

27
rej



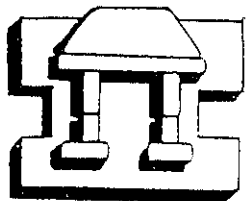
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS IZTACALA

ESTUDIO DEL GENERO *Scenedesmus* MAYEN 1829
EN ALGUNOS CUERPOS DE AGUA DEL ALTIPLANO
MEXICANO Y SU POSIBLE USO COMO INDICADOR
DE CALIDAD DE AGUA.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
VICTOR ALFONSO FLORES MERCHANT

DIRECTORA DE TESIS: DRA. GLORIA VILA CLARA FATJO.



IZTACALA LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEXICO

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

371143



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.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Gloria Vilaclara Fatjó por su apoyo y dirección en este trabajo, sin los cuales no hubiera sido posible la realización del mismo.

Al Dr. Víctor Rivera, a las Biólogas. Guadalupe Oliva, y Gloria Garduño, y al Biólogo. Mario M. Chávez, por sus críticas, comentarios y sugerencias que han mejorado la presentación de este trabajo.

A los Biólogos. Juan Bravo y Peter Müller M. Por su apoyo en los trabajos de traducción.

A los Biólogos Mario M Chávez y Alfonso Lugo por su gran ayuda en el proceso y análisis estadístico de datos.

A los integrantes del proyecto CyMA, por su apoyo y facilidades para la realización de esta tesis.

A los proyectos Ricardo J. Zevada 147/86 y CONACyT P220CCOR880369 por el apoyo económico que hizo posible los muestreos y –por lo tanto- dicho trabajo.

Y a todos los que, de alguna u otra manera, colaboraron en esta tarea.

DEDICATORIA

¡Al fin Caballero!

A mi Padre por estar siempre a mi lado.

A mi Madre por tu amor y fortaleza con los que cuento incondicionalmente.

A mis hermanos: Efigenia, Fidel, José y Aidee por su amor y ejemplo de trabajo y solidaridad.

A mis sobrinos: José Alfonso, Yuri, Erandy, Foncho, David y Bárbara, continuación del amor a mis hermanos.

A mis hijos: Mahetzin Xanat y Ehecatl Alfonso con todo mi amor y respeto.

A mis amigos que son muchos y son buenos. Hugo, Juan, Armando, Joel, Ricardo O., Ricardo Z., Martín, Lourdes C., Lourdes M., Mario M., David, Beto, Raul, Sergio, Luis, Toño, Jaime, Pepe T., José Carmen, Juan S., Rogelio, Eugenia, Mario C., Arnulfo, Mario M., Juventino

Y muy especialmente a **Citlali**, por su apoyo, comprensión, amor y muchas cosas más.

RESUMEN

El género *Scenedesmus* pertenece a la Cl. Chlorophyceae, Orden Chlorococcales, y se presenta en cenobios de 2, 4, 8 ó 16 células; debido a su gran polimorfismo, presenta cierta dificultad taxonómica. Por lo anterior y por su ubicuidad en algunos cuerpos de agua lénticos del altiplano mexicano se decidió estudiarlo con el objetivo de conocer cual es su valor como bioindicador de calidad de agua.

En el presente trabajo se trató de obtener una amplia gama de condiciones limnológicas, desde lagunas naturales hasta lagunas de estabilización facultativas, pasando por presas y lagos artificiales, así como lagos maars. Se realizaron varios muestreos cubriendo un ciclo anual, registrando parámetros físico-químicos en el campo y en el laboratorio. La determinación de las especies de *Scenedesmus*, se realizó con base en la bibliografía y la cuantificación se realizó por el método de Utermöhl.

Se encontraron 19 taxa de *Scenedesmus*, dentro de los mismos hubo ligeras variaciones en relación con lo reportado por algunos autores. Por primer vez se observaron cenobios con dos células de *Scenedesmus protuberans*, también es la primera vez que se reporta a *S. acunae* y *S. spicatus* en México.

El cuerpo de agua con mayor variedad y número de especies de *Scenedesmus* fue el lago Nabor Carrillo, seguido por el lago de Chapultepec, Presa Valle de Bravo, laguna Zempoala, los estanques de Sto. Tomás Atzingo y los lagos maars; en estos últimos no se observaron organismos de esta especie.

Las especies mas tolerantes fueron *S. ecornis*, *S. opoliensis*, *S. peccensis*, *S. protuberans*, *S. quadricauda* y *S. spinosus*.

Se concluye que -excepto por *S. intermedius* el cual resultó sensible a las altas concentraciones de amonio- el género *Scenedesmus* no es un buen indicador de condiciones limnológicas.

INDICE

RESUMEN	I
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
OBJETIVOS	4
AREA DE ESTUDIO	5
MATERIAL Y MÉTODOS	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
Laminas	22
Tablas	25
Gráficas	29
CONCUSIONES	33
BIBIOGRAFÍA	34

INTRODUCCIÓN

Scenedesmus es un género de clorófitas ampliamente distribuido a nivel mundial (Smith, 1950) y se reporta en diferentes ambientes en las aguas continentales mexicanas (Ortega, 1984). Según Bold *et al.*, (1980), el género se ubica jerárquicamente de la siguiente forma:

Reino: Plantae
 División: Chlorophycophyta
 Clase: Chlorophyceae
 Orden: Chlorococcales
 Familia: Scenedesmaceae
 Género: *Scenedesmus*

La descripción del género *Scenedesmus* Meyen 1829 es la que se da a continuación: Células de forma elipsoidal o fusiforme que se agrupan en cenobios de 2, 4, 8 ó 16 células en series lineales para formar una colonia plana; las células están dispuestas lado con lado, sus ejes mayores paralelos. Los cenobios de 8 células algunas veces están constituidos por dos hileras alternadas de 4 células. La pared es lisa o con verrugas, los polos de las células están frecuentemente ornamentados con espinas o prolongaciones más o menos largas. En ocasiones, las células marginales del cenobio presentan prolongaciones o crestas, diferentes a las de las células internas. Cada célula tiene un cloroplasto parietal con un pirenoide usualmente bien visible. La multiplicación se da por autoesporulación, cada célula da origen a un cenobio completo (Bourrelly, 1972).

Éste es un género popular en el ámbito científico porque se utiliza en estudios de genética y en el análisis de las respuestas de sus células a sustancias químicas (Anónimo, 1998). En *Scenedesmus*, la determinación de las categorías taxonómicas de especie, subespecie, variedad y forma no resulta sencilla, pues el género muestra una fuerte tendencia a desarrollar variaciones morfológicas (Trainor, 1965, 1973 y 1993) y –por ende– un elevado número de taxa infragenéricos (Uherkovich, 1966; Komáreck y Fott, 1983¹). Dicha problemática resulta en una clasificación taxonómica poco clara e incluso contradictoria (Komáreck y Fott, 1983). Hay pocos reportes de la ecología de las especies, a pesar de la ubicuidad del género. Cuando se da información al respecto, a menudo se cita que son cosmopolitas (Komáreck y Fott, 1983; Sládeček *et al.* 1981); sin embargo, dado que *Scenedesmus* es un género común de encontrar en las aguas lénticas del Altiplano mexicano, resulta útil conocer con mayor fundamento la distribución ecológica de los taxa frecuentes en la zona; de esta manera, se aportarán datos para definir con mayor precisión su valor indicador de la calidad de las aguas y, específicamente, de su grado de contaminación.

Muchos organismos acuáticos son buenos indicadores de las propiedades del ambiente que los rodea; por tal razón, resultan útiles para determinar la calidad del agua. El término "indicador" o "bioindicador" significa que un organismo muestra adaptación a un cierto intervalo de factores ambientales, en los cuales se desarrolla bien (Sládečková y Sládeček 1993). Será mejor indicador de ciertas condiciones cuanto más restringida sea su adaptación a las mismas². Los indicadores son muy utilizados en los sistemas de determinación biológica de calidad de agua –como, por ejemplo, el sistema de saprobios (Margalef, 1974; Sládeček, 1966)–. En el contexto, el término "calidad de agua" es más técnico que científico, no se refiere a valores absolutos y bien definidos de parámetros ambientales del agua, sino al uso que el hombre previamente establece para el recurso, a saber, potabilidad, recreación con contacto directo (nado) o indirecto (canotaje, por ejemplo), agrícola, industrial .. (Sládeček, 1973) Según las normativas de los distintos países, los niveles permisibles para los diferentes parámetros considerados pueden también variar (OPS, 1985).

¹ Komáreck y Fott (1983) reportan, por ejemplo, 242 especies (124 Uherkovich, 1966), la mayoría de ellas con más de una sinonimia. Resulta mucho más difícil dilucidar el número de taxa infraespecíficos, pues los diferentes autores no se ponen de acuerdo.

² Otra forma de denominarlo es con los términos "estenóico" (adaptación estrecha a un parámetro en particular) y "euróico" (amplia adaptación). Los organismos euróicos a diversos factores ambientales tienden al cosmopolitismo y son, por ello, malos indicadores.

En este marco de referencia, la calidad del agua se considera disminuida por la contaminación, la cual se define como una alteración desfavorable -desde el punto de vista del interés antropocéntrico- del medio acuático, usualmente debido a la actividad humana (Sládeček, 1985a). El progresivo aumento de la contaminación ha presionado para que se realicen numerosos estudios científicos encaminados a detectarla y valorarla por medio de parámetros físico-químicos, tales como pH, temperatura, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, potencial redox, entre otros (Margalef, 1983). Sin embargo, estas determinaciones sólo dan información puntual del sistema bajo investigación y no de su comportamiento general en el tiempo y el espacio. Ésta es la razón por la que se ha visto la necesidad de complementar dichos estudios mediante el empleo de bioindicadores, ya que su permanencia en el medio nos da una panorámica temporal más amplia del proceso dinámico del cuerpo de agua en estudio. La determinación de la calidad de agua por medio de bioindicadores se basa en observaciones de los efectos que los diversos aportes de sustancias ejercen sobre el conjunto de organismos vivos en las aguas dulces. Esto implica que, para detectar el grado de contaminación y el efecto producido en el medio, es necesario aplicar ambos métodos, ya que -si bien las técnicas biológicas nos muestran la alteración ecológica-, las físico-químicas miden la concentración de los contaminantes responsables de dicha alteración (Chávez, 1986; Fernández-Galiano, 1986; Vilaciara, 1987).

A continuación se mencionan algunos de los métodos formales para utilizar los organismos como indicadores de contaminación (Schwoerbel, 1975; Pesson, 1979; Chávez y Márquez, 1985, Vilaciara 1987).

-Análisis microbiológico Tiene por objetivo determinar la presencia de gérmenes patógenos e incluye el número de bacterias por ml, detección de indicadores de contaminación fecal, de bacteriófagos, virus y el aislamiento de gérmenes patógenos.

-Sensibilidad específica. Consiste en detectar la sensibilidad de un organismo (grupo sistemático específico) hacia un tipo de contaminación, entendiéndola como productos tóxicos o parámetros particulares, con el fin de establecer intervalos de tolerancia.

-Ensayos de toxicidad. Método parecido al anterior, que se practica en el laboratorio o en los medios receptores y está encaminado a desarrollar una prueba fisiológica para determinar la curva de respuesta de un organismo a la adición de una sustancia tóxica, normalmente en concentraciones mortales. Dentro de este método existen los dos siguientes: -Ensayos de Toxicidad Inmediata y Ensayo de Toxicidad a Corto Plazo. El primer se aplica para conocer el porcentaje de mortalidad de una especie en un determinado tiempo, mientras que el de corto plazo determina la concentración letal media a las 48 o 96 h, así como las concentraciones letales para determinados porcentajes de población experimental.

-Análisis de la biocenosis. Pretende definir los grados de contaminación, partiendo de la constatación general de que las contaminaciones de cualquier naturaleza se traducen en modificaciones más o menos profundas en la composición de la biocenosis. En la práctica corriente se aplica esencialmente a dos grupos: los invertebrados bentónicos y las algas planctónicas para sistemas lénticos, y algas e invertebrados bentónicos en sistemas de aguas corrientes

-Análisis de Población Se basa en la abundancia-diversidad de la comunidad y en los diferentes índices de diversidad.

-El Sistema de Saprobios es un método técnico de determinación de calidad de agua que las clasifica, según los organismos indicadores de diferentes grados de acumulación de materia orgánica, que es uno de los factores más frecuentes y que inciden más negativamente sobre la calidad del agua. Actualmente el sistema de saprobios modificado y mejorado intenta plasmar el espectro de adaptación directo o indirecto de cada especie al cúmulo de materia orgánica en un cuerpo de agua (Sládeček, 1985a). Sin embargo, aunque funcional, el Sistema de Saprobios continúa presentando graves fallas en su fundamentación teórica, por carecer de un marco de referencia científico universal de la adaptación de los organismos a cantidades crecientes de materia orgánica. Algunos de estos fallos son la subjetividad que aplica el investigador en la elección de los parámetros saprobios, la inclusión de especies cosmopolitas que pueden tener "razas" con diferentes adaptaciones saprobias y que las especies no se adaptan únicamente a las concentraciones de materia orgánica, sino a un variado espectro de parámetros ambientales, lo que complica el problema (Sládeček, 1985a).

ANTECEDENTES

Desde su fecha de publicación por Meyen en 1829 (Ortega, 1984), empezaron a describirse un gran número de especies de *Scenedesmus*, algunas con muy variada morfología (Bourrelly, 1972; Chodat, 1909, 1913, Hegewald y Silva, 1988; Komáreck y Fott, 1983; Morgan, 1920; Uherkovich, 1966). Chodat (1909) cita una gran variedad morfológica en cada especie y publica (1913) una monografía de algas en cultivos puros, donde también se observa un gran polimorfismo. En 1920, Morgan propone una clave que incluye 16 especies. Estudios más recientes (Uherkovich, 1966) muestran un trabajo muy amplio sobre el género en Hungría. Swale (1967) reporta la semejanza de *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. y *Chodatella quadriseta* Lem. en cultivos de laboratorio, evidenciando su relación morfológica con otras familias del orden. Bourrelly (1972) define las características del género y como reconocerlo entre géneros próximos, citando unas pocas especies. Komáreck y Fott (1983) dan la revisión más completa del género, con claves precisas para el mayor número de especies. Hegewald y Silva (1988) contribuyen asimismo con una obra completa del género.

Scenedesmus ha sido estudiado por un gran número de autores: como organismo indicador (Sládecková y Sládeček, 1993), para analizar el efecto que sufren al tener contacto con metales pesados y pesticidas (Chaudhari *et al.*, 1987; Prince *et al.*, 1989; Wong *et al.*, 1978 y 1982); en bioensayos (Heyning, 1984, Hoffman y Hegewald, 1986; Lavoie y de la Noüe, 1985; Naghavi y Malone, 1986; Orlik *et al.*, 1984; Priddle y Happey-Wood, 1983; Rowe, 1974; Scarlett *et al.*, 1987; Trask *et al.*, 1982; Wang, 1986).

