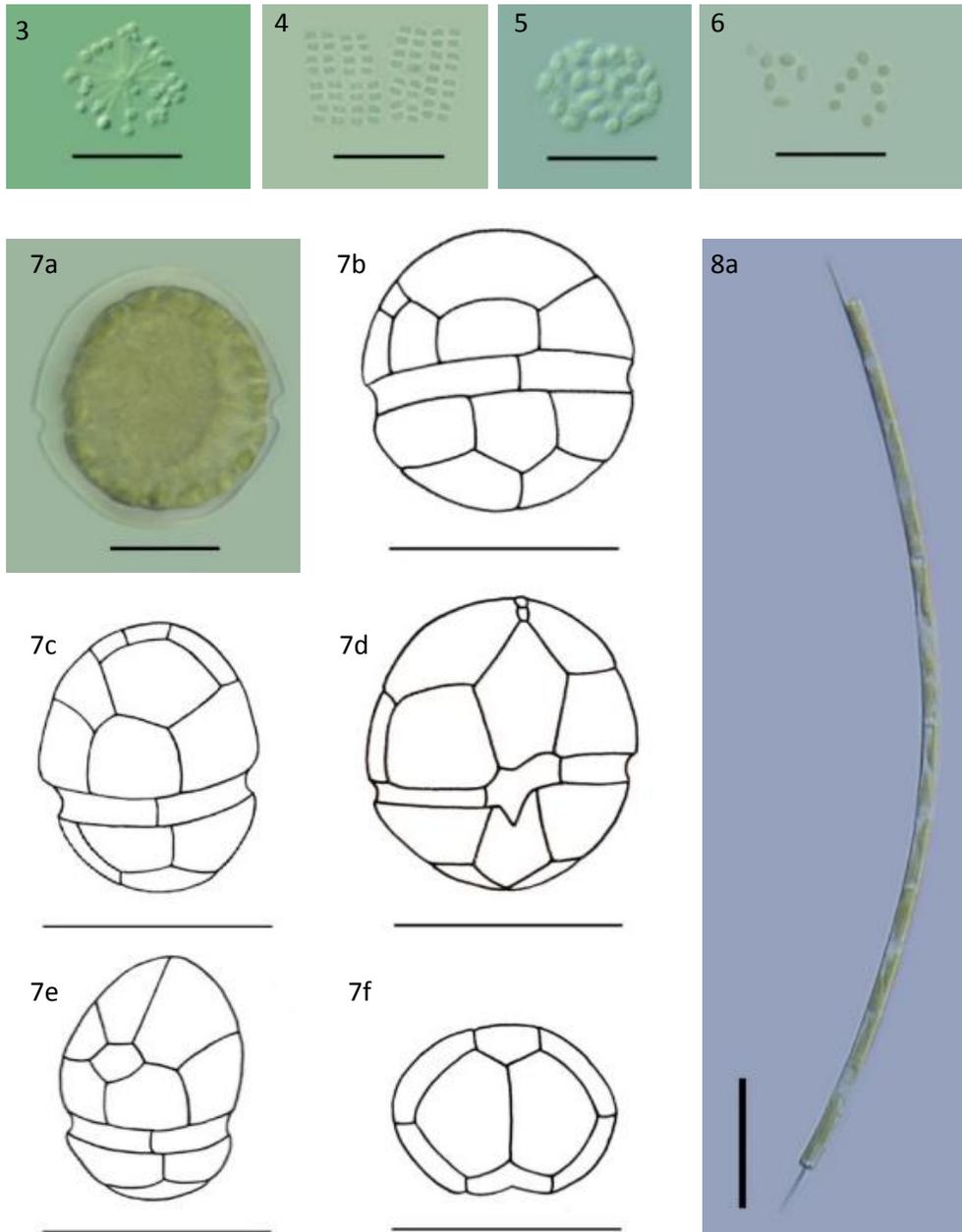
Sinonimia: *Rhodomonas minuta* var. *nannoplanctica* Skuja 1948 (Figura 78)

Células ovoides con el ápice bien redondeado y el ántapice con una cuada hialina, puntiaguda y curvada hacia la región dorsal. El cloroplasto presenta un conspicuo pirenoide central. Dimensiones: 4.6 – 7.3 x 3.3 – 5.3 µm.

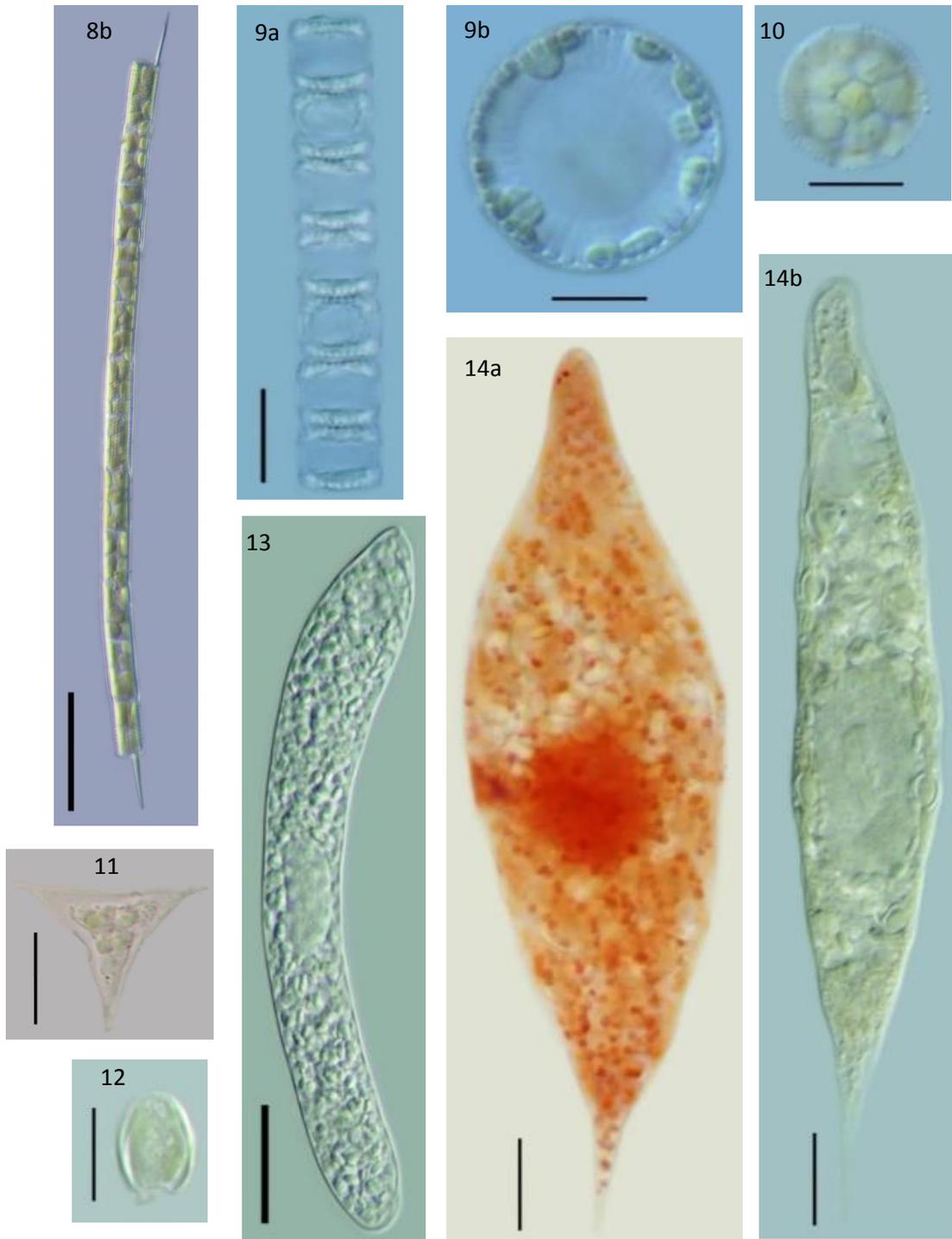
Guiry & Guiry (2014) presentan registros en Alemania, Inglaterra y España, además, hay reportes de la especie en el Mar Negro y en el Mar Báltico. Su presencia fue observada de manera poco frecuente en el Canal Japón. De acuerdo con la base de datos Taxfich, no había sido reportada en México.

Referencias de Herbario: DFXo-38, DFXo-39, DFXo-40, DFXo-47, DFXo-48, DFXo-57, DFXo-65, DFXo-67, DFXo-74, DFXo-83.