En México no se han realizado trabajos enfocados al uso de *Scenedesmus* como indicador de calidad agua, tal vez por los problemas taxonómicos que presenta y por la poca aplicación que se hace de los métodos de bioindicación. Adicionalmente, se ha estudiado poco su distribución; específicamente se cita la presencia de las especies *S. abundans*, *S. acuminatus*, *S. acutiformis*, *S. acutus*, *S. arcuatus*, *S. bicaudatus*, *S. bijugatus*, *S. incrassatus*, *S. opoliensis*, *S. quadricauda* (Ortega, 1984). Kusel & Fetzman (1973) reportan solamente la presencia de *Scenedesmus quadricauda* en aguas del Centro de América. Por otro lado, existe un trabajo de algas en el aire del sur de la ciudad de México (Rivera 1985) donde se reporta la existencia de *Scenedesmus acutus*, el cual presentó un elevado polimorfismo en cultivo. También se registró la presencia del género en el aire de Minatitlán (Roy-Ocotla y Rosas 1985) y en la Cd de México (Rosas y Roy-Ocotla, 1986), así como en reactores para depurar el agua de nejayote (Beltrán y López 1986).

OBJETIVOS

- Estudiar las especies de *Scenedesmus* existentes en cuerpos de agua de la Faja Volcánica Mexicana
- Cuantificar las especies determinadas en los lugares muestreados.
- Estimar la posible relación existente entre las especies cuantificadas y los parámetros físico-químicos que se detallan en la metodología

ÁREA DE ESTUDIO

Los cuerpos de agua estudiados se encuentran dentro de la Faja Volcánica Mexicana (FVM), provincia fisiográfica que recorre al País transversalmente a lo largo del paralelo 20°N, y que actúa como frontera biogeográfica entre elementos neotropicales y neárticos (Tamayo, 1962). A continuación se resumen las características descriptivas de los sistemas acuáticos muestreados:

LAGO DE CHAPULTEPEC

Los lagos de Chapultepec se localizan en el parque conocido como "Bosque de Chapultepec" Según Alcocer, *et al.* (1988), dicho Bosque está situado en el oeste de la ciudad de México y comprende un área de 6.7 Km²; se ubica a los 19° 25' de latitud Norte y los 99° 11' de longitud Oeste. Dentro del bosque se encuentran tres lagos. El Lago Viejo, El Lago Mayor y El Lago Menor, los tres a 2240 m s n m. Para el presente trabajo se tomaron muestras del Lago Viejo

La superficie total que abarca el Lago Viejo es de 60,240 m², de los cuales 12,240 m² corresponden a islas. Su perímetro es de 1,883 m y su cuenca alberga 49,525 m³ de agua con una profundidad media de 1.0 m y una máxima de 1.8m. La máxima longitud registrada es de 432 m (norte-sur) y el ancho máximo de 208 m (este-oeste) (Alcocer, *et al.* 1988).

Según Villalobos (1982, en Alcocer, *et al.*, 1988), el clima de la región es templado subhúmedo con lluvias en verano, con promedios anuales de precipitación de 672 mm, evaporación de 965 a 1,910 mm y temperatura de 14°C. Según la clasificación de Köppen (modificada por García, 1988), el clima es del tipo Cb(w1)(w)(i')

La alimentación del Lago Viejo proviene de tres fuentes: el Río Hondo, la planta de tratamiento de aguas residuales de Chapultepec y pequeñas descargas de agua cruda (agua negras sin tratar) provenientes de locales comerciales asentados en la periferia (Muro, 1994)

PRESA VALLE DE BRAVO

Según Chávez (1986), la presa Valle de Bravo está situada al oeste de la ciudad de Toluca, capital del Estado de México. Se localiza a los 19° 21' de latitud Norte y los 100° 11' de longitud Oeste. Se encuentra a una altura de 1,847 m s.n.m., formando parte de la cuenca del río Cutzamala, afluente del Balsas. Fue construida en 1944 y forma parte del sistema hidroeléctrico Miguel Alemán. Tiene una capacidad total de 41.2 Km³, con un volumen útil de 36.9 Km³ y una profundidad máxima de 48 m. Tiene una superficie de 1,600 Has. Según Köppen, modificado por García (1988), el clima de la región es tipo (A)Cb(w2)(w)(i')g; corresponde a un clima semicálido lluvioso, con lluvias en verano y seco en el invierno, con un verano fresco y largo y con el mes más caliente del año antes de julio.

De la vegetación cercana a la presa podemos decir que es bosque de Pino-Encino, Oyameles, así como selva baja caducifolia y secundaria baja caducifolia con matorrales subespinosos y chaparrales.

El tipo de suelos que rodean el cuerpo de agua son principalmente acrisol-órtico, andosol-húmico, litosol, vertisoles, pesoles y cambisoles dísticos.

LAGUNA DE ZEMPOALA

Las lagunas de Zempoala se encuentran en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Según Melo (1988), este Parque Nacional se localiza en el sector medio de la Faja Volcánica Mexicana, entre las coordenadas 19°01' y 19°16' de latitud Norte y 99°16' y 99°20' de longitud Oeste; cuenta con una superficie de 4,669 Has. Tal ubicación se halla enclavada en las vertientes sur y oriental del parteaguas

que separa la cuenca de México y los valles de Toluca y Cuernavaca. La laguna muestreada es la denominada Zempoala y se encuentra entre las coordenadas 19°20' de latitud Norte, 99°18' de longitud Oeste, a una altura de 2,860 m s.n. m.

El clima según Köppen, modificado por García (1988) es C(w₂)(w)(b)l'g. Corresponde a templado, con temperaturas medias anuales de 8.7 a 11.3°C en el mes más frío y superiores a 13°C durante el mes más cálido; lluvias veraniegas, con precipitación pluvial media anual de 1,225 mm, verano fresco y prolongado con temperatura media del mes más cálido entre los 13 y 17°C; en época invernal el ambiente es gélido, con heladas nocturnas y matutinas.

La vegetación que rodea la laguna es típica del ecosistema forestal templado frío, integrado por bosques de coníferas y, en menor grado, latifolias que conforman un denso y exuberante estrato arbóreo, los géneros más representativos son *Pinus*, *Abies* y *Quercus* (Melo, 1988).

El tipo de suelos, según la clasificación de la FAO-UNESCO modificado por DETENAL (SPP, 1979, en Melo, 1988), corresponde a los llamados andosoles mólicos y húmicos y a los litosoles.

LAGO NABOR CARRILLO

Según Martínez (1993), el lago Nabor Carrillo se halla ubicado al noreste de la ciudad de México, en lo que fue el Vaso de Texcoco, en el Estado de México. Se localiza a los 19°28' de latitud Norte y 99°50' de longitud Oeste, a una altura de 2,236 m s.n. m. Con una superficie de 920 Has. y una profundidad media de 2.2 m. Se trata de un embalse construido por la Comisión del Lago de Texcoco (SARH) como parte de un proyecto de restauración y aprovechamiento racional de los recursos de la zona del ex-lago de Texcoco.

El clima es semi-seco templado, con una precipitación pluvial media anual de 1800 a 2000 mm. La temperatura media mensual oscila entre los 12°C y los 22° C y la mínima de 5 a 8°C, siendo enero el mes más frío. La clasificación de Köppen (modificada por García, 1988) señala un clima de tipo Cb(w1)(w)(l)g.

La vegetación la constituyen los pastizales halófitos de *Distichlis spicata* y comunidades de *Suaeda torreyana*. El tipo de suelo es alcalino-sódico, constituido por arcillas con gran concentración de sales (Martínez, 1993)

El lago Nabor Carrillo recibe aportes de una planta de tratamiento de aguas residuales de tipo secundario, ubicada en el costado suroeste del embalse, con una capacidad de tratamiento de 700 litros por segundo de aguas negras, provenientes del río Churubusco. La planta utiliza lodos activados convencionales, aireación mecánica superficial y sistema de gestión de lodo aerobio (Martínez, 1993).

LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVA DE STO. TOMÁS ATZINGO

Según Lugo (1984), la laguna se encuentra en las afueras del poblado de Sto. Tomás Atzingo, en el Edo. de México, entre las coordenadas 19° 10' y 19° 15' de latitud Norte y los 98° 45' y 98° 50' de longitud Oeste, con una altitud media de 2,475 m s.n.m. El sistema de tratamiento en estudio estuvo formado por dos lagunas de forma rectangular, cada una con dimensiones de 41.8 m de largo por 14.6 m de ancho, y conectadas en serie por medio de cinco pasos de agua; la profundidad promedio era de 1.5 m. Se construyeron en 1980 para el tratamiento de las aguas residuales domésticas del poblado y se diseñaron para funcionar de manera facultativa; su tiempo de retención de agua fue de aproximadamente 11 días. De las dos lagunas, sólo se muestreó una de ellas. Actualmente, dicho sistema ha dejado de funcionar porque la falta de mantenimiento ha causado el azolve del mismo.

El clima de la región es del tipo C(w₂)(w)(b)g (Köppen, modificado por García, 1988) que corresponde a templado subhúmedo con lluvias en verano y el mes más caliente se presenta antes del verano. La temperatura promedio anual es de 14°C, la temperatura máxima es de 29°C y la mínima de -3°C (datos del periodo de 1966 a 1971). La precipitación total anual es de 9,601 mm³.

El tipo de vegetación predominante consiste en cultivos de maíz y alfalfa, aunque existen también algunas zonas naturales de bosque templado (Lugo, 1984).

LAGOS MAARS:

Los lagos maars³ se encuentran en la Cuenca de Oriental. Según Vilaclara *et al.* (1993), dicha Cuenca está localizada entre los 18°48' y 19°43' de latitud Norte y los 97°09' y 98°03' de longitud Oeste, en la unión de los Estados de Puebla, Tlaxcala y Veracruz, a una altura entre 2,315 y 2,370 m s.n.m. El clima para Alchichica es BS1kw(i)w', y para el resto de los lagos es Cb(w')(w)(i)g., lo cual se corresponde con un clima general para la zona entre semiárido tropical y templado (García, 1988)

Geográficamente, los lagos se dividen en dos grupos: El del norte, formado por Alchichica, La Preciosa, Quechulac y Atexcac, próximos a la sierra de Techachalco; el del sur, compuesto por los lagos de Aljojuca y Tecuitlapa (incluido Atlacoya o Tecuitlapa Norte, que se encontraba en fase de desecación, en el Maipais de San Salvador el Seco (Vilaclara *et al.*, 1993).

Morfológicamente, la Cuenca de Oriental presenta características de una cuenca hidrográfica endorreica juvenil, en la que los materiales piroclásticos de relleno inconsolidados, altamente permeables, no han permitido el desarrollo de una red hidrogáfica en la superficie, sino que existe un sistema hidrológico subterráneo (Gasca, 1981, en Vilaclara *et al.*, 1993).

³ Estos son lagos formados por la explosión que ocurre cuando el magma sube cerca de la superficie y se pone en contacto con el agua freática, de manera que en el hoyo resultante se acumula posteriormente el agua del nivel freático; cuando el diámetro mayor del lago no rebasa los 2000 m, el lago se denomina "maars" como son los lagos de la cuenca de oriental o los de Guanajuato; cuando el diámetro mayor supera los 2,000 m, se denominan lagos "crater" como el homónimo que se localiza en (Oregon, EUA- (Arredondo, *et al.*, 1983, Wetzel, 1983)

MATERIAL Y MÉTODO

En este trabajo se realizaron muestreos mensuales, bimestrales o estacionales -según el cuerpo de agua en estudio-. El número de estaciones y su ubicación se estableció con base en un estudio preliminar. La tabla No. 1 nos indica como varía el número de estaciones (muestras) y el período de muestreo. Los datos físico-químicos fueron proporcionados por el Laboratorio de Conservación y Mejoramiento del Ambiente (CyMA) (Tabla 2).

TABLA 1:

Lugares de muestreo, periodicidad, número de estaciones y época de muestreo.

LUGAR	PERIODICIDAD	NÚMERO DE ESTACIONES	PERÍODO DE MUESTREO
*** Lago Artificial Chapultepec	mensual	12	IX-84 a V-85
** Lago Artificial Nabor Carrillo	bimestral	12	VI-85 a V-86
** Lago Natural Zempoala	estacional	8	XI-86 a VIII-87
** Presa Valle de Bravo	estacional	10	V-85 a III-86
* Lago Maars Alchichica	trimestral	5	IV-88 a V-89
* Lago Maars Atexcac	trimestral mensual	5 6	IV-88 a V-89 XII-91 a V-92
*Lago Maars La Preciosa	trimestral	4	V-88 a V-89
* Lago Maars Quechulac	trimestral	4	V-88 a V-89
*Lago Maars Ajojuca	trimestral	4	VI-88 a V-89
*Lago Maars Tecuillapa	trimestral	4	VI-88 a V-89
*Lago Maars Atlacoya	trimestral	2	VI-88 a V-89
** Estanques de Tratamiento Secundario de Sto. Tomás Atzingo	quincenal	24	II-83 a I-84

* Cuenca de Oriental

** Estado de México

*** D F

En las estaciones se tomaron muestras en diferentes niveles de profundidad, con base en el perfil térmico y de oxígeno disuelto.

Para la determinación de los parámetros físico-químicos y biológicos, las muestras de agua de superficie se tomaron directamente; para las de profundidad, por medio de una botella Van-Dorn, con una capacidad de dos y medio litros. La transportación al laboratorio fue de acuerdo con la metodología establecida para cada determinación (A P H.A. *et al* 1980).

En la tabla N° 2 se muestran los parámetros físico-químicos que se determinaron directamente en el campo y el laboratorio de acuerdo con los métodos señalados en cada caso (según A P H.A. *et al*, 1980). Particularmente, la transparencia se registró con la técnica señalada por Wetzel, 1983.