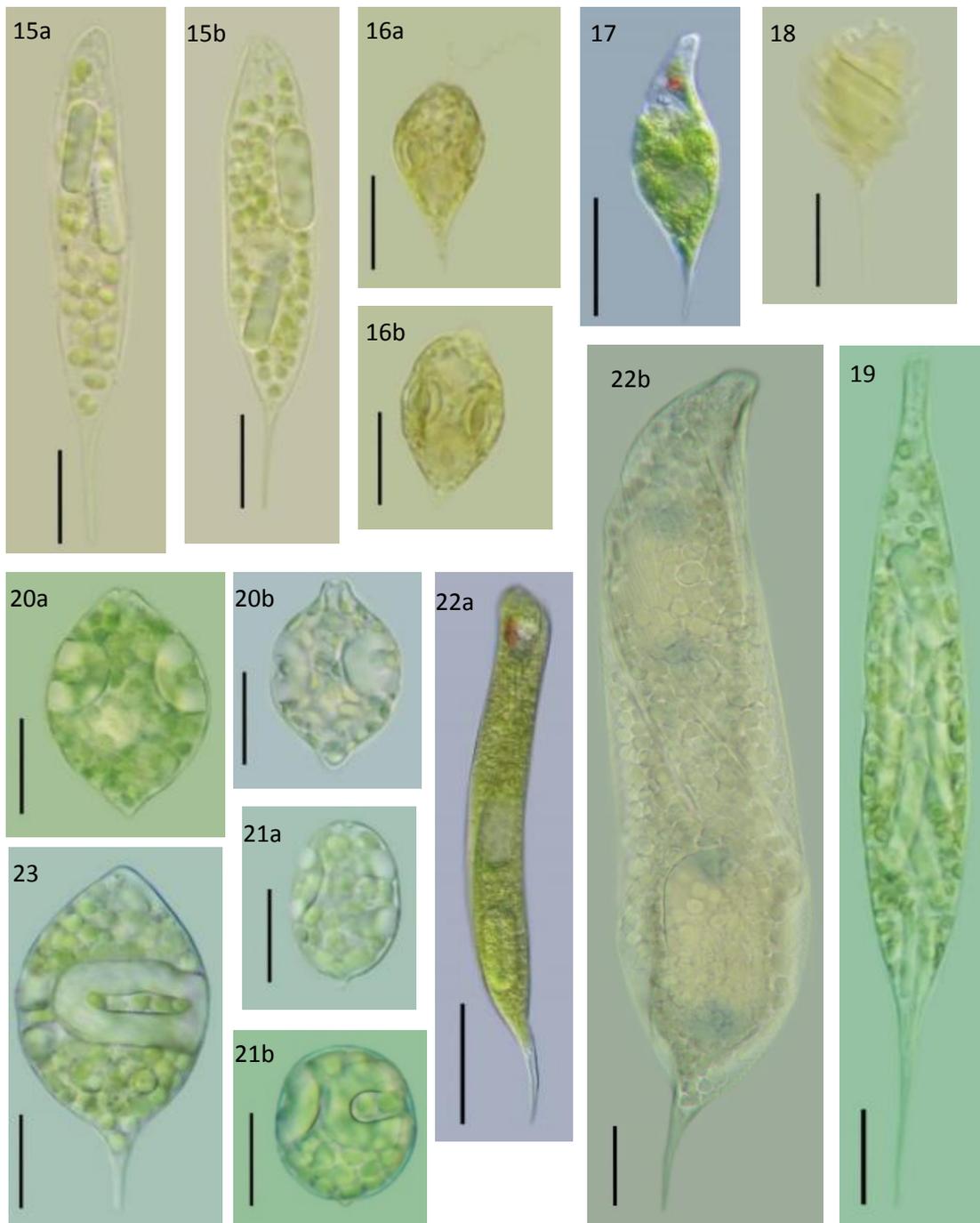
Microfotografías de las especies encontradas



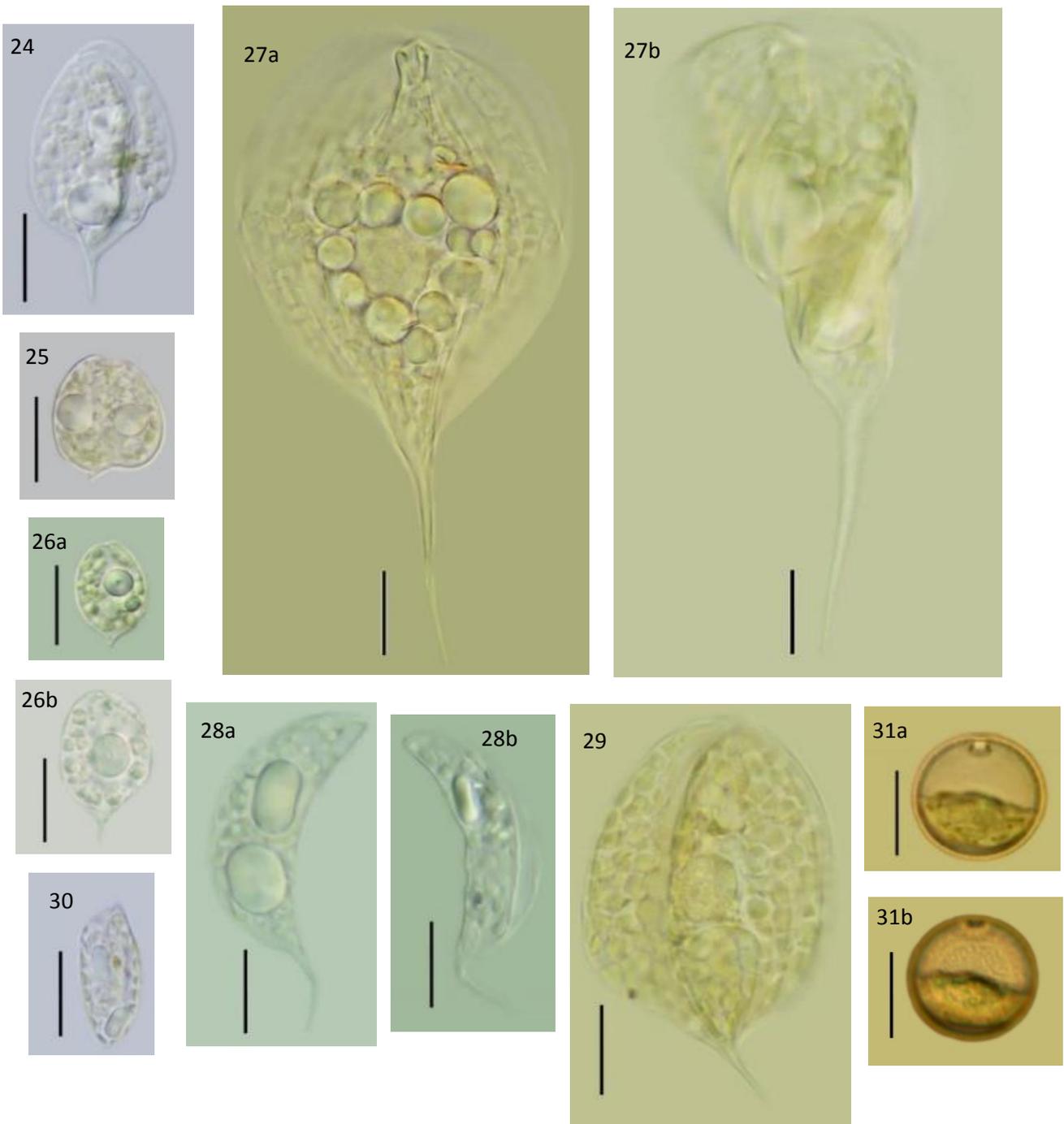
Figuras 3-8a. 3 – *Snowella septentrionalis*; 4 – *Merismopedia tenuissima*; 5 – *Aphanothece* cf. *saxicola*; 6 – *Cyanobium* sp.; 7a-f – *Durinskia baltica*, a) corte óptico en la mitad de la célula, b) vista dorsal, c) vista lateral izquierda, d) vista ventral, e) vista lateral derecha, f) vista inferior; 8a – *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*. Barra de 10 µm en figuras 3 – 7a. Barra de 20 µm en figuras 7b – 8a.



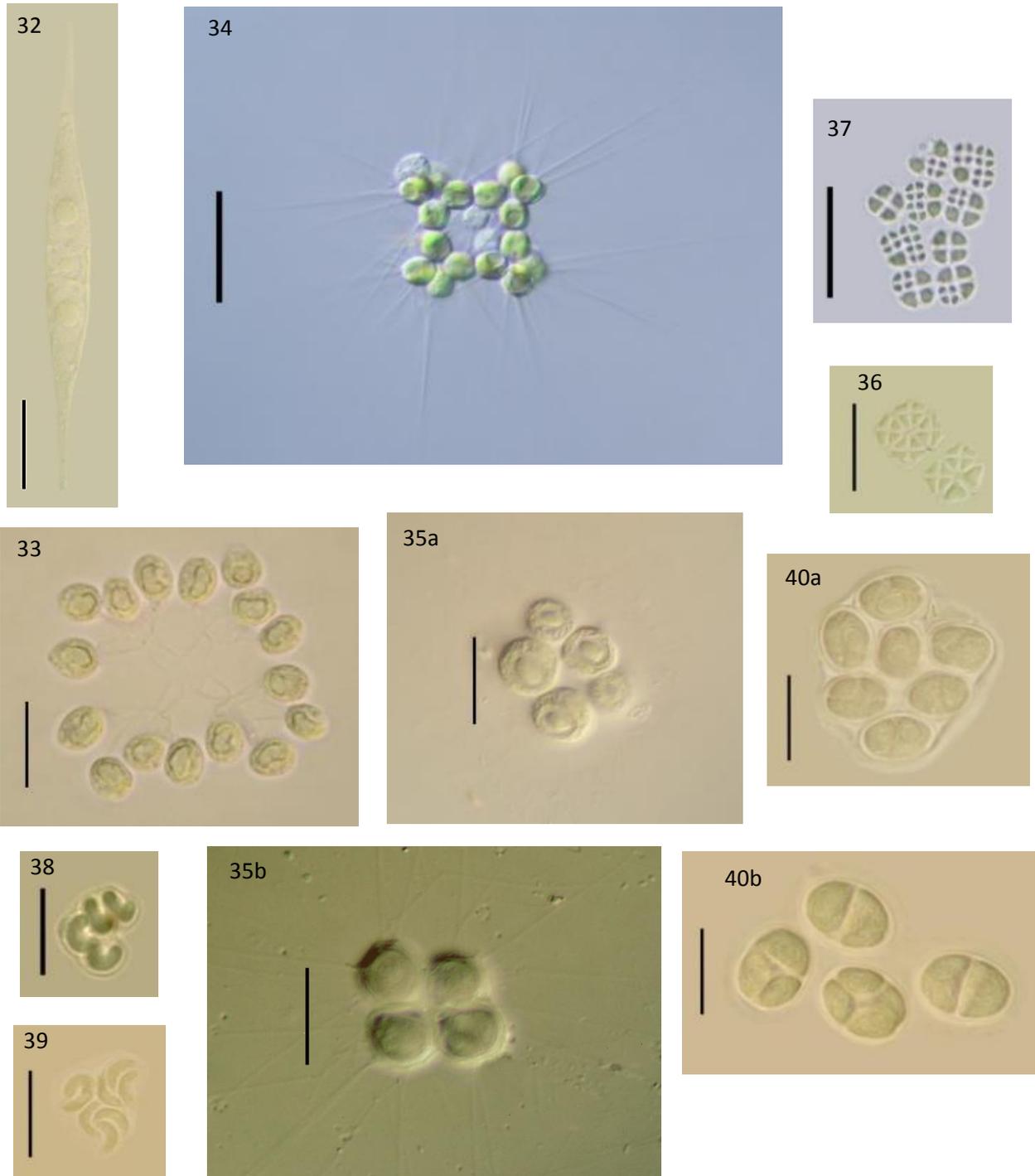
Figuras 8b-14. 8b – *Aulacoseira granulata* var. *granulata*; 9a-b – *Cyclotella meneghiniana*, a) forma pseudofilamentosa, b) forma unicelular; 10 – *Thalassiosira visurgis*; 11 – *Goniochloris fallax*; 12 – *Cryptoglena skujae*; 13 – *Euglena ehrenbergii*; 14a-b – *Euglena granulata*, a) célula teñida con rojo neutro, b) célula sin tinción. Barra de 10 μm , excepto en figuras 8b y 13 con barra de 20 μm .