TABLA 2

Parámetros y su método de evaluación (entre paréntesis, el # del método)

PARÁMETRO	MÉTODO de EVALUACIÓN
pH	Potenciométrico Cole Palmer Digi-Sense Mod. 5985-00
O D	Oxímetro YSI mod 51B
Temperatura	Oxímetro YSI mod. 51B
Transparencia	Disco de Secchi
Conductividad	Potenciométrico (Beckman conductivity bridge Mod. RC-20)
*Alcalinidad	Potenciométrico y titulación con H_2SO_4 0.02 N
* SO_4	Turbidimétrico (439)
* Cl^{-1}	Argentométrico (270)
* Dureza	Titulación con EDTA (195)
* C^{+2} , Mg^{2+}	Espectrómetro de absorción de masas
* PO_4^{3-}	Cloruro estano (417)
*P tot.	Digestión (413) y Cloruro estano (417)
* NO_2^{-}	Reducción al Cadmio (370)
* NO_3^{-}	Diazotización (380)
* NH_3	Nesslerización (417)
* DBO_5	Prueba empírica (483)
*DQO	Reflujo con dicromato (490)
*Sustancias activas al Azul de Metileno	Método de Azul de Metileno

* Parámetros físico-químicos que se determinaron en el laboratorio:

Las muestras de fitoplancton se tomaron directamente o con la botella Van Dorn en frascos de 250 ml y se fijaron con acetato de lugol en el campo para ser transportadas al laboratorio (Edmonson, 1971)

Para la observación de los organismos se utilizó un microscopio Zeiss estándar de contraste de fases (a 100x y 400x), un microscopio Zeiss invertido (a 128x, 320x y 504x), cámaras de sedimentación, porta-objetos y cubre-objetos. La cuantificación de los taxa de *Scenedesmus* se basó en el método de Utermöhl (Schwoerbel, 1975).

La determinación de los taxa se basó en las obras de Bourrelly (1972), Chodat (1913), Hegewald y Silva (1988), Komáreck y Fott (1983), Morgan (1920), Prescott (1954), Rivera (1985), Smith (1950), Swale (1967), Trainor (1965; 1973; 1993), Tell (1979) y Uherkovich (1966).

Los datos de las especies encontradas y cuantificadas fueron sometidos a un análisis exploratorio de datos para determinar cuáles especies son raras, temporales, constantes y cuáles son dentro del género- las dominantes. Los resultados se presentan en "gráficas de frecuencia contra abundancia" (García de León, 1988)

Los datos físico-químicos y biológicos de las especies determinadas como dominantes según el estudio anterior se sometieron a un análisis de correlación no paramétrica de Spearman para ver la relación entre las especies y los parámetros registrados, utilizando para esto una computadora Acer 486 y el paquete estadístico CSS-Statística (versión 1991)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TAXONOMÍA Y DISTRIBUCIÓN ECOLÓGICA

Se encontraron 19 taxa de *Scenedesmus* en los diferentes lugares de muestreo, a excepción de los lagos maars, los cuales se presentan en la tabla 3.

TABLA 3

Lista alfabética de los taxa de *Scenedesmus* observados

1	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (LAGERH.) CHOD. 1902
2	<i>Scenedesmus acunae</i> COMAS 1980
3	<i>Scenedesmus acutus</i> MEYEN 1829
4	<i>Scenedesmus arcuatus</i> (LEMM.) LEMM. 1889
5	<i>Scenedesmus bicellularis</i> CHOD. 1926
6	<i>Scenedesmus disciformis</i> (CHOD.) FOTT & KOM. 1960
7	<i>Scenedesmus ecornis</i> (EHRENB.) CHOD. 1926
8	<i>Scenedesmus ellipsoideus</i> CHOD. 1926
9	<i>Scenedesmus intermedius</i> CHOD. 1926
10	<i>Scenedesmus microspina</i> CHOD. 1926
11	<i>Scenedesmus opoliensis</i> P. RICHT. 1896
13	<i>Scenedesmus peccensis</i> UHERK. 1956
14	<i>Scenedesmus protuberans</i> FRITSCH 1927
14	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (TURP.) BREB. <i>sensu</i> CHOD. 1913, 1926
15	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>hystericoides</i> MASJ. 1962
16	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>maximus</i> (W.G.S. SMITH) CHOD. 1913
17	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>quadrispina</i> CHOD. G.M. SMITH 1916
18	<i>Scenedesmus spicatus</i> W. & G.S. WEST. 1898
19	<i>Scenedesmus spinosus</i> CHOD. 1913

La determinación de los taxa observados fue una tarea difícil, puesto que los diferentes autores consultados a menudo no se ponen de acuerdo entre ellos o, incluso, asumen posturas contradictorias: una en la clave, otra ligeramente distinta en el texto y una tercera -a veces considerablemente disímil- en los dibujos. Sin embargo, la consulta de la literatura -así como la experiencia obtenida en la observación y la comparación entre los taxa presentes en el estudio- nos permitió seguir un criterio que pudo mantenerse con una cierta consistencia para la definición de las especies, variedades y formas. A continuación se comentan las características importantes tomadas en cuenta para la descripción, se discuten en relación con diferentes autores y se adicionan datos ecológicos procedentes de la literatura o bien de la observación directa.

Con relación a lo que reportan otros autores para diferentes zonas (Uherkovich, 1966, Komáreck y Fott, 1983, Hegewald y Silva, 1988), 19 taxa es un número muy bajo para la cantidad de cuerpos de agua examinados. Posteriormente se discutirá este punto en relación con la mineralización y el trofismo de los mismos.

***Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chodat 1902 (Lámina 1, fig. 1)**

Sin.: *Selenastrum acuminatum* Lagerh. in Wittr. et Nordst. 1883, *Scenedesmus flactus* f. *tortuosus* Skuja 1927, *S. hungaricus* Hortob. 1941, *S. falcatus* f. *maximus* Uherk. 1956, *S. acuminatus* f. *tortuosus* (Skuja) Kors. 1953 et v. *elongatus* G M Smith 1920.

DESCRIPCIÓN Células desde solitarias a cenobios de 4-8 células, con arreglo de lineal hasta alternado, a veces no en un solo plano, en contacto visible la mitad o menos de la longitud de cada célula y el resto libre. Células delgadas, alargadas en forma ahusada, con extremos doblados hacia fuera y con terminaciones adelgazadas. Las células externas están fuertemente curvadas hacia el exterior del cenobio y carecen de espinas, las internas son ligeramente curvadas hasta casi rectas. El tamaño de las células es de 48.0 x 1.5-9.0 μm (11.0-13.0 x 2.7 μm en nuestro estudio) (Komárek y Fott, 1983).

Los organismos encontrados en los cuerpos de agua muestreados se ajustan a lo descrito por los autores, principalmente por Uherkovich (1966) y Komárek y Fott (1983); éstos últimos reportan la especie como tal, aunque mencionan que es muy semejante a *S. dimorphus* (Turp.) Kutz. y a *S. acutus* Meyen.

Se encontró frecuentemente en el lago de Chapultepec, pocas veces en el Nabor Carrillo y una sola vez en la laguna de Zempoala, en forma de cenobios de 4 y 8 células y también como células solitarias, siendo entonces poco clara su separación de *S. acutus*.

OBSERVACIONES. Se ha reportado en Francia (Bourrelly, 1972) como *S. falcatus*, que es muy parecida al *S. acuminatus* de Hungría (Uherkovich 1966:131;50) y al *S. dimorphus* observado por Komárek y Fott (1983, dibujo # 3, pág 348); Smith (1950) lo ha encontrado en EUA, y Chaudhari *et al.*, (1987) lo citan como *S. dimorphus* en la India. Todo ello muestra la dificultad de determinar con precisión dicha especie.

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Komárek y Fott (1983) la consideran cosmopolita y abundante en el plancton de distintos tipos de aguas continentales.

Se encontró constantemente en el lago de Chapultepec, mientras que en el lago Nabor Carrillo y en la laguna de Zempoala su presencia fue muy esporádica y escasa. (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4), indicando su preferencia por aguas de bajo contenido electrolítico y elevada concentración de nutrimentos (tabla 8).

Esta especie presentó una correlación baja con los diferentes parámetros; la de mayor significación fue con los nitratos (NO_3^-), con un valor de 0.5.

***Scenedesmus acunae* Comas 1980 (Lámina 1, fig. 2)**

DESCRIPCIÓN Cenobios de 2-4 células. Células generalmente unidas por más de 2/3 de su longitud celular. Las células son alargadamente ovales hasta cilíndricas, con polos ampliamente redondeados y de pared celular engrosada; tal engrosamiento a menudo conforma una papila. Los lados exteriores son ligeramente convexos. Las células externas a veces son un poco más cortas que las células interiores. Las dimensiones celulares son 12.0-18.0 x 4.0-7.0 μm (12.4-16.4 x 4.0-6.2 μm en nuestro estudio) (Komárek y Fott, 1983).

OBSERVACIONES. Se reporta solamente en Cuba, dispersa en pantanos y charcas con plantas acuáticas (Komárek y Fott, 1983) Los mismos autores hacen una separación en grupos, entre ellos encontramos el grupo de *Scenedesmus sensu stricto*, donde se ubica *S. acunae* e indican al respecto que son (pág 824): "organismos que tienen las paredes de los polos más o menos engrosados, (*Rhynchodesmus*), con células ligeramente cónicas y adelgazadas en los polos. Las paredes de las células externas son algo convexas. Cenobios lineales o ligeramente desordenados, con células de 12.0-18.0 μm ".

En un principio se contó dicha especie como un variedad indeterminada de *S. ecornis*, pero sus características fenotípicas concuerdan más con la especie *S. acunae*, aunque sólo ha sido reportada en Cuba.

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. La proximidad geográfica y las condiciones del lugar donde se encontró, la presa Valle de Bravo (en noviembre de 1985 y marzo de 1986, con abundante lino acuático), refuerzan su adscripción a *S. acunae*, porque en la bibliografía (Komárek y Fott, 1983) lo reportan asociado con este tipo de vegetación. En el sistema estudiado fue una de las especies sin importancia (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4).

Esta especie presentó una correlación baja con los diferentes parámetros; la de mayor significación fue con la dureza de Mg, con un valor de 0.5.

***Scenedesmus acutus* Meyen 1829 (Lámina 1, fig. 3)**

Sin.: *Scenedesmus acutus* var. *acutus* (inc. f. *alternans* Hortob. y var. *alternans* Christj.; *Scenedesmus crassus* Chod. 1926, *S. sensu* Chod. 1926). *Achnanthes obliqua* Turp. 1828.

DESCRIPCIÓN. Células solitarias o en cenobios de 4, dispuestas linealmente o de moderada a fuertemente alternadas. Células de 7.0-25.0 x 2.0-7.5 μm (11.3-18.8 x 3.7-7.8 μm en nuestro estudio), con terminaciones en punta. En los cenobios, las células tienen más de la 1/2 de la longitud de sus paredes en contacto con la célula vecina (Uherkovich, 1966).

OBSERVACIONES. Comparando con las diferentes formas y tamaños que reportan los autores, los pocos organismos encontrados en este trabajo (sólo en Valle de Bravo y más escasos aún en la laguna de Zempoala) se ajustan mejor con la descripción de Uherkovich (1966), aunque los cenobios de nuestros ejemplares presentaron una mayor longitud de adhesión celular que lo mencionado por este autor. Es fácil confundirlos con *S. acuminatus*, ya que la taxonomía de esta especie no queda clara con el microscopio óptico. En los estanques de Santo Tomás Atzingo apareció como células solitarias; fue la única especie de *Scenedesmus* en aguas negras tratadas secundariamente y apareció raramente; al principio fue difícil determinar el género y la especie, y sólo la observación de algún cenobio completo (cuyas células resultaron iguales a las solitarias) permitió finalmente su determinación.

Komárek y Fott (1983) reportan semejanzas con *S. obliquus* (Turp.) Kutz., *S. acutus* f. *alternans* Hortob., *S. acutus* var. *alternans* Chirts., *S. crassus* Chod., *S. scenedesmoides* Chod., *S. tetradesmiformis* (Wolosz) Chod. *sensu* Chod. y *S. dimorphus* (Turp.) Kütz.

Se ha reportado en Francia (Bourrelly, 1972) como *S. crassus* (Chod.), que es muy similar al dibujo # 1 de la pág. 483 de Komárek y Fott (1983). También se ha observado en la India (Siddiqui *et al.*, 1980), en Hungría (Uherkovich, 1966), en Alemania (Komárek y Fott, 1983) y en México (Rivera, 1985 y Ortega, 1984).

ECOLOGÍA. Se considera como especie planctónica cosmopolita, de condiciones eutróficas (Komárek y Fott, 1983).

Apareció en el estanque de estabilización de Sto. Tomás Atzingo, en la presa de Valle de Bravo y en la laguna de Zempoala, en todos ellos ocasionalmente y de manera tan escasa que en los promedios de células en los lugares de muestreo se registró como cero (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4).

Esta especie presentó una correlación baja con los diferentes parámetros; los de mayor significación fueron la de Nitratos (NO_3), Oxígeno disuelto y pH, todos con valor de 0.5.

***Scenedesmus arcuatus* (Lemmermann) Lemmermann 1899 (Lámina 1, fig. 4)**

Sin.: *S. obtusus* Meyen 1829.

DESCRIPCIÓN. Cenobios organizados irregularmente, usualmente en dos series de 2 a 4 células cada una. Éstas son oblongadas-ovales¹, sin contacto entre las paredes, las paredes de las células carecen de espinas o dientes; los polos de las células son muy redondeados. Las células tienen dimensiones de 6.0-17.0 x 3.0-9.0 μm (7.3-14.8 x 2.8-4.5 μm en nuestro estudio), y cenobios de dos series con dos células cada una, de 16.5 x 16.5 μm (Uherkovich, 1966).

OBSERVACIONES. En el presente trabajo se encontraron representantes de esta especie solamente en la Presa de Valle de Bravo. La morfología de estos ejemplares coincidió con la citada por los autores (Uherkovich, 1966, Parra *et al.* 1984, Prescott, 1954, Smith, 1950), excepto por el hecho de que en algunos ejemplares las células no tenían contacto entre sí, aunque algunos ejemplares de nuestros especímenes se parecen mucho a los dibujos reportados por dichos autores. Otros, como Komárek y Fott (1983), no la consideran especie, sino un sinónimo agrupado dentro de *S. obtusus*.

¹ En adelante el autor se referirá a las formas "oval" a la forma ovalada simétrica y "ovoide" a la forma de huevo, es decir ovalada asimétrica.

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Se ha observado en Wisconsin, EUA (Smith, 1950), en Hungría (Uherkovich, 1966) y en México (Ortega, 1984) Komárek y Fott (1983) la citan como *S. obtusus*, probablemente cosmopolita, en el plancton de estanques, lagos y ríos.

En la presa de Valle de Bravo se observó constantemente, aunque en forma escasa (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4).

Esta especie presentó una correlación baja con los diferentes parámetros; la de mayor significación fue con el Oxígeno disuelto (O.D.) y el pH, ambos con un valor de 0.5.

***Scenedesmus bicellularis* Chodat 1926 non sensu Uherkovich 1966** (Lámina 1, fig 5)

Sin.: *Didimocystis bicellularis* (Chodat) Komárek 1973.

DESCRIPCIÓN. Cenobios de 2 pero eventualmente 4 y 8 células, estas son elípticas de $x(2.5)-4-(7) \times (6.5)-8-(16) \mu\text{m}$ ($5.6-6.4 \times 15.3-18.3 \mu\text{m}$ en nuestro estudio). El extremo de las células es lizo y redondeado, aun que rara vez se encuentra una pequeña espina en dicho extremo. El eje longitudinal de ambas células forma un ángulo que variable. En ocasiones se encuentran mas de dos células acumuladas, sin embargo aún dentro de este acúmulo es fácil reconocer los cenobios de dos células (Uherkovich, 1966).

OBSERVACIONES. Para algunos autores, su validez como *taxon* diferenciado es cuestionable; ejemplo de ello son Komárek y Fott (1983), que lo reportan como igual a *Didimocystis bicellularis* Chod., mientras que para Skuja (1976) se trata de una especie muy próxima a *S. ecornis*.

Se reporta en Hungría (Uherkovich, 1966) y -como *Didimocystis bicellularis*- en Alemania (Komárek y Fott, 1983, quienes citan -además- que no está comprobada su existencia fuera de la Europa Central). Se encuentra en las comunidades perifíticas, más raramente en el plancton (Komárek y Fott, 1983).

Los organismos encontrados en los muestreos son muy semejantes en morfología y dimensiones a los reportados por Uherkovich (1966), a excepción de la estructuración de los cenobios y del extremo superior en el tamaño de las células. En relación con los cenobios, nosotros observamos que tenían 4 células en lugar de 2, aunque el propio autor menciona que es fácil confundir grupos de 2 cenobios por cenobios de 4 células; en cuanto al tamaño, nuestras células más grandes sobrepasaron por algo más de $2 \mu\text{m}$ la altura reportada en la bibliografía (Komárek y Fott, 1983; Uherkovich, 1966).

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Especie muy buena indicadora de condiciones betamesosaprobias (Sládeček *et al.*, 1981).

Esta especie se encontró sólo en la presa de Valle de Bravo y en cantidad escasa (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4). Nosotros la encontramos en condiciones de oligosaprobiedad (tabla nº 5, Sládeček, 1975)

Esta especie presentó una correlación baja con los diferentes parámetros, ninguna de ellas fue mayor de 0.5.

***Scenedesmus disciformis* (Chodat) Fott y Komárek 1960** (Lámina 1, fig 6)

Sin.: *Scenedesmus bijugatus* var. *disciformis* Chodat 1902, *S. ecornis* var. *disciformis* Chodat 1926, *S. bijugatus sensu auct. post.* (Behre 1939, etc.), *Tetrachlorella nephrocellularis* Komárek 1975

DESCRIPCIÓN Cenobio de 4 células en doble hilera con células fuertemente alternadas, que a menudo dan una forma que recuerda tétradas de *Chlorella*. Las células exteriores se encuentran frecuentemente en planos diferentes. Células ovales con polos redondeados. El tamaño de las mismas es de $6.0-17.0 \times 1.6-8.0 \mu\text{m}$ ($12.0-13.0 \times 6.9-7.3 \mu\text{m}$ en nuestro estudio) y los cenobios de $21 \times 21 \mu\text{m}$ (Komárek y Fott, 1983)

OBSERVACIONES Los pocos ejemplares encontrados en la presa Valle de Bravo coinciden tanto en forma (dibujo de extremo superior derecho de la página 831 de Komárek y Fott, 1983) como dimensiones, aunque no encontramos cenobios de 2 u 8 células, que han sido reportados como los más comunes por dichos autores. Sin embargo, también citan que los cenobios no dejan espacios vacíos entre las células, lo cual no resulta congruente con el dibujo mencionado, el cual muestra sin duda alguna la

existencia de espacios intercelulares semejantes a los observados por nosotros. No apreciamos la existencia de una capa gelatinosa, aunque Komárek y Fott (1983) señalan que la misma es poco visible.

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Se encuentra en el plancton de aguas eutróficas, probablemente cosmopolita (Komárek y Fott, 1983). Especie buena indicadora de condiciones beta-mesosaprobias (Sládeček *et al.*, 1981).

En la presa de Valle de Bravo fue escasa y esporádica su presencia (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4).

Esta especie presentó una correlación baja con los diferentes parámetros; la de mayor significación fue la de fósforo total (P tot.), con valor de 0.6.

***Scenedesmus ecornis* Meyen 1829** (Lámina 1, fig. 7)

Sin : *S. obtusus* Meyen 1829 (*sensu* Uherkovich 1966), *S. quadricauda* var. *ecornis* Ehrenb. 1839, *S. bijugatus* f. *irregularis* Wille 1903, *S. ecornis* f. *major* Chodat 1926, *S. obtusus* f. *ecornis* (Ehrenb.) Comp. 1976

DESCRIPCIÓN. Cenobios lineares, en ocasiones ligeramente curvados, de 2, 4 y 8 células. Los de 2 ó 4 células son lineares, mientras que tienden más o menos a encorvarse cuando presentan 8 células. Las células tienen forma elíptico-cilíndrica, con paredes lisas, sin dientes ni espinas o cualquier otra ornamentación. Las dimensiones de las células varían de 3.5-15.0 x 2.0-7.0 μm (5.5-18.6 x 2.1-8.2 μm en nuestro estudio), se hallan adheridas unas a otras hasta 3/4 de su longitud y están alineadas a lo largo del eje principal (Komárek y Fott, 1983).

OBSERVACIONES. Skuja (1949) menciona cenobios de 4 células, con dimensiones de 16-18 x 3-10 μm . Anteriormente, el mismo autor reportó células elíptico-cilíndricas de 6-10 x 3-10 μm , probablemente mezcladas con la especie próxima, *S. bicellularis*. Uherkovich (1966) da una información más detallada: los cenobios pueden ser de hasta 32 células, con dimensiones de 6-20 x 3-10 μm .

Autores como Uherkovich (1966) consideran los *Scenedesmus* pequeños, de células más o menos ovales y sin espinas, como *S. ecornis* y sus variedades. Otros autores (Komárek y Fott, 1983) tienden a respetar el nivel específico dentro de este amplio grupo de *Scenedesmus sensu stricto*. Al principio no se diferenciaron taxonómicamente, sino que fue asignado a otras especies, por ejemplo, a la variedad sin espinas de *S. quadricauda* var. *ecornis*, o -más a menudo- a *S. bijugatus* (Uherkovich, 1966)

Prescott (1954: págs. 273-281) no cita a *S. ecornis*, pero al seguir su clave se llega a *S. bijuga*, el cual tiene las mismas características de *S. ecornis*. Las paredes son lisas, sin espinas, dientes o costillas; los polos de las células están redondeados. Las células se ordenan en una única serie. Según Komárek (1960) y Phillipose (1967) (citados en Komárek y Fott, 1983), *S. bijugatus* sería sinónimo de *S. linearis* Wsm. 1974, y se diferencia de *S. ecornis* por presentar las paredes engrosadas en los polos.

En el grupo *Scenedesmus sensu stricto* (Komárek & Fott, 1983. pág. 824) se separan las células sin polos engrosados (Sección *Obtusi*), de las células con cenobios ligeramente alternados hasta una ordenación totalmente lineal (Sección *Ecornis*).

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN La especie es reportada en Hungría (Uherkovich, 1966); en Alemania (Komárek y Fott, 1983) En cuanto a su hábitat, los autores no se ponen de acuerdo. Para Komárek y Fott (1983) se trata de una especie eutrófica, generalmente beta-mesosaprobias; según (Sládeček *et al.*, 1981), es una especie característica tanto de condiciones oligo- como mesosaprobias (es decir, de mesotróficas a eutróficas.)

Dentro de los sistemas eutróficos, se observaron en los lagos de Chapultepec (especie constante) y Nabor Carrillo (especie dominante en segundo lugar, entre *S. opoliensis* y *S. quadricauda*). En los sistemas menos productivos, se observó en Valle de Bravo como la única especie dominante del género, mientras que en la laguna de Zempoala no fue importante (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4)

Esta especie presentó una correlación baja con los diferentes parámetros. La de mayor significación fue con la Demanda Química de Oxígeno (DQO), con un valor de 0.5.

***Scenedesmus ellipsoideus* Chodat 1926** (Lámina 1, fig. 8)

Sin : *Scenedesmus quadricauda* var. *ellipsoideus* (Chodat) Florin

DESCRIPCIÓN. Presenta cenobios de 4 u 8 células estrechamente unidas. Células alargadas-elipsoidales o elipsoidales-redondeadas de 7.5-14 x 3-7.5 μm (5.5-18.4 x 2.7-6.8 en nuestro estudio). En los polos de las células externas y -rara vez también- en las células internas, se presenta una espina larga de forma curva y colocada en diferentes planos (Uherkovich, 1966).

OBSERVACIONES En este estudio, los organismos se parecen a los reportados por Uherkovich (1966), aunque resulta ligeramente más amplio el intervalo de nuestras medidas; a pesar de esto, todas sus demás características se adscriben correctamente dentro de la especie. Apareció sólo en Chapultepec, en pocas ocasiones. Cuando los cenobios fueron de 8 células, se presentaron con espinas en algunas de las células internas.

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN Probablemente planctónica, se cita su presencia Hungría, Finlandia, Suecia (Komárek y Fott, 1983) y Suiza (Hegewald y Silva, 1988).

En el lago de Chapultepec, único lugar donde se encontró, su aparición fue escasa y aislada (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4).

Esta especie presentó una correlación baja con los diferentes parámetros, ninguna mayor de 0.5

***Scenedesmus intermedius* Chodat 1926.** (Lámina 1, fig 9)

Sin: *Scenedesmus quadricauda* var *alternans* Dedus, *S. quadricauda* var. *eualternans* Prosin, *S. intermedius* var. *bicaudatus* Hortob., *S. intermedius* var. *heterocaudatus* Hortob., *S. intermedius* f. *heterocaudatus* Hortob., *S. intermedius* var. *intermedius* Chod.

DESCRIPCIÓN. Cenobios de 4 células, con alternancia clara, a veces desorganizadas en relación con el eje transversal del cenobio. La forma de las células es igual en las externas y las internas y varía de oval hasta ovoide; sus polos son anchos y muy redondeados. Las células externas presentan en los polos una espina principal. Ninguna estructura de la pared celular es visible al microscopio óptico. Las dimensiones de las células son de 4.8-12.0 x 1.6-7.5 μm (4.8-19.9 x 2.8-9.9 μm en nuestro estudio) y las espinas principales van de 5.2-9.1 μm de largo (Komárek y Fott, 1983).

Por otro lado, se encontraron algunos organismos cuya morfología nos hace pensar en *Scenedesmus intermedius* var *balatonicus* Hortobágyi 1943 (Lámina 1, fig. 9a) La descripción es semejante a la de la especie, pero con espinas principales que salen tanto sobre los polos de las células externas como en los márgenes de las células internas. Las células son de 4-7 x 2-3.3 (6.9- 18.0 x 3.3-6.2 μm en nuestro estudio)(Komárek y Fott, 1983). Morfológicamente se asemeja a lo que citan los diferentes autores (Komárek y Fott, 1983: 887;fig 11, Uherkovich, 1966: 155; 592 y 596).Se ha reportado en Hungría (Uherkovich, 1966). En este trabajo, los organismos fueron encontrados en los lagos de Chapultepec y Nabor Carrillo, en escaso número.

Otro caso como el anterior es el de *Scenedesmus intermedius* var. *bicaudatus* Hortobágyi 1943 (Lámina 1, fig. 9b) Uherkovich (1966) hace la siguiente descripción: "Cenobios alternados de 4 células, de 3.5-8.5 x 2.0-3.5 μm de diámetro, las células son alargadas-elipsoidales u ovales. La variedad se distingue porque en forma diagonalmente opuesta se encuentran espinas principales en los polos de células externas, estas espinas tienen una longitud de 4-9 μm . No se tomaron medidas de esta variedad porque se presentó en muy bajo número en el lago de Chapultepec. Su morfología es como la reportada por Uherkovich (1966) para Hungría; Komárek y Fott (1983) no citan esta variedad.

OBSERVACIONES. Los especímenes observados en este trabajo -en el lago Nabor Carrillo- poseen una morfología similar a las descritas por Uherkovich (1966), pero varían ligeramente en las dimensiones de las células, que resultan más grandes. Sin embargo, para decidir su acomodo taxonómico se tomó como prioritaria la morfología, puesto que la variación en las dimensiones pudo deberse a diferentes condiciones ambientales, que pueden propiciar organismos -considerados teratógenos- en los que se detectó la ausencia de espinas en uno de los polos.

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN Komárek y Fott (1983) la citan como cosmopolita y planctónica en lagos de aguas dulces eutróficas.

Esta especie fue constante en el lago Nabor Carrillo y Chapultepec (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4)

La especie presentó una correlación muy alta e inversa en el lago de Chapultepec, con el nitrógeno amoniacal (N-NH_3), con un valor de -1.0 ($p=0.0$). Para el caso de Chapultepec, podemos afirmar que encontrar esta especie implica que no hay ni siquiera trazas de amonio en el agua. No se

puede decir lo mismo para los otros cuerpos de agua, porque –aun siendo la misma especie- se trata de formas o variedades diferentes, probablemente con una también diferente adaptación ecológica

***Scenedesmus microspina* Chodat 1926** (Lámina 1, fig. 10)

Sin.: *S. quadricauda* var. *microspina* (Chod.) Philipnose.

DESCRIPCIÓN Cenobios de 4 células pegadas unas con otras. Las células son de forma cilíndrica y se hallan redondeadas en los polos; las exteriores son ligeramente convexas. Todas las células exteriores presentan espinas muy pequeñas en los polos, con una longitud que no supera la 1/2 del diámetro de la célula; no se ha observado ninguna otra estructura en la pared celular. Las dimensiones de las células son de 5.0-13.0 x 2.3-6.0 μm (7.2-11.3 x 2.1-3.4.0 μm en nuestro estudio) (Komárek y Fott, 1983)

OBSERVACIONES. En dimensiones y morfología, los organismos observados concuerdan con lo reportado por Uherkovich (1966) y Komárek y Fott (1983).

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Frecuente en charcas estancadas del litoral de los lagos; en Inglaterra, Francia, India, Japón, Cuba, Rumania, Suiza, Rusia (Siberia), Hungría, (Komárek y Fott, 1983).

Esta especie sólo se encontró en la laguna de Zempoala, en el mes de mayo y en escasas cantidades (6 cel/ ml) (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4).

Esta especie presentó una correlación baja con los diferentes parámetros, ninguna mayor de 0.5.