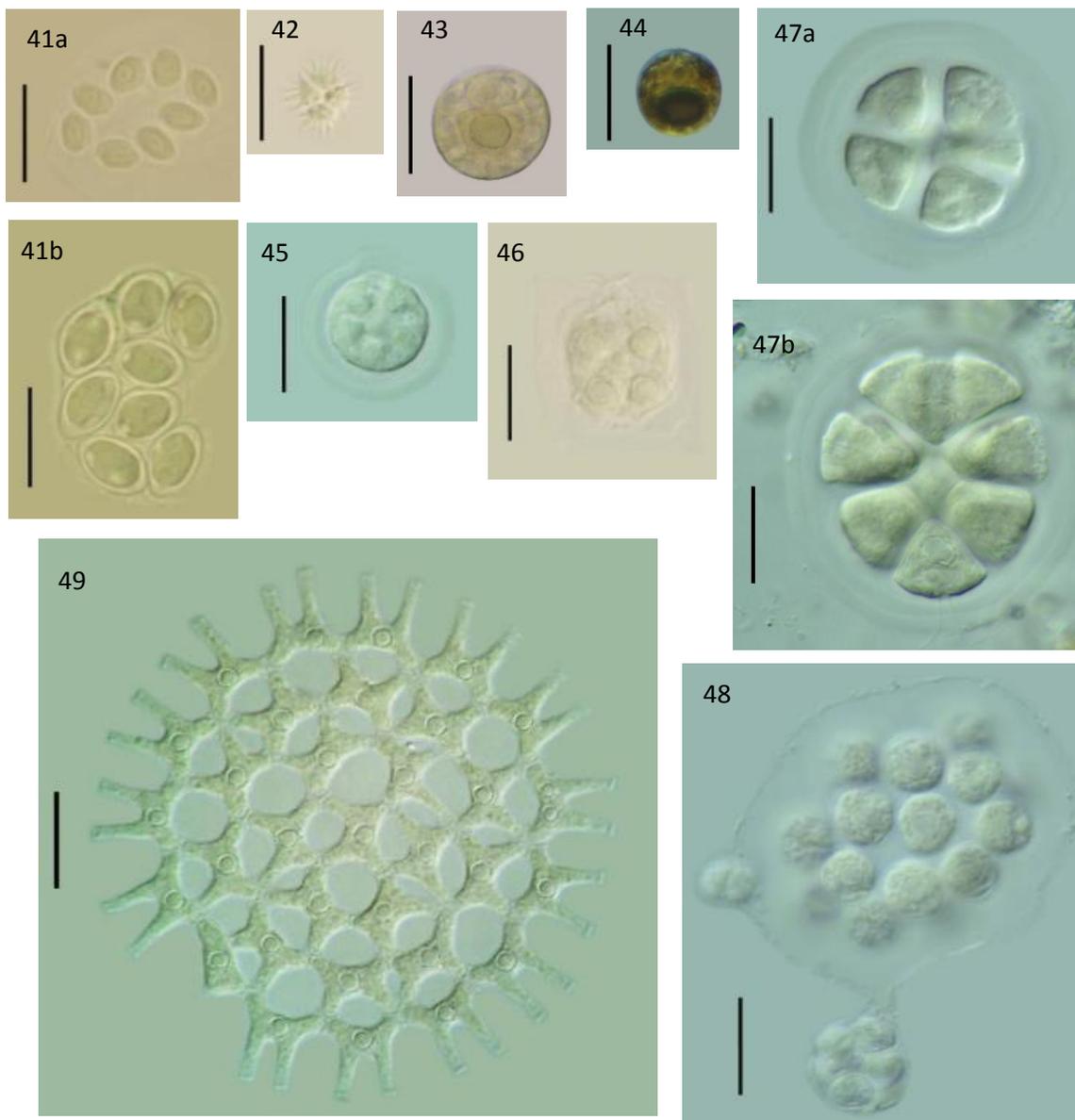
Figuras 15-23. 15a-b – *Euglena limnophila*; 16a-b – *Euglena pisciformis*; 17 – *Euglena* cf. *hemichromata*; 18 – *Monomorphina pyrum*; 19 – *Lepocinclis acus*; 20a-b – *Lepocinclis fusiformis*, a) f. *nominal*, b) var. *amphirhynchus*; 21a-b – *Lepocinclis globulus*, a) var. *deflandriana*, b) var. *globula*; 22a-b – *Lepocinclis oxyuris*; 23 – *Lepocinclis playfairiana*. Barra de 10 μ m, excepto en figuras 17 y 22a con barra de 20 μ m.



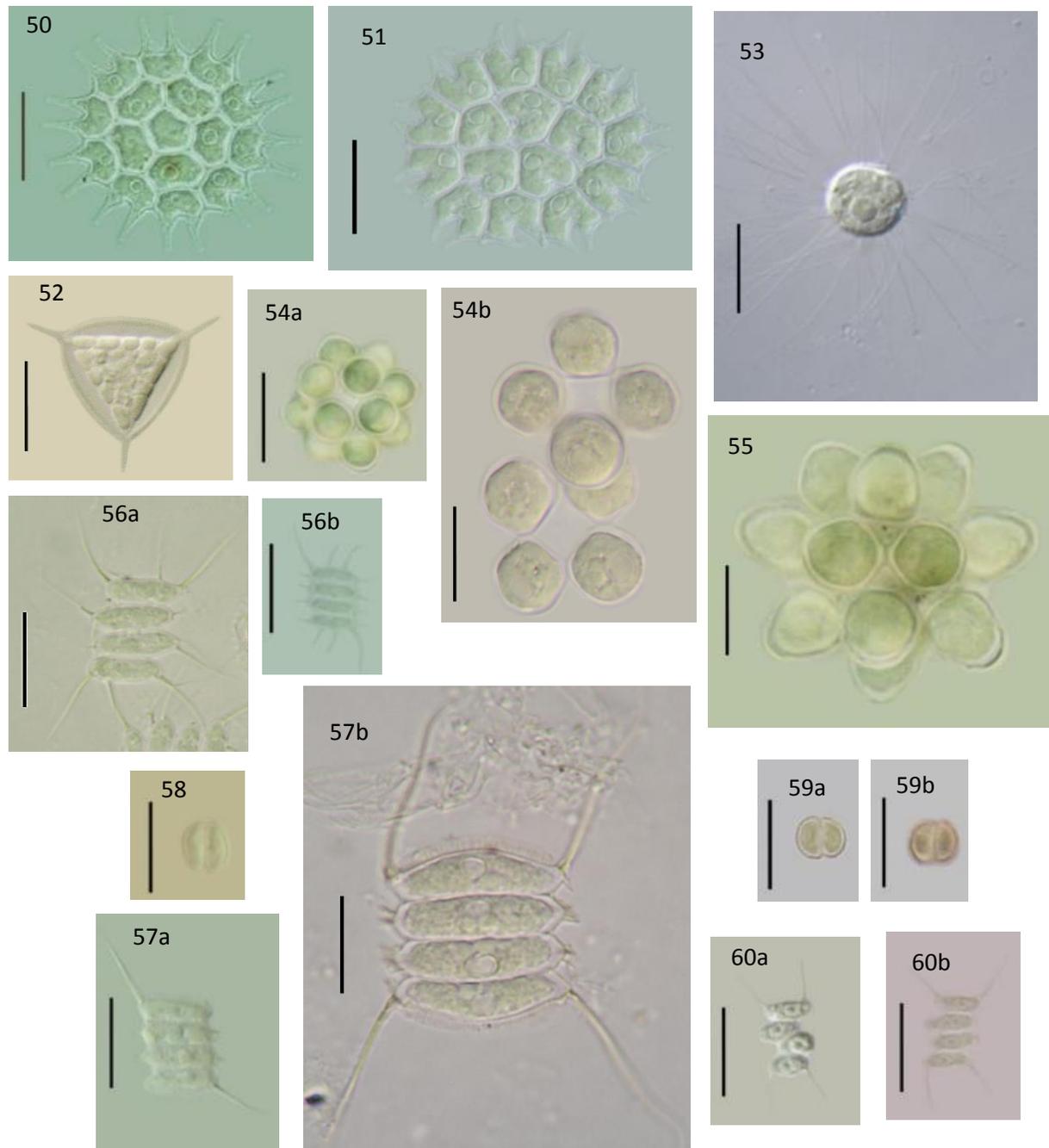
Figuras 24-30. 24 – *Phacus caudatus*; 25 – *Phacus curvicuada*; 26a-b – *Phacus musculus*; 27a-b – *Phacus tortus*; 28a-b – *Phacus trimarginatus*; 29 – *Phacus triqueter*; 30 – *Phacus wettsteinii*; 31a-b – *Trachelomonas volvocina*. Barra de 10 μm .