***Scenedesmus opoliensis* Richter 1895** (Lámina 1, fig. 11)

Sin.: *S. opoliensis* f. *crassicaudatus* Hortob., *S. opoliensis* var. *setosus* Dedus, *S. opoliensis* var. *setosus* f. *deflexus* Hortob., *S. thomassonii* Hortob. *sensu* Hortob., *S. quadricauda* var. *opoliensis* (P. Richt) W et G.S.West

DESCRIPCIÓN. Cenobios de 2-4 células lineares a muy ligeramente alternadas, dentro de los cuales las células interiores pueden encontrarse inclinadas en relación con las externas. Las células están unidas por 2/3 de su longitud y nunca se observan disgregadas. Las células tienen forma elipsoidal hasta ahusada, siendo más angostas en las puntas; las puntas de las células externas son ligeramente alargadas o truncadas y levemente inclinadas hacia el exterior del cenobio, y las células internas son rectas. En los polos de las células externas hay una espina larga que puede ser tanto recta, como estar curvada hacia el centro del cenobio, o incluso adquirir la forma de "S"; dicha espina normalmente presenta una longitud igual o mayor que la altura de la célula. Los flancos de las células son lisos. Las dimensiones de las mismas son 8.0-36.0 x 2.0-9.0 μm y espinas de 8.0-30.0 (5.5-20.1 x 1.8-8.7 μm , con espinas de 3-17, en nuestro estudio) (Komárek & Fott, 1983)

OBSERVACIONES. En este estudio se encontraron cenobios de 2 y 4 células, aunque se observaron algunos de ellos deformados (teratógenos) de 4 y 8 células, que podrían atribuirse a esta especie. Las células son usualmente alargadas, con puntas redondeadas, en algún caso raro ligeramente capitadas².

En el caso de los organismos vistos en la laguna de Zempoala, las células interiores tienen forma diferente a las externas, siendo más ovales y sin las terminaciones redondeadas de las externas. Los cenobios son lineales y las células internas no se ven inclinadas. En todos los ejemplares, las espinas polares de las células externas fueron como las descritas, excepto para algunos ejemplares encontrados en el lago Nabor Camilo, en los cuales las espinas fueron más pequeñas.

Las formas teratógenas se observaron como cenobios de 4 y 8 células, con una morfología semejante a la de los cenobios normales en sus células externas, pero presentando largas espinas en las células internas y dos espinas principales en oposición en las exteriores, con pequeñas chimeneas en los polos de algunas de las células interiores. El arreglo no fue del todo lineal, aun sin llegar a ser claramente alternado.

² Es decir, redondeados en forma de cabeza

Es una especie cercana a *S. protuberans* (Komárek y Fott, 1983), y se nos dificultó en un principio distinguir entre ambas especies, dado que las dos son constantes tanto en Chapultepec como en el Nabor Carrillo

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Característica del plancton de aguas continentales, probablemente cosmopolita (Komárek y Fott, 1983) Ticoplanctónica, encontrada en México en Chapultepec y Laguna Victoria (Edo. Mex.) (Ortega, 1984) Relativamente buena indicadora de condiciones de oligo-beta- y alfa-mesosaprobias (Sládeček et al, 1981)

Se encontró esta especie en los lagos Nabor Carrillo, Chapultepec y Zempoala. En Zempoala no es importante, mientras que en Chapultepec se observa constantemente, aunque sin estar dentro de las especies dominantes; en contraste, en el lago Nabor Carrillo es una de las tres especies dominantes -junto con *S. ecomis* y *S. quadricauda*- por su abundancia y constancia en el sistema (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4).

En el lago Nabor Carrillo, esta especie presentó una correlación relativamente baja e inversa con la alcalinidad -tanto la total como a la fenolfaleina (Alc. Tot. y Alc. Fenof.)-, con un valor de -0.5, mientras que para la conductividad (K_{25}) la correlación resultó positiva, con 0.7. Cabe notar que el Nabor Carrillo fue en el que se observó una mayor conductividad -aparte de los lagos maars, los cuales no presentaron ejemplares del género en estudio-. En la laguna de Zempoala, tuvo una correlación positiva de 0.6 con la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO, que estima la cantidad de materia orgánica biodegradable)

***Scenedesmus peccensis* Uherkovich 1956** (Lámina 2, fig. 12)

Sin *S. peccensis* var. *traerminnensis* Uherk

DESCRIPCIÓN Cenobios de 4 células alternadas. Entre células vecinas existe generalmente un contacto amplio no menor a 2/3 de la longitud total de la célula. Las células son elipsoidales, ligeramente asimétricas o en forma ovoide, redondeadas hacia los polos. En las puntas de las células externas se localiza una espina curvada o recta. Las células internas generalmente carecen de espinas y, si las tienen, siguen la misma dirección de las principales. Las dimensiones de las células son 12.0-18.4 x 4.5-9.0 μm (10.0-20.9 x 3.6-9.9 μm en nuestro estudio) y las espinas de 7.0-17.0 μm de longitud (Komárek y Fott, 1983)

OBSERVACIONES. En la clave de Komárek y Fott (1983) se indica, para el grupo donde está *S. peccensis*, que tienen espinas asociadas con las principales, sin embargo, ello no se observó en los organismos encontrados en este estudio. Menciona asimismo el tipo de simetría de las espinas de los polos de las células externas, que debe ser diagonal (2 a 2), lo cual sí coincide con lo observado. Es importante subrayar que, para llegar a la especie *S. peccensis* con esta clave, se hubiera necesitado observar espinas en los polos de las células interiores del cenobio, las cuales nunca se vieron en los ejemplares mexicanos. A pesar de ello, la descripción de la especie del mismo autor (pág. 881) indica que dichas espinas pueden o no estar presentes.

En el lago de Chapultepec y en la presa de Valle de Bravo aparecieron formas cuyas células externas recordaban fuertemente a *S. opoliensis*. Sin embargo, la clave de Komárek y Fott (1983) diferencia tajantemente entre los *Scenedesmus* con espinas más cortas que la longitud de la célula (caso de *S. peccensis*) y las que poseen espinas más largas que la longitud de la célula (*S. opoliensis*). No obstante, para el grupo de *opoliensis* se menciona la tendencia a reducir el número de espinas accesorias a las principales en los polos de las células interiores, lo cual coincidiría con lo observado en nuestros ejemplares, en los que nunca se observaron las espinas accesorias. Pero dado que estos ejemplares fueron claramente diferentes de los *S. opoliensis* encontrados en el lago de Chapultepec, se separó en esta especie, que -por todo lo demás- sí coincide con *S. peccensis*.

En el lago de Chapultepec se registraron cinco tipos morfológicos que se acercan mucho en medidas y aspecto a los reportados por Uherkovich (1966). Las células son semiovals a ovals, con arreglo ligeramente alternado, las células exteriores, con espinas principales en los polos. Una de estas formas fue escasa y presenta espinas principales en las células interiores, pero su morfología es semejante a la reportada por los mismos autores. El tipo encontrado en la presa de Valle de Bravo es ligeramente más grande en talla (18.3 x 6.4 - 7.3) que la citada por Komárek y Fott (1983)

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Especie planctónica común en estanques, se ha reportado en Hungría, Finlandia e India (Komárek y Fott, 1983)

Fue la especie más importante en los muestreos realizados en Chapultepec, mientras que en la presa de Valle de Bravo y en el lago Nabor Carrillo resulta irrelevante según el análisis de presencia - abundancia (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4)

Esta especie presentó correlaciones bajas en la presa de Valle de Bravo con los nitratos, el oxígeno disuelto y la temperatura, con un valor de 0.6 para el primero y de 0.5 para los dos últimos parámetros.

***Scenedesmus protuberans* Fritsch et Richter 1927 (Lámina 2, fig 13)**

DESCRIPCIÓN. Cenobio de 2, 4 ú 8 células alineadas con las vecinas, a veces de diferentes longitudes, unidas a lo largo de 1/4 a 2/3 de su pared celular. Las células interiores pueden estar inclinadas con respecto a las externas. Las células externas tienen una forma alargada-elipsoidal hasta ahusada, siendo más angostas hacia los polos, que son capitados. Las células interiores suelen ser un poco más cortas y delgadas que las exteriores; las puntas son a veces capitadas. En los polos de las células exteriores hay una espina de forma sigmoidal o recta, con una longitud similar a la de la célula. Las medidas de las células son 11.2-34.0 x 3.5-8.0 μm (10.0-23.7 x 2.7-7.3 μm en nuestro estudio) (Komárek y Fott, 1983).

OBSERVACIONES. En algunos casos, su morfología se presta a equívoco, pues se confunde fácilmente con *S. opoliensis*. Por ejemplo, los dibujos # 304 al 306 de Planas (1973) y los # 642 y 643 de Uherkovich (1966) son muy parecidos, pero en el primer caso se reportan como *S. protuberans*, aunque realmente se corresponderían con *S. opoliensis sensu* Uherkovich.

En este estudio se encontraron cenobios de dos células (fig 13) en la presa de Valle de Bravo, que otros autores (Uherkovich, 1966; Komárek y Fott, 1983; Bourrelly, 1972) no reportan. Asimismo, en el lago de Chapultepec aparecieron algunas formas teratógenas de 4 y 8 células, en las que las células internas aparecen con espinas grandes en los polos.

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Especie planctónica en estanques, lagos y, más raramente, en ríos (Komárek y Fott, 1983). En los lugares que se ha reportado son: Francia (Bourrelly, 1972), Hungría, Ceilán, China, Indonesia, Rumania, en varias partes de África, la ex-URSS, y EUA (Komárek y Fott, 1983).

La especie se presenta en tres de los lugares estudiados: lagos de Chapultepec y Nabor Carrillo, y presa Valle de Bravo; su número es escaso en los dos primeros, siendo una especie sin importancia en la presa Valle de Bravo (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4).

En el lago Nabor Carrillo, esta especie presentó varias anticorrelaciones significativas con algunos parámetros, como es el caso de la alcalinidad total, a la fenolfaleína y cloruros, que resultaron de -0.5, así como un poco más alta para la dureza del calcio, -0.6. Estos datos parecen indicar que es una especie que se adapta mal a algunos parámetros indicadores de elevada mineralización.

***Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Brébisson, L.A. sensu Chodat 1913, 1926 (Lámina 2, fig 14)**

Sin. *S. longus* Meyen., *S. caudatus* Corda., *S. westii* (G.M. Smith) Chod., *S. protuberans* Fritsch sensu auct. post., *S. quadricauda* var. *obtususpinosus* Hortob., *S. quadricauda* var. *crassicaudatus* Hortob., *S. communis* Hegew.

DESCRIPCIÓN. Cenobios que constan de 2 y 4 células, raramente 8, cilíndrico-oblongadas, normalmente en una serie (en algunos casos, en dos series ligeramente alternadas). Las células se hallan unidas por prácticamente toda su longitud y nunca se observan disgregadas. Las células externas pueden ser iguales a las internas o terminar cada polo en una punta casi capitada de donde sale una espina larga, curvada o recta. Las células interiores son siempre cilíndrico-ovales y carecen de espinas o presentan sólo papilas en los ápices, su tamaño es menor o igual al de las externas. El tamaño de las células varía de 6.0-25.0 x 2.5-10.0 μm (5.2-26.1 x 2.0-9.9 μm en nuestro estudio) (Uherkovich, 1966).

OBSERVACIONES. En este trabajo, los organismos encontrados coinciden con la especie por la forma de las células y por los cenobios de 2 y 4 células, la mayoría en una serie. Los especímenes observados en la laguna de Zempoala y en el lago Nabor Carrillo presentan una ligera alternancia de las células. En todos los especímenes se desarrollan espinas largas en cada polo de las células externas, aunque no siempre son curvadas. En la mayoría de los tipos morfológicos encontrados con el microscopio

óptico, no se observaron papilas o chimeneas en las células, a no ser por dos especímenes de la laguna de Zempoala. El tamaño de las células está dentro del intervalo de la descripción. En los lagos Nabor Carrillo y Chapultepec se observaron formas morfológicas de la misma variedad, pero muy pequeños, aunque dentro de los intervalos que proponen algunos autores. Tomando en cuenta principalmente la morfología citada por los diferentes autores consultados, se decidió que no existía un criterio lo suficientemente determinante como para separar organismos semejantes entre sí, cuya única diferencia fuera la de ser unas pocas micras más pequeños que las descritas, porque las variadas condiciones ambientales e incluso la edad de los cenobios probablemente puede influir en el tamaño de sus células.

S. quadricauda es una especie de taxonomía difícil. Diferentes autores (Hegewald y Silva, 1988, Kuosa, 1987) mencionan que no ha sido descrita adecuadamente, por lo que la especie ha sido erróneamente reportada como otras especies cercanas, a saber: *S. armatus*, *S. maximus*, *S. opoliensis* y *S. sempervirens*. Asimismo, Hegewald (1977, en Kuosa 1987) afirma que la descripción de *S. quadricauda* es indistinguible de la de *S. communis*.

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Es cosmopolita, tanto planctónica como litoral (Smith, 1950, Komárek y Růžicka, 1969, Komárek y Fott, 1983). Se encuentra en condiciones de oligo- a alfa-mesosaprobias, con predominancia en la beta-mesosaprobiedad (Sládecková y Sládeček, 1993), es decir, en condiciones de meso- a eutróficas.

La especie es la más constante en el lago de Chapultepec y en el lago Nabor Carrillo fue la más importante, mientras que en la laguna de Zempoala ocupó el segundo lugar en importancia después de *S. quadricauda* var. *quadrispina* (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4). Es una buena especie indicadora de beta-mesosaprobiedad (Sládeček *et al.*, 1981). Nosotros la encontramos en condiciones de beta-mesosaprobiedad hasta isosaprobiedad (tabla 5).

Esta especie presentó una correlación relativamente alta e inversa con la alcalinidad total, de -0.7 en la laguna de Zempoala y de -0.5 en el lago Nabor Carrillo. Con los nitritos la correlación fue de 0.5 en la laguna de Zempoala.

***Scenedesmus quadricauda* aff. var. *hystricoides* Masjuk, N. 1962 (Lámina 3, fig. 15)**

DESCRIPCIÓN. Los cenobios son de 4 células, lineares o escasamente alternados, a veces un poco torcidos, con células ampliamente ovales, las células interiores son rectas, las exteriores son un tanto cóncavo-convexas en su pared exterior. En los extremos del cenobio (polos de las células exteriores) hay una larga espina más o menos paralela al eje transversal del cenobio. El tamaño de las células es de 16.0-18.0 x 8.0-8.5 μm (Komárek y Fott, 1983).