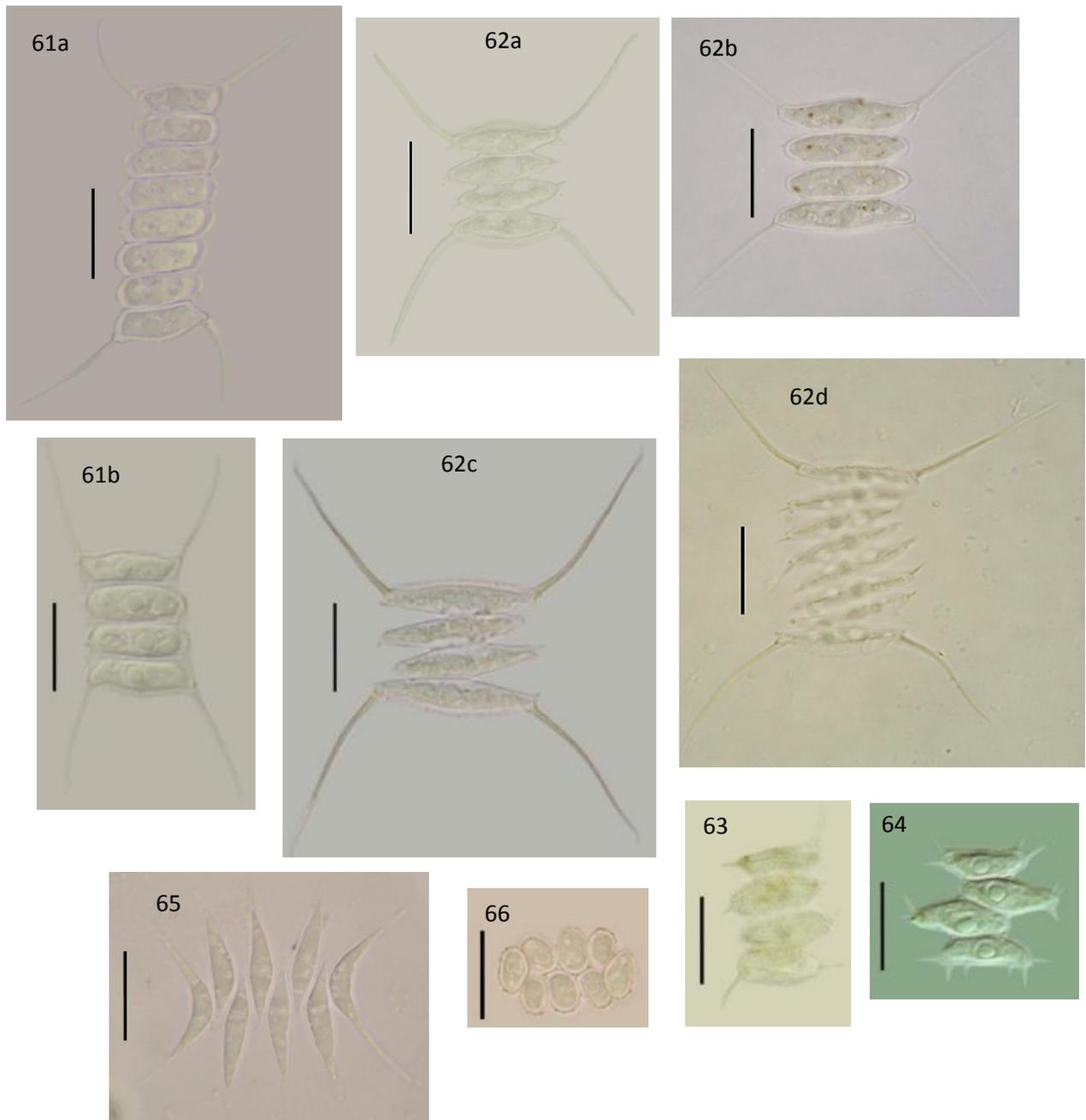
Figuras 32-40. 32 – *Closteriopsis acicularis*; 33 – *Hindakia tetrachotoma*; 34 – *Micractinium crassisetum*; 35 – *Micractinium pusillum*; 36 – *Lemmermannia tetrapedia*; 37 – *Lemmermannia triangularis*; 38 – *Nephrochlamys rostrata*; 39 – *Nephrochlamys willeana*; 40a-b – *Oocystis borgei*. Barra de 10 μm , excepto en figuras 34 y 37 con barra de 20 μm .



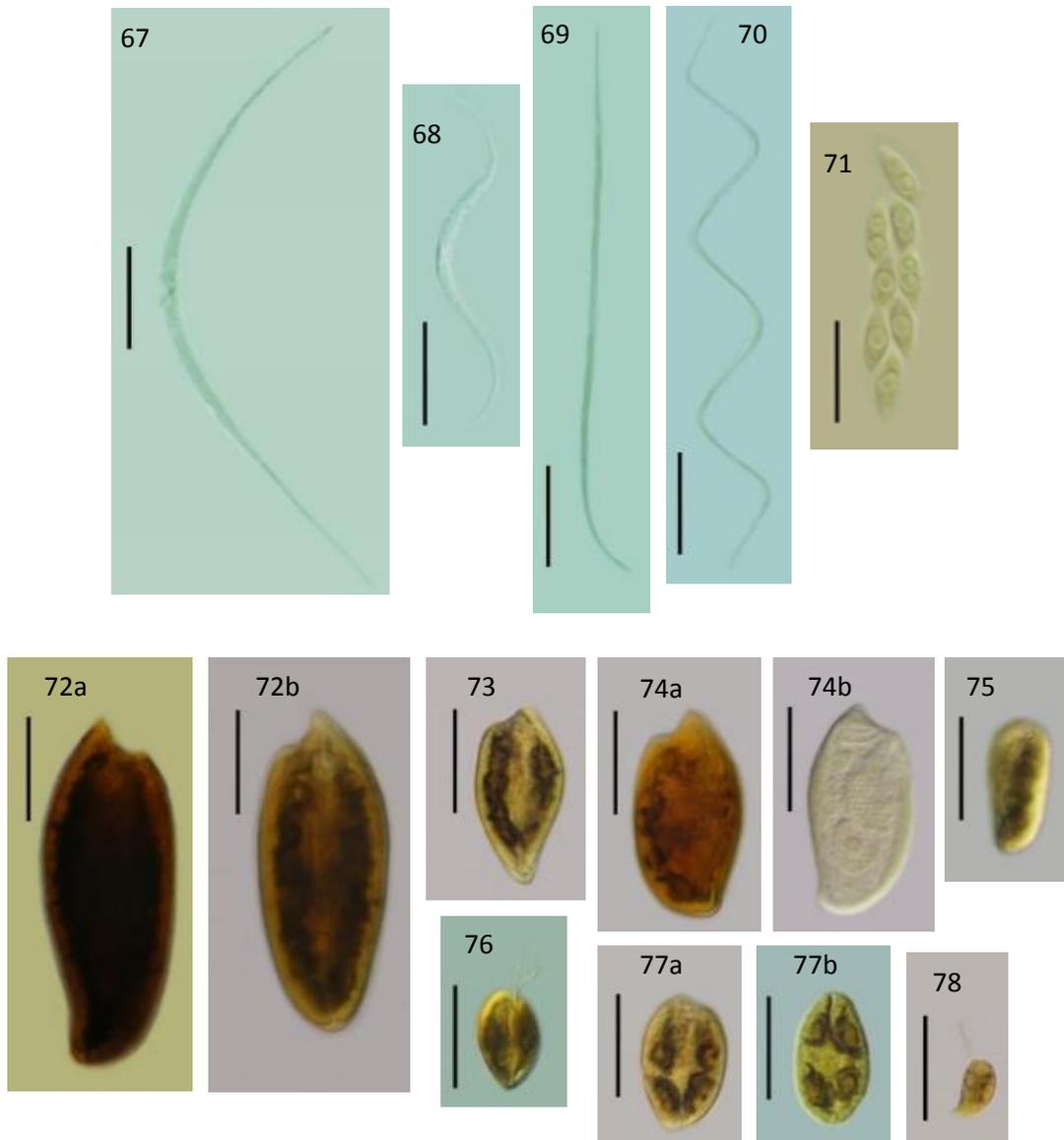
Figuras 42-59. 41a-b – *Oocystis* aff. *parva*; 42 – *Tetrastrum staurogeniiforme*; 43 – *Carteria radiosa*; 44 – *Chlamydomonas globosa*; 45 – *Dysmorphococcus* aff. *globosus*; 46 – *Pteromonas aculeata*; 47a-b – *Pandorina morum*; 48 – *Pleodorina* aff. *illinoisensis*, formación de una colonia hija; 49 – *Pediastrum duplex*. Barra de 10 μ m.



Figuras. 50-60. 50 – *Pseudopediastrum boryanum*; 51 – *Stauridium tetras*; 52 – *Tetraedron trigonum* var. *crassum*; 53 – *Golenkinia radiata*; 54a-b – *Coelastrum microporum*, a) f. *nominal*, b) var. *octaedricum*; 55 – *Coelastrum pseudomicroporum*; 56a-b *Desmodesmus abundans*, a) f. *semipervens*, b) f. *bicaudatus*; 57a-b – *Desmodesmus armatus*, a) var. *pseudoarmatus*, b) f. *pseudohelveticus*; 58 – *Desmodesmus bicellularis*; 59 – *Demodesmus costato – granulatus*; 60a-b – *Desmodesmus intermedius* a) f. *intermedius*, b) f. *sooi*. Barra de 10 μm .



Figuras 61-66. 61a-b – *Desmodium magnus*; 62a-d – *Desmodium opoliensis*, a) var. *carinatus*, b) var. *mononensis*, c,d) var. *opoliensis*; 63 – *Desmodium pannonicus*; 64 – *Desmodium spinulatus*; 65 – *Pectinodesmus pectinatus*; 66 – *Verrucodesmus verrucosus*. Barra de 10 μm .



Figuras 67-78. 67 – *Monoraphidium arcuatum*; 68 – *Monoraphidium contortum*; 69 – *Monoraphidium griffithii*; 70 – *Monoraphidium irregulare*; 71 – *Gregiochloris lacustris*; 72a-b – *Cryptomonas curvata*, a) vista lateral, b) vista dorsal; 73 – *Cryptomonas marssonii*, vista dorsal; 74a-b – *Cryptomonas ovata*, a) vista dorsolateral, b) vista lateral; 75 – *Cryptomonas platyuris*; 76 – *Cryptomonas* aff. *pyrenoidifera*; 77a-b – *Cryptomonas tetrapyrenoidosa*, a) vista dorsal, b) vista ventral; 78 – *Plagioselmis nannoplanctica*. Barra de 10 μ m.

En total, se documentaron 76 especies, 11 variedades y 8 formas en el período de agosto a octubre del 2008. La división con mayor riqueza fue Chlorophyta con 40 especies, 11 en la clase Trebouxiophyceae y 29 en la clase Chlorophyceae. El siguiente grupo con más especies fue la división Euglenophyta con 20 especies (Tabla 3). Las especies de Chlorophyta comprenden 52.7 % de las 76 especies encontradas; mientras que el grupo de Euglenophyceae representa el 26.3%. En conjunto, estos dos grupos abarcan casi el 80% del total de especies encontradas. Como géneros más abundantes destacan: *Lepocinclis*, *Euglena* y *Phacus* dentro de Euglenophyta; *Desmodesmus* y *Monoraphidium* en Chlorophyta y, finalmente, *Cryptomonas* en Cryptophyta (Tabla 3). Por otra parte, las divisiones con menor riqueza fueron Dinophyta con una sola especie y Heterokontophyta con cuatro especies. Sin embargo, las especies de estas últimas dos divisiones presentaron los porcentajes de presencia más altos en las muestras revisadas (Figura 79).

En general, el Canal Japón presentó pocas especies que tuvieron un porcentaje de presencia del 100 por ciento, tres especies en total; es decir, sólo estas especies fueron observadas en todas las preparaciones revisadas y, por lo tanto, aparecieron de manera constante. Por otra parte, muchas especies presentaron un porcentaje de presencia entre el 10 y el 30 por ciento, 31 especies en total; es decir, fueron observadas en pocas preparaciones, por lo tanto, aparecieron de manera escasa (Figura 79). Esto concuerda con el hecho que plantea la paradoja del fitoplancton de encontrar encontrar pocas especies numerosas y varias de ellas muy escasas. En el contexto de las categorías que se plantearon para representar la presencia-ausencia, los resultados se interpretan como el hecho de haber observado pocas especies manera “constante” o “muy frecuente” y muchas especies de manera “poco frecuente” y “escasa”.

De las 76 especies, las tres que se encontraron de manera constante fueron: un dinoflagelado, *Durinskia baltica*, y dos clorofitas, *Desmodesmus magnus* y *Desmodesmus opoliensis*. El siguiente grupo de especies que se encontró de manera muy frecuente fue el de las diatomeas centrales *Cyclotella meneghiniana* y

Thalassiosira visurgis junto con la clorofita *Desmodesmus pannonicus* y la xantofita *Goniochloris fallax* (Figura 79).

Tabla 3. Número total de especies encontradas por clase con su proporción porcentual. También se indican los géneros con más especies encontradas. Período de Agosto – Octubre 2008.

Clase	Total de especies	Proporción porcentual	Géneros con mayor riqueza de especies
Cyanophyceae	4	5.3	
Dinophyceae	1	1.3	
Coscinodiscophyceae	3	4.0	
Xantophyceae	1	1.3	
Euglenophyceae	20	25.3	<i>Euglena</i> , 5 especies <i>Lepocinclis</i> , 5 especies <i>Phacus</i> , 7 especies
Trebouxiophyceae	11	16	
Chlorophyceae	29	37.3	<i>Desmodesmus</i> , 9 especies <i>Monoraphidium</i> , 4 especies
Cryptophyceae	7	9.3	<i>Cryptomonas</i> , 6 especies
Totales	76	100	

Resultados de las variables ambientales

Los resultados obtenidos de la evaluación de nutrientes mostraron elevadas concentraciones de fósforo, nitrógeno y sílice cuyos órdenes de magnitud se mantuvieron en miligramos por litro durante todas fechas de recolecta. En general, las concentraciones de P_{tot} tendieron a ser mayores que las de NID, lo que se refleja en el bajo valor de la proporción NID/ P_{tot} (Tabla 4). Considerando que la proporción de Redfield establece que el fitoplancton requiere una relación estequiométrica de nitrógeno/fósforo de 16:1 y notando que dicha proporción en el agua del canal es menor, entonces, el nitrógeno podría estar actuando como nutriente limitante¹⁰ (Dodds 2002).

¹⁰ Esto con la precaución de que falta medir el nitrógeno orgánico, ya que la proporción de Redfield está establecida en términos de nitrógeno y fósforo totales, sin embargo, la afirmación sería muy probable, ya que

Por otra parte, al observar las elevadas concentraciones de P_{tot} durante las fechas de recolecta, se nota que el sistema se encuentra en estado de hipereutrofía¹¹ ya que la mínima concentración de P_{tot} para clasificar un sistema acuático como hipereutrófico es 0.1 mg L^{-1} (Lampert & Sommer 2007) y se observa que las concentraciones de este nutrimento estuvieron siempre por encima de dicho valor (Tabla 4). De forma complementaria, las concentraciones quincenales de NID también respaldan el estado de hipereutrofía, dado que la mínima concentración de NID para considerar a un cuerpo acuático en esta categoría es de 1.2 mg L^{-1} (Waddell *et al.* 1985). Los datos originales y los valores de las formas de nitrogenadas (nitrato, nitrito y amonio) se presentan en el Anexo, así como los puntos de recolecta georeferenciados.

Tabla 4. Promedios quincenales y desviación estándar de las concentraciones de nutrimentos durante el período de lluvias agosto-octubre 2008: fósforo total (P_{tot}), nitrógeno inorgánico disuelto (NID) y sílice (SiO_2).

Fecha	[P_{tot}] mg L^{-1}	[NID] mg L^{-1}	NID/ P_{tot}	[SiO_2] mg L^{-1}
Agosto 11	0.91	1.0	1.15	31.8
Agosto 25	2.52	2.4	0.95	31.5
Septiembre 8	7.01	2.3	0.33	35.6
Septiembre 22	5.57	1.9	0.35	37.6
Octubre 6	7.54	2.5	0.34	47.3
Octubre 20	16.09	4.1	0.26	47.6
Promedio	6.61	2.4	0.56	38.56
Desviación estándar	5.32	1.01	0.39	7.27

Los bajos valores que presentó la transparencia de Secchi (Z_s) indican que las aguas del Canal Japón presentaron un alto grado de turbiedad ya que dichas mediciones no superan los 50 cm de profundidad¹². En este sentido, también se

los organismos fitoplanctónicos tienen mayor afinidad por las formas inorgánicas del nitrógeno que por las orgánicas (Dodds 2002).

¹¹ De acuerdo con Lampert & Sommer (2007), la clasificación del estado trófico de un ecosistema acuático con base en la concentración de fósforo total (P_{tot}) es la siguiente: ultraoligotrófico $P_{tot} < 5 \mu\text{g L}^{-1}$; oligotrófico $P_{tot} 5\text{-}10 \mu\text{g L}^{-1}$; P_{tot} mesotrófico $10\text{-}30 \mu\text{g L}^{-1}$; eutrófico $P_{tot} 30\text{-}100 \mu\text{g L}^{-1}$; hipereutrófico $P_{tot} > 100 \mu\text{g L}^{-1}$.

¹² De acuerdo con Reynolds (2006), las mediciones de transparencia de Secchi (Z_s) son adecuadas para separar las aguas claras ($Z_s > 10 \text{ m}$) de las turbias ($Z_s < 3 \text{ m}$).

observó que los valores de K_d^{13} fueron altos, lo que indicó una rápida atenuación de la luz en la columna de agua (Tabla 5). La conductividad presentó mediciones entre 0.9 y 1.1 $mS\ cm^{-1}$, las cuales se consideran ligeramente elevadas para un cuerpo de agua continental¹⁴ (EPA 2014); esto indica una concentración relativamente elevada de sales inorgánicas disueltas en las aguas del canal. Respecto al pH, éste fluctuó en un rango básico de valores de 7.3 a 10.

Tabla 5. Promedios quincenales de temperatura, pH, conductividad eléctrica, concentración y porcentaje oxígeno disuelto, transparencia de Secchi (Z_s) y coeficiente de atenuación (K_d) durante el período de lluvias agosto – octubre 2008. El valor de K_d se obtuvo de acuerdo con la Ley de Lambert – Beer y tomando una irradiancia subacuática de 30 cm de profundidad.

Fecha	Temperatura	Conductividad					
	(°C)	pH	($mS\ cm^{-1}$)	[O_2] $mg\ L^{-1}$	% O_2	Z_s	$K_d\ (m^{-1})$
Agosto 11	21.7	8.2	1.05	4.4	-	0.37	8.79
Agosto 25	20.8	7.8	0.95	4.4	50.7	0.42	5.85
Septiembre 8	18.1	7.3	0.93	5.2	55.7	0.41	7.11
Septiembre 22	18.6	9.5	0.85	5.1	55.3	0.48	5.28
Octubre 6	19.2	10.0	0.99	5.1	57.0	0.46	6.93
Octubre 20	15.7	9.4	1.00	5.6	57.6	0.52	6.86
Promedio	19.01	8.7	0.96	4.95	55.3	0.44	6.8
Desviación estándar	2.11	1.07	0.07	0.49	2.44	0.05	1.21

Discusión

Durante el período de lluvias de agosto-octubre del 2008 se encontró una asociación de algas fitoplanctónicas compuesta por 76 especies, siendo 11 especies y 4 variedades nuevos registros para México de acuerdo con la base de datos Taxfich. Estos taxones son: cinco euglénidos, *Lepocinclis globulus* con dos variedades *globula* y *deflandriana*, *Lepocinclis playfairiana*, *Phacus musculus* y *Phacus trimarginatus*; cinco clorofitas, *Carteria radiosa*, *Dysmorphococcus aff. globosus*, *Tetraedron trigonum var. crassum*, *Desmodesmus armatus var. pseudoarmatus*,

¹³ K_d es la notación empleada para designar el coeficiente de atenuación vertical de la luz, éste es una medición de qué tan rápido es atenuada la luz en la columna de agua debido a la absorción y dispersión.

¹⁴ De acuerdo con la USEPA (2014), en las aguas continentales se toma un rango de conductividad de 0.15 a 0.5 $mS\ cm^{-1}$ para considerar a un cuerpo de agua en buenas condiciones.

Desmodesmus costato – granulatus; así como cinco cryptomonas *Cryptomonas platyuris*, *Cryptomonas aff. pyrenoidifera*, *Cryptomonas tetrapyrenoidosa* y *Plagioselmis nannoplanctica*.

De la gran cantidad de especies encontradas sólo tres se presentaron de manera constante: *Durinskia baltica*, *Desmodesmus magnus* y *Desmodesmus opoliensis* con dos variedades *mononensis* y *opoliensis*. De éstas, *Durinskia baltica* fue la especie que se observó más conspicuamente en las revisiones a través del microscopio, por lo que el color de las células de esta especie es la causante de la coloración parda en el canal. La presencia constante de esta especie en el Canal Japón podría estar relacionada con las altas concentraciones de P_{tot} que predominan sobre las de NID. Al respecto, se ha observado que los dinoflagelados tienden a ser elementos característicos y dominantes del fitoplancton en cuerpos dulceacuícolas donde las concentraciones de fósforo son mayores que las formas nitrógeno inorgánico amonio, nitrato y nitrito (Carty 2003; Pollinger 1998; Wu & Chou 1998). En particular, para esta localidad Lira (2012) encontró que tanto el fósforo como el nitrógeno y la temperatura son factores correlacionados significativamente con la densidad de *D. baltica*, éstas variables en conjunto explican 40% de la variación en las células del dinoflagelado.