OBSERVACIONES. En nuestros ejemplares, que sólo se encontraron en Chapultepec y en muy escaso número, no se observó que las paredes celulares estuvieran cubiertas en forma regular con dientes finos, en hileras rectas y siguiendo hipotéticos meridianos celulares, como se menciona en la descripción de Komárek y Fott (1983).

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Variedad planctónica, reportada en lagos de Ucrania (Komárek y Fott, 1983). Solamente se presentó en el lago de Chapultepec, esporádicamente y en cantidad escasa (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4).

Esta variedad presentó una correlación baja con los diferentes parámetros, ninguna fue mayor de 0.5.

***Scenedesmus quadricauda* var. *maximus* (W. et G.S. West) W. et G.S. West. 1985 (Lámina 3, fig. 16)**
 Sin.. *Scenedesmus magnus* Meyen 1829 (Komárek y Fott, 1983).

DESCRIPCIÓN. Difiere de la forma típica en el tamaño de las células, ya que son más grandes y con espinas más largas. Las células varían de 27.0-36.0 x 9.0-11.5 μm (19.2-29.2 x 6.2-10.8 μm en nuestro estudio), las espinas son de 14.0-16.0 μm de longitud (Prescott, 1954)

OBSERVACIONES. Los organismos encontrados en el presente estudio coinciden en la morfología con la descripción anterior; aunque la talla no coincide con la reportada por Smith (1950), sí coincide con la citada por otros autores (Uherkovich, 1966, Prescott, 1954; Skuja, 1964, y Parra *et al.*, 1982)

Con base en la morfología y las tallas dadas por algunos autores (Uherkovich, 1966, Prescott, 1954, Skuja, 1964 y Parra *et al.*, 1982), se determinó la presencia de esta variedad en nuestro estudio. Las diferencias con otros autores se podrían atribuir a la variabilidad del medio en que se encuentran.

Según Kuosa (1987), "la denominación correcta para esta variedad sería la de la especie *S. magnus*, aunque él mismo cita que otros autores (Hegewald, 1977 in Kuosa, 1987) la considera una especie mal definida. Otros autores (Komárek y Fott, 1983; Hegewald, 1977 in Kuosa, 1987) consideran que la especie *S. maximus* es una denominación menos incorrecta que *S. magnus*, siendo -a su vez- sinónimo de *S. quadricauda* var. *maximus*."

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN Reportada en Hungría (Uherkovich, 1966) y como sinónimo de *S. magnus* Meyen, con distribución cosmopolita (Komárek y Fott 1983).

Esta variedad se encontró solamente en el lago de Chapultepec, en escaso número relativamente (69 cel/ml) y en pocas ocasiones. Sládeček *et al.*, (1981) la propone como buena indicadora de condiciones de Beta-mesosaprobiedad, mientras que en este trabajo está relacionada con condiciones de isosaprobiedad

Esta variedad presentó una correlación baja con los diferentes parámetros, ninguna mayor de 0.5.

***Scenedesmus quadricauda* var. *quadrispina* (Chodat) G.M.Smith 1916 (Lámina 3, fig. 17)**

Sin · *S. quadrispina* Chodat.

DESCRIPCIÓN Cenobios lineales de 4 células ovales o alargadas-ovales, con espinas cortas, de 1.4 - 6.4 μm , normalmente curvadas o rectas. Las células se hallan unidas por prácticamente toda su longitud y nunca se observan disgregadas. Las células miden de 8.5-15.0x3.5-8.0 μm (5.2-19.2x2.4-5.4 μm en nuestro estudio) (Smith, 1950)

OBSERVACIONES Komárek y Fott (1983) la consideran como especie, *S. quadrispina* Chodat, y su descripción difiere de la anterior en que los cenobios son de 2 - 4 células, lineales y apretadas. Las células son alargadamente ovales hasta casi cilíndricas; los polos son amplios, redondos y ligeramente convexos hacia afuera. En los polos de las células externas hay una espina principal delgada, inclinada hacia abajo en ángulo agudo respecto de la célula, con una longitud de más o menos 1/4 - 1/2 de la longitud de la célula. Ocasionalmente, en los polos de las células externas se presenta una breve espina.

Los especímenes de *S. quadricauda* var. *quadrispina* encontrados en este estudio coinciden con las descripciones de los autores (Parra *et al.*, 1982; Prescott, 1954, y Komárek y Fott, 1983) en medidas y morfología; para esta variedad, Kuosa (1987) -en apoyo a lo citado por Komárek y Fott (1983)- menciona que *S. quadricauda* var. *quadrispina* es la misma que *S. quadrispina* (Chodat) G. M. Smith

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Es una variedad común en muchos lagos y estanques de Michigan, Wis., EUA (Smith, 1950). Se ha reportado en África, América, Europa y Asia, en países como Finlandia, India, Japón, Rumania, Suiza, Hungría y USA (Komárek y Fott, 1983)

Esta variedad resultó poco importante en el lago de Chapultepec, en contraste con la laguna de Zempoala, en donde fue una especie dominante (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4).

Esta variedad presentó una correlación baja con los diferentes parámetros, la mayor fue de -0.5 con el nitrógeno amoniacal

***Scenedesmus aff. spicatus* W. & G. S. West 1898** (Lámina 3, fig. 18)Sin.: *S. abundans* var. *spicatus* (W. & G. S. West) G. M. Smith, 1916.

DESCRIPCIÓN. Cenobios de 2 células, paralelas. Las células son más o menos ovales. Las paredes celulares en contacto son muy planas. La pared exterior de las células externas es claramente convexa y hasta abombada; en ella se presenta una hilera 2-3 pequeños dientes. Las dimensiones de las células son 7.0-9.0 x 2.5-4.0 μm (9.1 x 5.1 μm en nuestro estudio Komárek y Fott, 1983).

OBSERVACIONES. Es una especie rara y su descripción se considera insuficiente (Komárek y Fott, 1983; Kuosa, 1987). Sin embargo, se reporta en gran número en estanques rocosos (Uherkovich, 1973 in Kuosa, 1987) y en cuerpos de agua dulce (Jämefelt, 1929, in Kuosa, 1987). Aunque se ha observado en Europa, autores como Prescott (1954), Smith (1950) no la reportan en sus estudios en América.

Las medidas son ligeramente mayores a las mencionadas por los autores consultados, pero su morfología coincide con la de la especie: las células son ovaladas, con las paredes de éstas unidas 3/4 de su longitud. El cenobio de dos células tiene espinas principales cortas (1.4 μm) y pequeñas espinas accesorias (0.5 μm).

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Komárek y Fott (1983) reportan que es rara en aguas mineralizadas. En nuestro estudio se encontró sólo en el lago más mineralizado, el Nabor Carrillo, aunque pocas veces y en cantidad escasa (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4).

Esta especie presentó una correlación baja con los diferentes parámetros, ninguna fue mayor de 0.5.

***Scenedesmus spinosus* Chodat 1913** (Lámina 3, fig. 19)Sin.: *Scenedesmus sempervirens*

DESCRIPCIÓN Cenobios de 4 células lineales. Las células son elíptico-alargadas, de 5.0-15.0 x 2.0-7.0 μm (7.3 x 2.1-2.2 μm en nuestro estudio) y se hallan unidas por gran parte de su longitud. En ambos polos de las células externas se encuentra una espina gruesa, aproximadamente de la mitad o igual longitud de la célula, en el contorno de las células externas aparecen de 1 a 3 espinas que miden 0.7 μm ; los polos de las células internas carecen de espinas (Uherkovich, 1966).

OBSERVACIONES. Los cenobios observados son de cuatro células, tienen células ovales alargadas muy pegadas unas con otras; en las células externas se encuentran espinas principales grandes y espinas accesorias pequeñas que varían de una a dos en cada célula. Las medidas casi coinciden con las de los autores, variando muy poco.

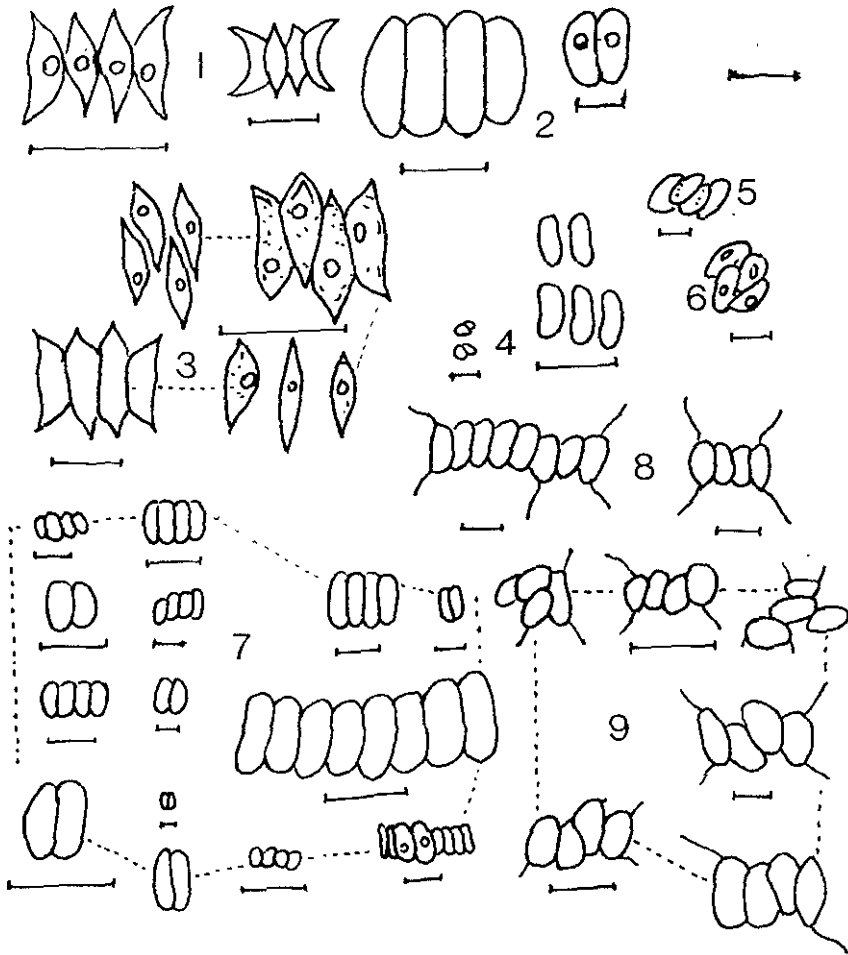
ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN. Se ha encontrado en Francia, India, Cuba y Suiza (Komarek y Fott, 1983)

Se encontró en la presa Valle de Bravo, donde es abundante, y en el lago de Chapultepec –como constante–, mientras que en el Nabor Carrillo no tiene importancia. En ninguno de ellos está dentro de las especies dominantes (tabla 4 y Gráficas 1, 2, 3 y 4).

Esta especie presentó una correlación baja con los diferentes parámetros, ninguna de mayor de 0.5.

A continuación se insertan las tres láminas que recogen los dibujos de los taxa observados. Es importante remarcar que dichos dibujos fueron realizados por el autor de esta tesis directamente de las muestras observadas.

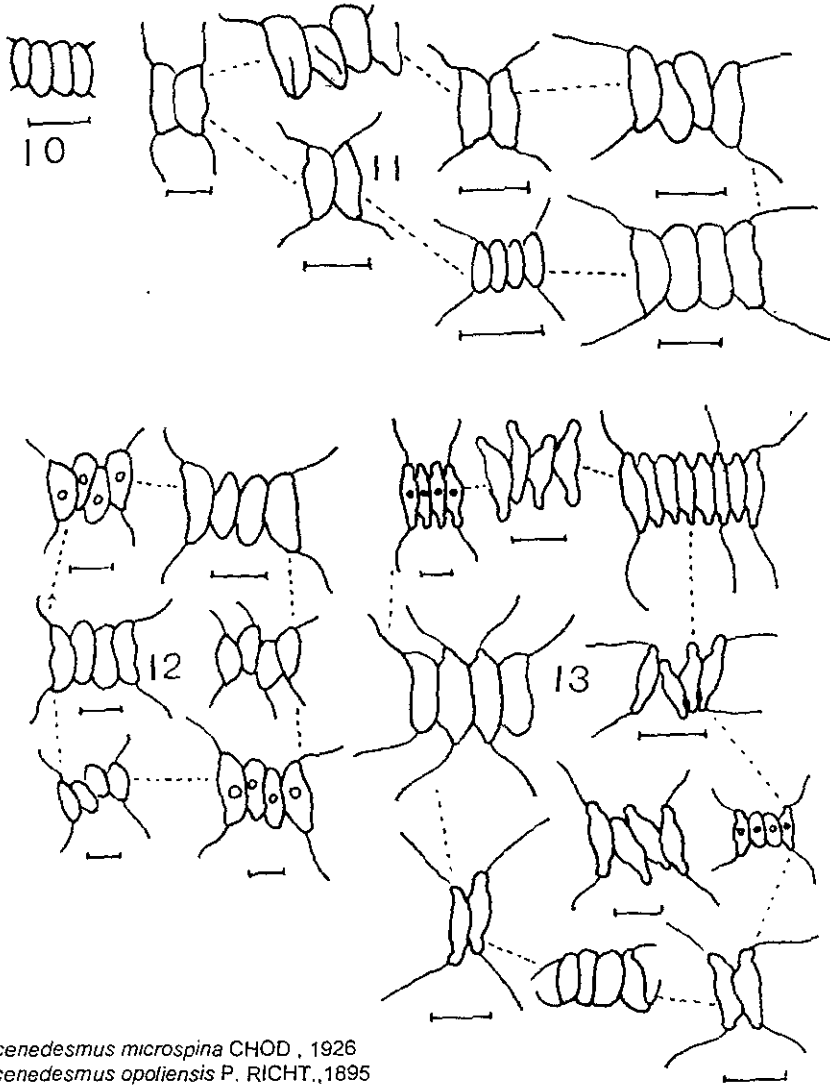
LÁMINA 1



- 1 *Scenedesmus acuminatus* (LAGERH)
CHOD., 1902
2 *Scenedesmus acunae* COMAS 1980
3 *Scenedesmus acutus* MEYEN 1829
4 *Scenedesmus arcuatus* (LEMM.)
LEMM., 1889
5 *Scenedesmus bicellularis* CHOD., 1926