Los géneros de clorofitas que presentaron mayor riqueza de especies fueron *Desmodesmus* y *Monoraphidium*. De éstos destaca el primero, ya que fue el género con mayor número de especies encontradas, nueve en total. Esto concuerda con los estudios que se han hecho en la zona de canales desde el siglo pasado, en los que siempre destaca Chlorophyta como el grupo con mayor riqueza y dentro de esta división, *Desmodesmus* siempre es un género muy bien representado. El porqué este género es tan diverso en la zona lacustre podría estar relacionado con las condiciones ambientales de los mismos canales, ya que *Desmodesmus* y *Monoraphidium* han sido caracterizados en sistemas acuáticos someros, altamente enriquecidos con fósforo y nitrógeno y que presentan movimientos pasivos de agua (Happley-Wood 1988; Reynolds *et al.* 2002; Tavera *et al.* 2000). En cierto grado, esto es congruente con la evaluación de los parámetros acuáticos en el Canal

Japón, cuya columna de agua no rebasa los 2 metros, se encuentra en estado de hipereutrofia y presenta un ligero flujo, principalmente en su tramo noroeste donde se conecta al Canal del Bordo. El trabajo de Tavera *et al.* (2000) describe este grupo de clorofitas cocoides en el Parque Ecológico de Xochimilco como un grupo bien representado, en total reportan 45 especies, varias de las cuales se comparten con el Canal Japón.

Los géneros de euglénidos con mayor riqueza encontrada, *Phacus*, *Lepocinclis* y *Euglena*, también han sido observados con frecuencia en los diferentes estudios que se han hecho en la zona lacustre, siendo el segundo grupo más encontrado en la zona después de las clorofitas. El porqué de la presencia de estas algas podría relacionarse con el hecho de que han sido un grupo muy bien caracterizado en cuerpos de agua someros y con alta concentración de materia orgánica (Reynolds *et al.* 2002, Rosowski 2003), situación generalizada que se ha descrito en la zona de canales de Xochimilco (Aranda 2004). Además, la presencia de especies de estos géneros también se ha asociado con aguas estancadas (Hubber-Pestalozzi 1955), condición que se observa en el extremo noreste del canal donde se ubica la cuenca lechera, ya que en este punto el cauce del agua carece de continuidad (hacia Av. Canal de Chalco).

Además de la condición hipereutrónica y somera del Canal Japón, los valores de transparencia de Secchi y del K_d indican una alta turbiedad y una rápida atenuación de la luz. Al respecto, resalta la presencia del género *Cryptomonas* con seis especies, dos de ellas observadas con porcentajes de presencia frecuente, *Cryptomonas ovata* y *Cryptomonas curvata*. Las especies dulceacuáticas de este género se han caracterizado ambientalmente como un grupo muy tolerante a la escasez de luz y también en ambientes someros (Reynolds *et al.* 2002); estas condiciones físicas concuerdan con lo registrado ambientalmente en el canal. En este mismo sentido, también cabe mencionar las pocas diatomeas observadas, pero que se encontraron con porcentajes de presencia muy frecuente, *Aulacoseira granulata*, *Cyclotella meneghiniana* y *Thalassiosira visurgis*, ya que también se han

reportado como especies muy tolerantes a la escasez de luz y en ambientes eutróficos (Krammer & Lange-Bertalot 1991, Reynolds *et al.* 2002).

Dadas las elevadas concentraciones de nutrientes encontradas y la alta turbiedad indicada por los valores Z_s , es de destacar la escasez de especies de cianobacterias mayores a 10 μm en el canal. Se esperaría que el grupo de cianobacterias fuese más notorio en el fitoplancton, aunque su presencia parece ser notable sólo en la fracción picoplanctónica con cuatro especies identificadas y sólo una de éstas, *Cyanobium* sp. se ha registrado de manera abundante para el canal (Tavera & Díez 2009). En este aspecto, el predominio de las concentraciones de P_{tot} sobre las de NID también podría desempeñar un papel esencial porque se ha planteado que el predominio de cianobacterias y también de clorofitas sobre las poblaciones de dinoflagelados ocurre cuando es la cantidad de nitrógeno la que predomina sobre la de fósforo (Pollinger 1998; Wo & Chu 1998). Como ejemplo de esta propuesta, Oliva *et al.* (2008) describieron la composición y dinámica para el Lago Tezozomoc D.F., el cual también se encuentra en estado de hipereutrofia, pero donde la proporción de NID es mayor que la de fósforo en la época de lluvias. En Tezozomoc, las especies que predominan en la asociación son justamente una especie de cianobacteria, *Merismopedia punctata* Meyen 1839 y tres clorofitas *Selenastrum minutum* (Nagëli) Collins 1907, *Chlamydomonas globosa* Snow 1902 y *Monoraphidium caribeum* Hindák 1970.

Por otra parte, el trabajo de López (2014) en el Canal del Bordo reporta una asociación de algas fitoplanctónicas diferente a la del Japón, en la cual son *Pseudopedyastrum boryanum*, *Scenedesmus accuminatus* (Lagerheim) Chodat 1902 y varias especies de *Desmodesmus* (*D. communis*, *D. subspicatus*, *D. pannonicus*, *D. opoliensis* var. *mononensis*) las que se encuentran de manera constante. Aunque el dinoflagelado *D. baltica* también está presente en la asociación del Bordo no se encuentra de manera constante. El porqué ocurre esto no está claro, ya que el Canal Japón es una continuación del Canal del Bordo y en ambos el P_{tot} tiende a estar en mayor concentración que el NID. Probablemente,

esto tenga que ver con el uso de suelo, en el Canal del Japón predominan actividades agropecuarias, mientras que en el Bordo predominan las turísticas.

Además de los resultados de este trabajo, los estudios de Tavera & Díez (2009) y Lira (2012) también reportan la presencia del grupo *Durinskia* – *Desmodesmus* en las aguas del canal durante diferentes épocas de los años 2007, 2010 y 2011. Considerando esto, hay evidencia en el largo plazo de que existe un grupo estacional del fitoplancton que es característico del Canal Japón. En el entendido de que un estado estacional se refiere a conjunto de especies que aparecen de manera continua en el mismo tiempo y espacio (Komárková & Tavera 2003). Este aspecto distintivo en el fitoplancton del Canal Japón sin duda está relacionado con las características ambientales de hipereutrofia, alta turbiedad y poca profundidad del canal; además, hay que destacar la condición semiestancada en el tramo noreste.

Conclusiones

- 1) En este trabajo se encontró una asociación fitoplanctónica compuesta por 76 especies en las aguas del Canal Japón, Xochimilco. Las divisiones con mayor riqueza fueron Chlorophyta y Euglenophyta.
- 2) De acuerdo con la base de datos Taxfich, 11 especies y 4 variedades son nuevos registros para México; de éstas, cinco son euglénidos, cinco clorofitas y cinco cryptomonas; destacan *Lepocinclis globulus* var. *globula* y *Desmodesmus costato-granulatus* dado que fueron observadas de manera frecuente.
- 2) De acuerdo con la evaluación de la concentración de nutrimentos, las especies de fitoplancton se encuentran en aguas hipereutróficas donde las concentraciones de P_{tot} tienden a ser mayores que las de NID. Además de presentar un pH básico y una conductividad eléctrica relativamente elevada.
- 3) Se propone al grupo formado por el dinoflagelado *Durinskia baltica* y las clorofitas, *Desmodesmus magnus*, *Desmodesmus opoliensis* var. *mononensis* y *Desmodesmus opoliensis* var. *opoliensis* como un estado estable del fitoplancton del Canal Japón. Este conjunto de especies es un reflejo de las características ambientales del canal al ser éste un lugar somero, semiestancado, hipereutrófico y turbio.

Perspectivas

Los resultados de este trabajo y su comparación con estudios previos en el mismo sitio aportan evidencia de que existe un conjunto de especies fitoplanctónicas formado por *D. baltica*, *D. magnus* y *D. opoliensis* que se ha mantenido estable en las aguas del canal en los años 2007, 2008, 2010 y 2011. Su presencia en un cuerpo somero, semiestancado, hipereutrófico y turbio como el Canal Japón es un indicador de tales condiciones. Sin embargo, para establecer con mayor solidez la funcionalidad de este grupo de especies en las aguas del canal hacen falta otros enfoques que permiten dilucidar cuáles son las características adaptativas que

permiten a estas especies establecerse en dichas aguas. Por ejemplo, estudios ecofisiológicos donde se compare el crecimiento de las especies y su afinidad por los diferentes de formas nitrógeno inorgánico y de fósforo, esto podría esclarecer si la baja proporción N/P es un factor importante que desencadene la prevalencia de la población del dinoflagelado sobre la de clorofitas. En este sentido también sería importante conocer cuáles son las variables ambientales que provocan la germinación de quistes de *D. baltica*.

En una escala espacial más amplia, también es importante identificar las diferencias en la composición fitoplanctónica a lo largo del sistema de lacustre que son provocadas por la heterogeneidad ambiental. Dado que dicha heterogeneidad es causada por las actividades humanas en la zona de canales, entonces, las características particulares del fitoplancton podrían emplearse, en un marco regulatorio más amplio, como bioindicadoras de la calidad de agua y de los factores que estén amenazando la integridad de los canales. En este contexto es prioritario esclarecer si la cercanía a la cuenca lechera es un factor significativo en la presencia de *D. baltica* en el Canal Japón.

Al mismo tiempo, también es prioritario contar con una colección de cultivos de las especies xochimilcas que provean de material biológico a otro tipo de estudios, por ejemplo, de corte ecofisiológico o filogenético. Igualmente, hay que incorporar herramientas moleculares en la identificación con base en marcadores especie-específicos a fin de contar con una caracterización más completa de las especies, principalmente, de aquellas que son morfológicamente complicadas de determinar. Sin duda, el grupo biológico en el que debería ponerse también énfasis es el de *Desmodesmus* y sus géneros a fines como *Verrucodesmus*, *Scenedesmus* y *Pectinodesmus*, ya que son grupos muy diversos en la zona y presentan una plasticidad fenotípica que no se ha descrito en otra parte del país.