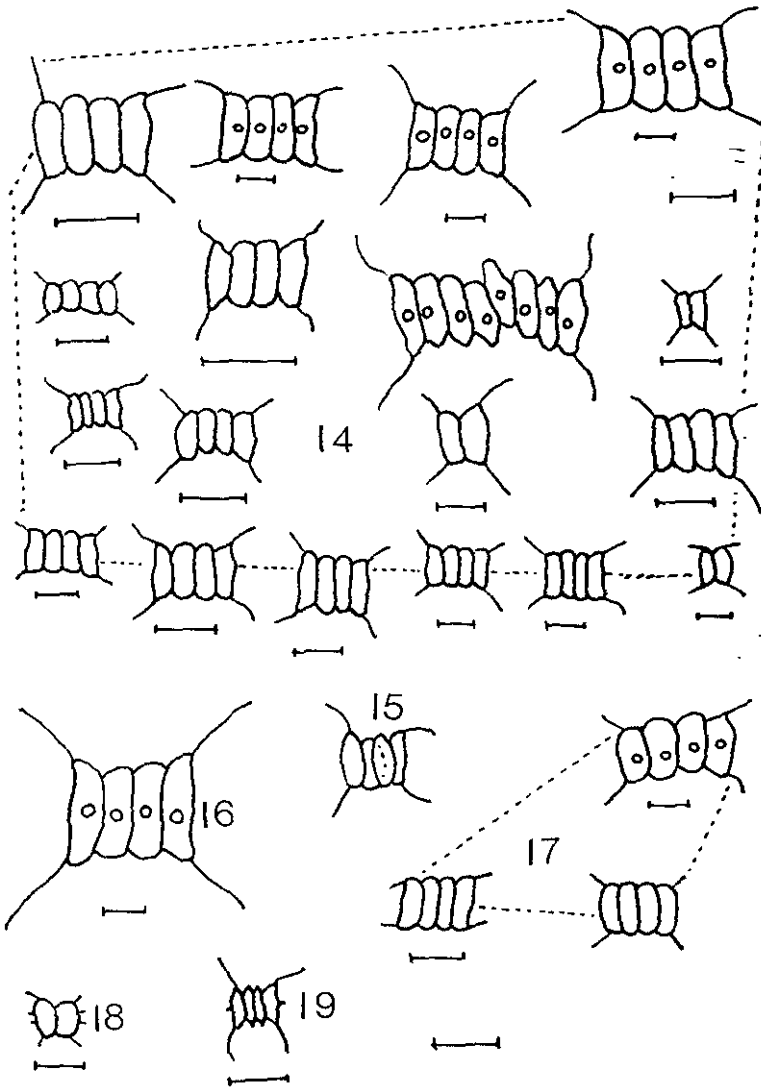
- 6 *Scenedesmus disciformis* fa. *disciformis*
(CHOD.) FOTT & KOM., 1960
7 *Scenedesmus ecornis* MEYEN, 1829.
8 *Scenedesmus ellipsoideus* CHOD., 1926
9 *Scenedesmus intermedius* CHOD., 1926

LÁMINA 2



- 10 *Scenedesmus microspina* CHOD , 1926
 11 *Scenedesmus opoliensis* P. RICHT., 1895
 12 *Scenedesmus pecsensis* UHERK., 1956
 13 *Scenedesmus protuberans* FRITSCH, 1927

LÁMINA 3



- 14 *Scenedesmus quadricauda* (TURP.) BREB *sensu* CHOD., 1913, 1926
 15 *Scenedesmus quadricauda* var. *hystricoides* MASJ., 1962
 16 *Scenedesmus quadricauda* var. *maximus* (WEST G.S. & WEST, 1985)
 17 *Scenedesmus quadricauda* var. *quadrispina* CHOD. G.M. SMITH, 1916
 18 *Scenedesmus spicatus* W. & G.S. WEST, 1898
 19 *Scenedesmus spinosus* CHOD., 1913

TABLA 4
 PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LAS ESPECIES REGISTRADAS DE *Scenedesmus* (cel./ml)

LUGAR	ESPECIE	acutus	acuminatus	acinae	arcuatus	bicellularis	disciformis	ecornis	ellipsoideus	intermedius	microspina
CHAPULTEPEC											
MED		0	190	0	0	0	0	450	8	23	0
D. STD		0	352	0	0	0	0	547	42	86	0
N.CARRILLO											
MED		0	9	0	0	0	0	6664	0	168	0
D. STD		0	49	0	0	0	0	13629	0	358	0
V DE BRAVO											
MED		0	0	0	24	0	0	602	0	0	0
D. STD		0	0	1	40	1	1	2529	0	0	0
ZEMPOALA											
MED		0	0	0	1	0	0	68	0	0	0
D. STD		0	1	0	7	0	0	377	0	0	1
STO.TOMÁS											
MED		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D. STD		0.5	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0
	ESPECIE	opoliensis	pecsensis	protuberans	quadricauda	quadri- var.hystri	quadri-var- maximus	quadri-var- quadrispina	spicatus	spinosus	
CHAPULTEPEC											
MED		91	2677	263	1265	0	69	1	0	203	
D. STD		190	7872	524	1288	1	393	8	0	444	
N.CARRILLO											
MED		7391	157	565	9045	0	0	0	1	10	
D. STD		16302	1011	1897	13694	0	0	1	5	60	
V DE BRAVO											
MED		0	33	67	615	0	0	0	0	8	
D. STD		0	170	323	2663	0	0	0	1	17	
ZEMPOALA											
MED		81	4	0	81	0	0	17	0	0	
D. STD		433	25	0	396	0	0	36	0	0	
STO.TOMÁS											
MED		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D. STD		0	0	0	0	0	0	0	0	0	

CARACTERIZACIÓN LIMNOLÓGICA DE LOS LUGARES MUESTREADOS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS TAXA EN RELACIÓN CON SU POTENCIAL INDICADOR

Los cuerpos de agua estudiados resultaron en un amplio intervalo de condiciones limnológicas (parámetros de mineralización, de trofismo y de saprobiedad), los cuales se resumen en la tabla 5.

TABLA 5

Media aritmética de los parámetros Físico-Químicos que caracterizan cada lugar de muestreo (s/r: sin registro)

CUERPO DE AGUA	LAGO DE CHAPULTEPEC	LAGO NABOR CARRILLO	PRESA VALLE DE BRAVO	ESTANQUE DE STO. TOMÁS ATZINGO	LAGUNA DE ZEMPOALA	CONJUNTO DE LAGOS MAARS
PARÁMETRO						
pH	8.2	s/r	6.5	7.9	7.0	9.1
O.D.	10.6	s/r	5.0	0.6	12.0	s/r
TEMP (°C)	18.5	s/r	19.0	13.9	18.0	14.3
TRANSPARENCIA	26	s/r	s/r	s/r	418	43
CONDUCTIVIDAD	338	3345	120	s/r	93	6401
ALC. F.	22	276	s/r	48	s/r	792
ALC. TOT.	68	1003	60	287	39	2594
SO ₄ ⁻²	33	215	3.1	s/r	16	228
Cl ⁻	10	815	2	s/r	1	s/r
DUREZA T.	68	114	50	s/r	43	814
DUREZA Ca	42	68	22	s/r	17	18
DUREZA Mg	27	50	28	s/r	25	120
P-PO ₄ ⁻³	2.2	19.8	s/r	6.2	0.05	0.15
P-TOT.	1.8	23.2	0.015	s/r	0.24	s/r
N-NH ₃	5.0	s/r	0.46	s/r	2	s/r
N-NO ₃ ⁻	7.6	s/r	0.01	2.1	0.25	0.06
N-NO ₂ ⁻	0.09	0.25	0.003	0.02	0.03	s/r
DBO	15.2	21	2	176	3	s/r
DQO	123	168	12	714	26	s/r

NOTA: Las unidades no especificadas son en mg/l; para el pH son unidades de pH, para la transparencia son cm y para la alcalinidad y la dureza son mg CaCO₃/l

Se observa que el intervalo de condiciones limnológicas es muy amplio. Los cuerpos de agua dulce son Chapultepec, Valle de Bravo, Sto. Tomás Atzingo, Zempoala (además de Aljojuca, Quechulac y Tecuítlapa en los lagos maars, Vilaclara *et al.*, 1993); los de aguas salobres, Nabor Carrillo (así como Alchichica, Atexcac y La Preciosa en los lagos maars, Vilaclara *et al.*, *op. cit.*). Los de trofismo elevado -cantidades considerables de nutrientes que se asocian con alta productividad- son Chapultepec, Nabor Carrillo, Sto. Tomás Atzingo (además de Tecuítlapa en los lagos maars, Garzón, 1990), los menos productivos son Valle de Bravo y Zempoala (además de Alchichica, Aljojuca, Atexcac, La Preciosa y Quechulac, Garzón, 1990). Los sistemas más sobrecargados de materia orgánica resultaron Sto. Tomás Atzingo (por entradas alóctonas, al ser un sistema de tratamiento secundario de aguas negras domésticas), así como Chapultepec, Nabor Carrillo y Tecuítlapa (por eutrofización, es decir, por acúmulo autóctono de materia orgánica, en los dos primeros, por contaminación de origen antropocéntrico, en Tecuítlapa, por el proceso natural de azolve que acortó el eje luz-gravedad del cuerpo de agua, Margalef 1983)

Con los resultados físico-químicos y la cuantificación de los taxa de *Scenedesmus* se calcularon las correlaciones no paramétricas de Spearman, cuyos resultados con valores de $r \geq 0.5$ y $p < 0.05$ se muestran en las tablas 6 y 7

TABLA 6
Especies de *Scenedesmus* y su correlación con parámetros de mineralización, temperatura y transparencia

(Correlaciones mayores o iguales a 0.5 y con índices de confianza superiores a 95%)

Especie	Lugar	Parámetro	Correlación
<i>S. acunae</i>	Valle de Bravo	Dureza Mg	0.5
<i>S. acutus</i>	Zempoala	pH	0.5
<i>S. arcuatus</i>	Valle de Bravo	pH	0.5
<i>S. opoliensis</i>	Nabor Carrillo	Alc. Fenolft.	-0.5
<i>S. opoliensis</i>	Nabor Carrillo	Alc. Total	-0.5
<i>S. opoliensis</i>	Nabor Carrillo	K ₂₅	0.7
<i>S. opoliensis</i>	Zempoala	Dureza Tot.	-0.5
<i>S. peccsensis</i>	Valle de Bravo	Temp	0.5
<i>S. protuberans</i>	Nabor Carrillo	Alc. Fenolft.	-0.5
<i>S. protuberans</i>	Nabor Carrillo	Alc. Total	-0.5
<i>S. protuberans</i>	Nabor Carrillo	Dureza Ca	-0.6
<i>S. protuberans</i>	Nabor Carrillo	Cl ⁻	-0.5
<i>S. quadricauda</i>	Nabor Carrillo	Alc. Total	-0.5
<i>S. quadricauda</i>	Zempoala	Alc. Total	-0.6

TABLA 7

Taxa de *Scenedesmus* y su correlación con parámetros saprobios

(Correlaciones mayores o iguales a 0.5 y con índices de confianza superiores a 95%)

Taxa	Lugar	Parámetro	Correlación
<i>S. acuminatus</i>	Zempoala	NO ₃ ⁻	0.5
<i>S. acutus</i>	Valle de Bravo	NO ₃ ⁻	0.5
<i>S. acutus</i>	Zempoala	O D.	0.5
<i>S. arcuatus</i>	Valle de Bravo	O D.	0.5
<i>S. disciformis</i>	Valle de Bravo	P Tot.	0.6
<i>S. ecornis</i>	Valle de Bravo	DQO	0.5
<i>S. intermedius</i>	Chapultepec	N-NH ₃	-1.0
<i>S. opoliensis</i>	Zempoala	DBO	0.6
<i>S. peccsensis</i>	Valle de Bravo	N-NO ₂ ⁻	0.6
<i>S. peccsensis</i>	Valle de Bravo	O D.	0.5
<i>S. quadricauda</i>	Zempoala	NO ₂ ⁻	-0.5
<i>S. quadricauda</i> var. <i>quadrispina</i>	Chapultepec	N-NH ₃	-0.5

Se observa como las correlaciones (las cuales ya se han comentado individualmente en la descripción de los taxa) significativas son escasas y generalmente bajas (usualmente entre 0.5 y 0.6 en valores absolutos), lo cual indica que —efectivamente— el género no es muy buen indicador de condiciones puntuales en el ámbito de la limnología. Destaca la correlación de *S. intermedius* con el amonio en Chapultepec, de -1.0, este dato podría interpretarse con base en la información, conocida desde hace tiempo (Johnson, 1988), de que el ión amonio en condiciones de pH alcalino³ resulta tóxico para algunos organismos, usualmente los peces; aunque *Scenedesmus intermedius* es un alga cloroficea, probablemente resulta muy sensible a estas condiciones.

Con base en la tabla 5, se realizó un análisis de presencia/abundancia (García de León, 1988) de los taxa de *Scenedesmus* en los lugares que registraron su presencia. Este análisis resume la importancia de los taxa en cada lugar según se presenten en grandes cantidades durante todos los muestreos (taxa dominantes), o bien son abundantes en algunos de los muestreos (temporales), o bien se encuentran en poca cantidad pero en todos los muestreos (constantes), o —por último— aparecen pocas veces y en baja cantidad (ocasionales). Los resultados se muestran en las Gráficas 1, 2, 3 y 4, las cuales se estructuran en relación al modelo que a continuación se presenta.



³ Aunque el promedio de pH en Chapultepec mostró valores de 8.2, su alcalinidad total alrededor de 68 mg CaCO₃ l (tabla 4) indica que su baja reserva alcalina no es suficiente para amortiguar el pH durante las horas de fotosíntesis activa, en las que el pH tiende a alcalinizarse fuertemente (se han llevado a registrar valores de pH superiores a 10 durante las horas iluminadas) (Meyer *et al.*, 1988).

ANÁLISIS PRESENCIA ABUNDANCIA

GRÁFICA 1

ESPECIES DEL LAGO DE CHAPULTEPEC

	S. peccensis
S. ellipsoideus S. quadricauda var. maximus S. quadricauda vaar. histicoides S. quadricauda var. quadrispina	S. quadricauda S. intermedius S. ecornis S. protuberans S. acuminatus S. spinosus S. opoliensis

GRÁFICA 2

ESPECIES DEL LAGO NABOR CARRILLO

	S. quadricauda S. ecornis S. opolilensis
S. peccensis S. spinosus S. spicatus S. acuminatus	S. protuberans S: intermedius

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

GRÁFICA 3

ESPECIES DE LA PRESA VALLE DE BRAVO

<i>S. spinosus</i>	<i>S. ecornis</i>
<i>S. acunae</i> <i>S. protuberans</i> <i>S. pectsensis</i> <i>S. acutus</i> <i>S. disciformis</i> <i>S. bicellularis</i>	<i>S. arcuatus</i>

GRÁFICA 4

ESPECIES DE LA LAGUNA DE ZEMPOALA

	<i>S. quadricauda</i> var. <i>quadrispina</i> <i>S. quadricauda</i>
<i>S. ecornis</i> <i>S. opiliensis</i> <i>S. acuminatus</i> <i>S. acutus</i> <i>S. microspina</i>	

En las gráficas presentadas se observa que los taxa dominantes son: en Chapultepec, *S. peccensis*, en Nabor Carrillo, *S. ecornis*, *S. opoliensis* y *S. quadricauda*, en Valle de Bravo, *S. ecornis*, y en Zempoala, *S. quadricauda* y *S. quadricauda var. quadrispina*. Resalta que ninguno de los taxa dominantes se repite en los otros sistemas

Especies temporales sólo hay una *S. spinosus* en Valle de Bravo

La distribución de los taxa constantes es muy variable. No hay ninguno en Zempoala; sólo uno -*S. arcuatus*- en Valle de Bravo, el doble -*S. protuberans* y *S. intermedius*- en el Nabor Carrillo, y hasta 7 -uno de ellos también *S. protuberans*- en Chapultepec.