Bibliografía

- Assessment, Millennium Ecosystem. 2005. MA Conceptual Framework. In: Hassan, R., Scholes, R. & Ash, N. (Eds.) *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Island Press. Washington, Covelo, London. pp. 26 – 36. Disponible en: <http://www.maweb.org/en/condition.aspx>. Último acceso junio de 2014.
- APHA (American Public Health Association). 1992. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18th ed. American Public Health Association, Washington, DC. 1454 p.
- Aranda Sánchez, M. 2004. *Ficha informativa del Sistema Lacustre Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco*. Ficha informativa de los Humedales Ramsar. 13 p. Disponible en: <http://ramsar.conanp.gob.mx/lsr.php>. Último acceso enero de 2014.
- Batzer, D.P. & Sharitz, R.R. 2006. Ecology of freshwater and estuarine wetlands: An Introduction. In: Batzer, D.P. & Sharitz, R.R. *Ecology of freshwater and Estuarine Wetlands*. University of California Press. Berkeley, California, U.S.A. pp. 1 – 6.
- Bock, C., Lou, W., Kusber, W.-H., Hegewald, E., Pazoutová, M. & Krienitz, L. 2013. Classification of Crucigenoid Algae: Phylogenetic position of the reinstated genus *Lemmermannia*, *Tetrastrum* spp., *Crucigenia tetrapedia*, and *C. lauterbornii* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta). *Journal of Phycology*. 49: 329 – 339.
- Carty, S. 2003. Dinoflagellates. In: Wehr, J. D. & Sheath, R. G. (Eds.) *Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification*. Academic Press, Elsevier Science. USA. pp. 685 – 714.
- Cervantes, M. 2007. Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. En: Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R. y Zambrano L. (Eds.) *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas*

- acuáticos en México*. Instituto Nacional de Ecología – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera edición. México, D.F. pp. 37 – 67.
- Ciugulea, I. & Triemer, R. E. 2010. *A color Atlas of photosynthetic Euglenoids*. Michigan State University Press/East Lansing. 204 p.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2002. *Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. CONAGUA, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas. México, D.F. 28 p. Disponible en la dirección electrónica: <http://www.conagua.gob.mx/disponibilidad.aspx?n1=3&n2=62&n3=112>. Último acceso junio de 2014.
- Confederación Hidrográfica del Ebro. 2005. *Metodología para establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolo de muestreo y análisis para fitoplancton*. Ministerio del Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Ebro. Comisaría de Aguas. Zaragoza, España. pp. 23 – 59. Disponible en la siguiente dirección electrónica: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones>. Último acceso junio de 2014.
- Contreras Ruiz Esparza, A. V. 2012. *Variabes bióticas y abióticas como indicadores de heterogeneidad en el Lago de Xochimilco, Distrito Federal*. Tesis de Maestría. Ciencias Biológicas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 64 p.
- Dodds, W. K. 2002. *Freshwater Ecology Concepts and Environmental Applications*. Academic Press. United States of America. pp. 313 – 334.
- De la Lanza Espino, G. 2000. Criterios generales para la elección de bioindicadores. En: De la Lanza Espino, G., Hernández Pulido, S. y Carbajal Pérez, J. L. (Comps.) *Organismos indicadores de la calidad del agua y contaminación (Bioindicadores)*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales,

- Comisión Nacional de Agua, Instituto de Biología UNAM, Plaza y Valdez S.A. de C.V. Primera edición. México. pp. 17 – 42.
- Ettl, H. 1978. Xanthophyceae. Teil 1. In: Ettl, H., Gerloff, J. und Heynig, H. (Eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 3. Gustav Fischer Verlag. 530 p.
- Ettl, H. 1983. Chlorophyta I, Phytomonadina. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, G.H. und Mollenhauer, D. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 9. Gustav Fischer Verlag. 807 p.
- Figuroa Torres, M. G., Santos Zafra, D. y Velasco González, A. A. 2008. *Ficoflora de Xochimilco, parte 1: Diatomeas y Clorofitas*. Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. 122 p.
- Figuroa Torres, M. G. y López Hernández, M. “Microalgas de los canales de Xochimilco”. *La Jornada Ecológica*. 28 mayo del 2012. En: Xochimilco de la chinampería sustentable al desastre ecológico. Número especial.
- Flores Granados, C. 1980. *Variaciones estacionales en la composición florística del fitoplancton de dos Canales de Xochimilco*. D. F., México. Tesis profesional, Biología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. 130 p.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal. 2006. *Acuerdo por el que se aprueba el Programa de Manejo del Área Natural Protegida con carácter de Zona de Conservación Ecológica “Ejidors de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”*. Décimo sexta época. Número 5. 164 p.
- Godjics, M. 1953. *The Genus Euglena*. Madison The University of Wisconsin Press. 268 p.
- González Barrera, A. 1991. *Contribución al estudio ficológico estacional de la Laguna de Thila y Canales Adyacentes, Xochimilco, México D. F.* Tesis profesional, Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 80 p.

- González González, J. y Novelo Maldonado, E. 1986. Técnicas especiales de recolección y preparación de ejemplares de grupos selectos de plantas: Algas. En: Lot, A. y Chiang, F. (Comps.) *Manual de Herbario: Administración y manejo de colecciones, técnicas y preparación de ejemplares botánicos*. Consejo Nacional de la Flora de México A.C. México. pp. 47 – 54.
- Guiry, M. D. & Guiry, G. M. 2014. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Hach. 1997. *DR/2010 Spectrophometer Procedures manual*. Loveland CO.
- Happey-Wood, C. M. 1988. Ecology of freshwater planktonic green algae. In: Sandgren, C.D. (Ed.) *Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge University Press. USA. pp. 175 – 226.
- Hegewald, E. 2000. New combinations in the genus *Desmodesmus* (Chlorophyceae, Scenedesmaceae). *Algological Studies*. 96: 1 – 18.
- Hegewald E. y Silva P. C. 1988. Annotated Catalogue of *Scenedesmus* and Nomenclaturally Related Genera, Including Original Descriptions and Figures. *Bibliotheca Phycologica*. J. Cramer. Stuttgart, Germany. 80: 1-587.
- Hindak, F. 1988. Studies on the Chlorococcal Algae (Chlorophyceae) IV. *Biologické Práce*. Veda, Publishing House of the Slovak Academy of Sciences. Bratislava, Eslovaquia. 263 p.
- Hindak, F. 1990. Studies on the Chlorococcal Algae (Chlorophyceae) V. *Biologické Práce*. Veda, Publishing House of the Slovak Academy of Sciences. Bratislava, Eslovaquia. 255 p.
- Hoef-Emden, K. & Melkonian, M. 2003. Revision of the genus *Cryptomonas* (Cryptophyceae): a combination of molecular phylogeny and morphology provides insights into a long-hidden dimorphism. *Protists* 154: 371 – 409.

- Huber-Pestalozzi, G. 1955. Euglenophyceen. In: Huber-Pestalozzi, G. (Ed.), *Das Phytoplankton des Süßwassers, Systematik und Biologie*. Teil 4. Stuttgart, E. Schweizerbartsche Verlangsbuchhandlung. 606 p.
- John, M. D. & Tsarenko, P. M. 2002. Order Chlorococcales. In: John, D. M., Whitton, B. A. & Brook, A. J. *The Freshwater Algal Flora of the British Isles*. Cambridge University Press, The Natural History Museum, The British Phycological Society. Cambridge, United Kingdom. pp. 327 – 409.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991a). Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H. Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, H. (Eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 2/3. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York. 576 p.
- Komárková, J. & Tavera, R. 2003. Steady state of phytoplankton assemblage in the tropical Lake Catemaco (Mexico). *Hidrobiologia*. 502: 187 – 196.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1999. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chlorococcales. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. 548 p.
- Komárek, J. & Fott B. 1983. Chlorococcales. In: Huber-Pestalozzi G. (Eds) *Das Phytoplankton des Süßwassers, Systematik und Biologie*. Band XVI, Teil 7, 1 Hälfte. E. Schweizerbart. Stuttgart, Deutschland. 1044 p.
- Kugrens, P. & Clay, B. C. 2003. Cryptomonads. In: Wehr, J. D. & Sheath, R. G. (Eds). *Freshwater Algae of North America Ecology and Classification*. Academic Press, Elsevier Science. USA. pp. 715 – 755.
- Lampert, W. & Sommer, U. 2007. Limnoecology: The ecology of Lakes and Streams. Oxford University Press. Second Edition. New York, USA. 324 p.
- Lira Hernández, B. I. 2012. *Caracterización biológica de Durinskia baltica (Dinophyceae: Perdiniales) en la zona lacustre de Xochimilco – Tláhuac y factores ambientales relacionados con su presencia*. Tesis de maestría,

Ciencias del Mar y Limnología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 111 p.

López Ríos, G. 1972. *Algunos aspectos biológicos de doce especies de protozoarios fitoflagelados del lago de Xochimilco, D.F.* Tesis profesional, Biología, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 36 p.

López Mendoza, Z. 2014. *La flora fitoplanctónica en el Canal del Bordo del Lago de Xochimilco, Distrito Federal.* Tesis profesional, Biología, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 87 p.

Marin, B., Palm, A., Klingberg, M. & Melkonian, M. 2003. Phylogeny and taxonomic revision of plastid-containing Euglenophytes based on SSU rDNA sequence comparisons and synapomorphic signatures in the SSU rDNA secondary structure. *Protist.* 154: 99 – 145.

Novelo, E. & Tavera, R. (2011). Un panorama gráfico de las algas de agua dulce en México. *Hidrobiológica.* 21 (3): 333 – 341.

Oliva Martínez, G. M., Rodríguez Rocha, A., Lugo Vázquez, A. y Sánchez Rodríguez, M. R. 2008. Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. *Hidrobiológica.* 18, suplemento 1: 1 – 13.

Ott, D. W. & Oldham Ott, C. K. 2003. Eustigmatophyte, Raphidophyte and Tribophyte Algae. In: Wehr, J. D. & Sheath, R. G. (Eds.) *Freshwater Algae of North America Ecology and Classification.* Academic Press, Elsevier Science. USA. pp. 423 – 469.

Orozco Martínez, C. L. 2011. *Abundancia, diversidad y taxonomía de la clase Bacillariophyceae en el Parque Ecológico de Xochimilco, México.* Tesis profesional, Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 97 p.

PAOT (Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F.) 2005. *Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Xochimilco.* México D.F.

154 p. Disponible en la siguiente dirección electrónica:
http://www.seduvi.df.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU_Gacetas/2005/PDDU_Xochimilco.pdf. Último acceso abril del 2014.

PAOT (Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F.) 2008. *Estudio sobre la Zona Chinampera y demás afectadas de las delegaciones Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta por la proliferación de asentamientos humanos irregulares en materia de afectaciones al medio ambiente y el ordenamiento territorial*. México, D.F. Disponible en la dirección:
<http://centro.paot.org.mx/index.php/publicaciones-paot/16-estudios-tecnicos?start=80>. Último acceso febrero del 2014.

Pochman, A. 1942. Synopsis der Gattung *Phacus*. *Archiv für Protistenkunde*. 95: 111 – 216.

Pollingher, U. 1988. Freshwater armored dinoflagellates: growth, reproduction strategies, and population dynamics. In: Sandgren, C.D. (Ed). *Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge University Press. USA. pp. 134 – 174.

Popovsky, J. & Pfiester, L. A. 1990. Dinophyceae (Dinoflagellida). In Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. y Mollenhauer, D. (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag Jena, Stugart. 272 p.

Reynolds, C.S. 2006. *The ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press. New York, USA. 535 p.

Reynolds, C.S., Huszar, V. L., Kruck, C., Naselli-Flores, L. & Mello, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*. 24: 417 – 428.

Reynoso Álvarez, A. L. 1986. *Estudio del fitoplancton del lago Xochimilco D.F.* Tesis profesional, Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 108 p.

- Roji García, A. P. & Roji García, J. P. 2007. *Guía Roji de la Ciudad de México*. Guía Roji S. A. de C. V. 75a. edición. México. 281 p.
- Rosowski, J. R. 2003. Photosynthetic Euglenoids. In: Wehr, J. D. & Sheath, R. G. (Eds). *Freswater Algae of North America Ecology and Classification*. Academic Press, Amsterdam. pp. 383 – 422.
- Sámano - Bishop, A & Sokoloff, D. 1931. La flora y fauna microscópicas de aguas dulces del Valle de México. *Monografías del Instituto de Biología*. 49 p.
- Sámano - Bishop, A. 1933. Algunas cianofíceas del Lago de Xochimilco. *Anales del Instituto de Biología*. IV: 29 – 31.
- Sámano - Bishop, A. 1940. Algas del Valle de México Parte II. *Anales del Instituto de Biología*. IX: 41 – 50.
- Sánchez, O. 2007. Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. En: Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R. y Zambrano L. (Eds.) *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Instituto Nacional de Ecología – Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera edición. México, D.F. pp. 11 – 36.
- SEMARNAT. 2010. Bitácora del Ordenamiento Ecológico Regional, Cuenca del Valle de México. Etapa de Diagnóstico. 301 p. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamiento-ecologico/bitacora-ambiental/bitacora-del-ordenamiento-ecologico-regional-cuenca>.
Último acceso enero del 2013.
- Skuja, H. 1948. Beitrag zur Algenflora Lettlands II. *Acta Horti Bot Univ Latv*. 11/12: 1 – 399.
- Stevenson, R. J. & Smol, J. P. 2003. Use of algae in environmental assessments. In: Wehr, J. D. & Sheath, R. G. (Eds). *Freswater Algae of North America Ecology and Classification*. Academic Press, Elsevier Science. USA. pp. 775 – 804.

- Tavera, R. & Díez, B. 2009. Multifaceted approach for the analysis of the phototropic microbial community in a freshwater recreational area of Xochimilco, México. *Hydrobiologia*. 636: 353 – 368.
- Tavera, R., Novelo, E. & Comas, A. 2000. Chlorococcalean algae (s.l.) from the Ecological Park of Xochimilco, México. *Archiv für Hydrobiologie; Suppl. Algological Studies* 100: 65 – 94.
- Tell, G. & Conforti, V. 1986. Euglenophyta pigmentadas de la Argentina. *Biblioteka Phycologica*. 75: 1 – 300.
- USEPA (United States Environmental Protections Agency). 2014. *Water: Monitoring & Assessment. Conductivity*. Disponible en la red en la página: <http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms59.cfm>. Último acceso junio del 2014.
- Valadez, F., Rosiles-González, G. & Carmona, J. 2010. Euglenophytes from Lake Chignahuapan, Mexico. *Cryptogamie Algologie* 31 (3): 305 – 319.
- Villegas Castañeda, D. E. 2011. *Monitoreo de clorofila a y parámetros fisicoquímicos en Xochimilco*. Reporte de investigación, Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 42 p.
- Waddell, K. M., Darby, D. W. & Theobald, S.M. 1985. Chemical and Physical Characteristics of Water and Sediments in Scofield Reservoir, Carbon County, Utah. *United States Geological Survey Water – Supply*. 2247: 1 – 36.
- Wu, J.-T. & Chou, J.-W. 1998. Dinoflagellate associations in Feitsu Reservoir, Taiwan. *Botanical Bulletin of Academia Sinica (Taipei)* 39: 137 – 145.
- Xolalpa Laurel, F. 2009. *Monitoreo quincenal de la clorofila a y parámetros físicoquímicos entre localidades de los canales de Xochimilco (El Bordo, La Virgen y el Japón). Periodo de 11 de agosto al 3 de noviembre 2008*. Reporte de investigación, Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 60 p.

Anexo. Parámetros acuáticos monitoreados de agosto – octubre 2008

Fecha	Muestra	Riqueza	[NO ₃ -N] mg L ⁻¹	[NH ₃ -N] mg L ⁻¹	[NO ₂ -N] mg L ⁻¹
Agosto 11 2008	Xo 38	65	0.8	0.07	0.073
	Xo 39	41	1.0	0.06	0.005
	Xo 40	72	1.0	0.05	0.071
Agosto 25 2008	Xo 47	36	2.2	0.27	0.149
	Xo 48	42	1.7	0.19	0.156
	Xo 49	51	2.2	0.21	0.140
Septiembre 8 2008	Xo 56	45	1.2	0.88	0.110
	Xo 57	54	1.2	1.02	0.107
	Xo 58	51	1.5	0.80	0.122
Septiembre 22 2008	Xo 65	32	1.2	0.66	0.081
	Xo 66	16	1.0	0.82	0.085
	Xo 67	41	0.9	0.96	0.085
Octubre 6 2008	Xo 74	32	3.0	0.42	0.004
	Xo 75	18	2.2	0.45	0.006
	Xo 76	61	1.2	0.36	0.006
Octubre 20 2008	Xo 83	32	3.6	1.00	0.122
	Xo 84	49	2.6	1.12	0.118
	Xo 85	40	2.7	1.04	0.112

	Muestra	[PO ₄ ³⁻] mg L ⁻¹	[SiO ₂] mg L ⁻¹	Secchi (m)	Temperatura (°C)
Agosto 11 2008	Xo 38	0.58	31.8	0.23	21.5
	Xo 39	0.68	30.9	0.50	21.7
	Xo 40	1.46	32.6	0.38	21.9
Agosto 25 2008	Xo 47	2.18	31.4	0.37	20.6
	Xo 48	2.62	33.1	0.42	20.8
	Xo 49	2.77	30.0	0.46	21.0
Septiembre 8 2008	Xo 56	7.82	36.8	0.45	18.0
	Xo 57	7.68	35.0	0.39	18.0
	Xo 58	5.52	35.0	0.40	18.2
Septiembre 22 2008	Xo 65	5.04	35.5	0.42	18.5
	Xo 66	5.96	39.8	0.48	18.5
	Xo 67	5.72	37.5	0.53	18.7
Octubre 6 2008	Xo 74	7.15	52.2	0.45	19.0
	Xo 75	8.13	43.8	0.49	18.6
	Xo 76	7.35	46.0	0.44	20.0
Octubre 20 2008	Xo 83	15.60	45.0	0.51	15.1
	Xo 84	17.76	43.8	0.52	16.1
	Xo 85	14.92	54.0	0.54	16.0

Fecha	Muestra	pH	Kd (m ⁻¹)	Conductividad (mS cm ⁻¹)	[O ₂] mg L ⁻¹
Agosto 11 2008	Xo 38	8.28	8.91	1.05	4.4
	Xo 39	8.29	8.08	1.05	4.3
	Xo 40	8.00	9.37	1.06	4.4
Agosto 25 2008	Xo 47	7.56	6.03	0.96	4.4
	Xo 48	7.92	5.58	0.95	4.3
	Xo 49	7.97	5.94	0.94	4.4
Septiembre 8 2008	Xo 56	7.30	7.06	0.92	5.0
	Xo 57	7.30	8.07	0.93	5.2
	Xo 58	7.30	6.19	0.94	5.4
Septiembre 22 2008	Xo 65	9.51	4.76	0.85	5.1
	Xo 66	9.41	5.41	0.86	5.1
	Xo 67	9.46	5.67	0.85	5.2
Octubre 6 2008	Xo 74	10.02	8.07	0.98	5.2
	Xo 75	9.79	6.49	0.97	5.0
	Xo 76	10.11	6.23	1.01	5.0
Octubre 20 2008	Xo 83	9.30	6.35	0.96	5.7
	Xo 84	9.50	8.15	1.04	5.9
	Xo 85	9.48	4.80	1.0	5.4

Fecha	Muestra	Latitud norte	Longitud oeste
Agosto 11 2008	Xo 38	19°16.882'	99°04.260'
	Xo 39	19°16.827'	99°04.285'
	Xo 40	19°16.762'	99°04.328'
Agosto 25 2008	Xo 47	19°16.762'	99°04.381'
	Xo 48	19°16.770'	99°04.399'
	Xo 49	19°16.780'	99°04.445'
Septiembre 8 2008	Xo 56	19°16.875'	99°04.643'
	Xo 57	19°16.893'	99°04.712'
	Xo 58	19°16.913'	99°04.764'
Septiembre 22 2008	Xo 65	19°16.897'	99°04.255'
	Xo 66	19°16.819'	99°04.292'
	Xo 67	19°16.737'	99°04.329'
Octubre 6 2008	Xo 74	19°16.904'	99°04.244'
	Xo 75	19°16.872'	99°04.262'
	Xo 76	19°16.803'	99°04.300'
Octubre 20	Xo 83	19°16.804'	99°04.301'
	Xo 84	19°16.746'	99°04.356'
	Xo 85	19°16.764'	99°04.402'