El mayor número de taxa se ubica en el cuadrante de los ocasionales, los cuales varían entre 3 para Zempoala y 6 para Valle de Bravo.

Finalmente se relacionó la situación limnológica de los cuerpos de agua estudiados con la tabla de abundancias de los taxa y con las gráficas de presencia/abundancia, con el fin de generar una tabla resumen (tabla 8) que sirve para predecir la presencia de taxa de *Scenedesmus*, con base en los datos recopilados para este estudio:

TABLA 8

Niveles tróficos, alcalinidad y mineralización en relación con la presencia de taxa de *Scenedesmus*

Menor (-) -----ALCALINIDAD ----- Mayor(+)

(+)	TIPO DE AGUAS	POCO MINERALIZADAS	MEDIANAMENTE MINERALIZADAS	MINERALIZACIÓN ELEVADA
N U T R I M E N T O S (-)	HIPER-EUTROFIA	CHAPULTEPEC <i>Scenedesmus</i>	TECUITLAPA	ATLACOYA (TECUITLAPA NORTE)
	EUTROFIA	CHAPULTEPEC <i>Scenedesmus</i>	NABOR CARRILLO <i>Scenedesmus</i>	
	OLIGO- A MESO-TROFIA	VALLE DE BRAVO Y ZEMPOALA <i>Scenedesmus</i>	ALJOJUCA, LA PRECIOSA y QUECHULAC	ALCHICHICA y ATEXCAC

Menor(-) ----- MINERALIZACIÓN ----- Mayor (+)

Se espera encontrar taxa de *Scenedesmus* en aguas de trofismo que va de la oligotrofia hasta la hipereutrofia (pues Chapultepec pasó por etapas tanto de eutrofia como de hipereutrofia, Alcocer *et al.*, 1988), cuando los niveles de mineralización son bajos. Es curioso resaltar que en grados medianos de mineralización, sólo se encontró *Scenedesmus* en el Nabor Carrillo, pero no en los oligo- a mesotróficos (La Preciosa y Quechulac) ni en el hipereutrótico Tecuitlapa (todos ellos lagos maars); tampoco apareció *Scenedesmus* en los lagos mineralizados y con alcalinidad elevada (Alchichica, Atexcac y Atlacoya). Aunque parece haber una cierta consistencia en esta última observación, en el sentido de que los *Scenedesmus* no viven en condiciones de elevada mineralización por alcalinidad (lo cual viene apoyado por los diferentes autores consultados, pues ninguno de ellos menciona que haya especies adaptadas a condiciones de elevada alcalinidad), no deja de parecer extraño la abundancia de *Scenedesmus* en el Nabor Carrillo (mineralización intermedia, eutrofia). Quizá la explicación provenga del tipo de competencia que se establece con otras algas; por ejemplo, en Tecuitlapa prácticamente no hay clorofíceas, las cuales han sido desplazadas por las cianofíceas (típica condición de la hipereutrofia, Margalef, 1983; Vilaclara, 1997). La Preciosa, por ejemplo, es el lago maars menos productivo de todos cuando se considera la columna de agua (Garzón, 1990; Vilaclara *et al.*, 1993), lo cual asimismo desfavorece a las clorofíceas. Tampoco Quechulac presenta dominancia de clorofíceas, aun cuando su tendencia es más hacia la mesotrofia (nivel trófico en el cual dominan las diatomeas, Vilaclara, 1997).

CONCLUSIONES

En los cuerpos de agua estudiados encontramos 19 taxa infragenéricos de *Scenedesmus*, correspondientes a 16 especies y 3 variedades, lo cual se puede considerar un número bajo en relación con lo que se reporta para otras regiones del mundo.

En este estudio se encontraron cenobios de dos células de *S. protuberans* (fig. 13) en la presa de Valle de Bravo, que no se habían reportado anteriormente para esta especie. *S. acunae* se reporta por primera ocasión fuera de Cuba. *S. spicatus* es la primera vez que se reporta en cuerpos de agua de América

De los cuerpos de agua estudiados, se observa que la mayor cantidad y número de especies se presenta en el lago Nabor Carrillo, seguido en orden decreciente por Chapultepec, Valle de Bravo, Zempoala y estanques de estabilización de Sto. Tomás Atzingo. Resalta el hecho de no haber observado ninguna especie en los lagos maars.

En relación con las especies, existen algunas muy tolerantes a las variaciones ambientales porque se encuentran en casi todo tipo de aguas. Éstas son *S. ecornis*, *S. opoliensis*, *S. peccensis*, *S. protuberans*, *S. quadricauda* y *S. spinosus*.

En la laguna de estabilización de Sto. Tomás Atzingo se encontró sólo *S. acuminatus* y en cantidades muy bajas, justamente como células solitarias. En el lago principal de Chapultepec, la especie dominante del género fue sólo una -*S. peccensis*-, al igual que en la presa Valle de Bravo -en donde la dominante fue *S. ecornis*-. En la laguna de Zempoala fueron dos los taxa dominantes: *S. quadricauda* var. *quadrispina* y *S. quadricauda*. En el lago Nabor Carrillo, las dominantes fueron *S. ecornis*, *S. opoliensis* y *S. quadricauda*.

En dos sistemas de los estudiados -Zempoala y Nabor Carrillo-, *S. quadricauda* es dominante, mientras que en Chapultepec es una de las especies constantes, lo que nos indica su amplia distribución y escaso valor indicador. Lo mismo sucede con *S. ecornis*, que es dominante en Valle de Bravo y Nabor Carrillo, constante en Chapultepec y ocasional en Zempoala. También *S. opoliensis* es una especie dominante en el Nabor Carrillo, constante en Chapultepec y ocasional en Zempoala. *S. quadricauda* var. *quadrispina* la encontramos como ocasional en Chapultepec, mientras que en la laguna de Zempoala fue la dominante, superando incluso a *S. quadricauda*.

Al parecer, la presencia de *Scenedesmus* puede ser favorecida en condiciones de baja mineralización/alcalinidad (independientemente de la cantidad de nutrimentos) y quizá por las condiciones eutróficas (aunque no hipereutróficas, pues estimula la presencia de cianofíceas en lugar de clorofíceas), aun en condiciones de elevada mineralización/alcalinidad.

Excepto por el caso de *S. intermedius*, que resultó sensible a altas concentraciones de amonio, usualmente las especies observadas de *Scenedesmus* no parecen ser buenas indicadoras de condiciones limnológicas en general, ni de calidad de agua en particular.

BIBLIOGRAFÍA

- A.P.H.A, A.W.W.A. y W.P.C.F. 1980. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 15 ed. APHA. Washington, D.C.
- ALCOCER, J., E. KATO, E. ROBLES Y G. VILA CLARA. 1988. Estudio preliminar del efecto del dragado sobre el estado trófico del Lago Viejo de Chapultepec. *Contam. Ambient.* 4: 43-56
- ANÓNIMO. 1998. *Scenedesmus*. http://www.mancoledu/science/biology/plant_new/protoc/scened.html.
- ARREDONDO, J.L., L.E. BORREGO, R.M. CASTILLO y M.A. VALLADOLID. 1983. Bathymetry and morphometry of maars-lakes in "Cuenca Oriental", Puebla, México. *Biótica* 8(1): 37-47.
- BELTRÁN, J.G. y R. LÓPEZ. 1986. *Análisis cualitativo y cuantitativo de las algas microscópicas de un sistema de reactores totalmente mezclados en cascada, utilizado para depurar las aguas residuales (nejayote) provenientes de la industria procesadora del maíz*. Tesis para Biólogo ENEP Iztacala., UNAM.
- BOLD, H.C., C.J. ALEXOPOULOS y T. DELEVORYAS. 1980. *Morphology of plants and fungi*. 4ª ed. Harper & Row. N.Y
- BOURRELLY, P. 1972. *Les Algues d'eau douce. Initiation a la Systématique. Tome I: Les Algues Vertes*. Ed. N Boubée et. Cie. Paris.
- CHAUDHARI, P.R., I. JAYANGOUDER, y K.P. KRISHNAMOORTHY. 1987. Influence of Water Quality Parameters on the Phytotoxicity of DDT. *Indian.Natl. Sci. Acad. Port. B. Biol. Sci.* 57(4). 499-504.
- CHÁVEZ, M. 1986. *Contribución al conocimiento de la estructura y composición de las comunidades planctónicas de Valle de Bravo, Edo. de México*. Tesis para Biólogo. Facultad de Ciencias.
- CHÁVEZ, M. y J.L. MÁRQUEZ. 1985. Indicadores Biológicos de Contaminación Acuática. No publicado. 7 pp.
- CHODAT, R. 1909. *Polymorphisme des Algues. Étude critique et expermentale*. Librerie Georg et C. Genève
- CHODAT, R. 1913. *Monographies d'Algues en Culture Pure*. Edit. Berne, K.J. Wiss Librarie Editeur. Paris.
- EDMONSON, T.W. 1971. *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh water*. International Biological Program Handbook 17. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- FERNÁNDEZ-GALIANO, D. 1986. Aspectos microbiológicos de la contaminación. *IV Curso-Simposio sobre Biología de la Contaminación*. UNAM-UNP-SEDUE: 206-211.
- GARCÍA DE LEÓN, A. 1988. *Generalidades del análisis de cúmulos de componentes principales*. Divulgación Geográfica No.8 Instituto de Geografía UNAM. México.
- GARCÍA, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 4ª ed., lto. de Geografía, UNAM, México.
- GARZÓN, M.A. 1990 *Caracterización saprotrófica de los lagos crater de la región de Los Llanos, Pue.* Tesis para Biólogo. ENEP Iztacala., UNAM.
- HEGEWALD, D.E. y P.C. SILVA. 1988. *Annotated Catalogue of Scenedesmus and nomenclaturally related genera, including original descriptions and figures*. Bibliotheca Phycologica J. Cramer Bern, Stuttgart.
- HEYNING, H. 1984. Interesting planktonic algae from waters in the Holle District, East Germany *Arch. Protistenkd* 128(4): 341-349
- HOFFMAN, T. y E.HEGEWALD. 1986. The Influence of nutrient solutions on the viability as isolate of the genus *Scenedesmus* Subgenus *Acutodesmus*. *Arch. Hydrobiol. suppl.*73(3): 365-380.
- JOHNSON, S.K. 1988. El amoniaco como causa de mortalidad en los acuarios comerciales FONDEPESCA. FOEXT/JII/88
- KOMÁREK J. y J. RÚZICKA. 1969. *Study in phicology of Scenedesmus quadricauda (TURP.) BREB. E.* Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller) Stuttgart.
- KOMÁREK, J Y B. FOTT. 1983. *Das Phytoplankton des Süßwassers. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung. Chlorococcales*.E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- KUOSA, H. 1987. Finish records of the green algae genus *Scenedesmus* (Chlorococcales) from coast water and rock-ponds. *Ann. Bot. Fenn* 24(24): 395-402.
- KUSEL, E y W. FETZMANN. 1973 *Beiträge zur kenntnis der Algenflora der Hochgeirge Zentralamenkas und der Nördlichen Anden*. Hochgebirgsforschung Universitätsverlang Wagner, Innsbruck-Munchen.
- LAVOIE, A y J. De La NOUE. 1985. Hiperconcentrated cultures of *Scenedesmus obliquus* A new approach for waste water biological tertiary treatment. *Water Res* 11(19) 1437-1442.

- LUGO, V.A. 1984. *Estudio cualitativo y cuantitativo de los protozoarios zooflagelados presentes en las aguas negras almacenadas en una laguna de estabilización facultativa*. Tesis para Biólogo. ENEP Zaragoza, UNAM.
- MARGALEF, R. 1974. *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Ed. Omega, Barcelona.
- MARTÍNEZ, T.B. 1993. *Contribución al estudio de cladóceros y copépodos del lago Nabor Carrillo, Estado de México*. Tesis para Biólogo ENEP IZTACALA, UNAM
- MELO, G.C. 1988. Parque Nacional Lagunas de Zempoala, su problemática, marco ecográfico y una alternativa para su manejo. *Rev. Geografía de México* 3(2): 79-93.
- MORGAN, S.G. 1920. *Phytoplankton of the Indian Lake of Wisconsin Geological and Natural History Survey* Edit. Madison. Wisconsin.
- MURO, C.G. 1994. *Contribución al conocimiento de la distribución y abundancia de los cladóceros en los tres lagos de Chapultepec*. Tesis para Biólogo. ENEP Iztacala, UNAM. México.
- NAGHAVI, B. y R.F. MALONE. 1986. Algae removal by fine sand-silt filtration. *Water Res.* 20(3): 377-384.
- O.P.S. 1985. *Guías para la calidad del agua potable. Vol. 1, Recomendaciones*. Organización Panamericana de la salud, Publicación Científica No. 481. Washington.
- ORLIK, K., K. RASMUSSEN y S. LUNDOER. 1984. Interaction between phytoplankton, zooplankton and fish in the nutrient rich shallow lake Hjarbaek Fjord Denmark. *Int. Rev. Gesamten. Hydrobiol.* 6(3): 389-405.
- ORTEGA, M.M. 1984 *Catálogo de Algas Continentales Recientes de México*. Inst. Biología, UNAM. México.
- PARRA, O.O., M. GONZALEZ, V. DELLAROSA, P. RIVERA y M. ORELLANA. 1982. *Manual taxonómico del fitoplancton de algas continentales, con especial referencia al fitoplancton de Chile - V. Chlorophyceae. Parte I: Volvocales, Tetrasporales, Chlorococcales y Ulothrixoccales*. Ed Universidad de Concepción Chile.
- PESSON, P. 1979 *La Contaminación de las Aguas Continentales. Indicios sobre la Biocenosis Acuática*. Mundi-Prensa. Madrid.
- PLANAS, M.D. 1973. Composición, ciclo y productividad del fitoplancton del lago de Baryoles. *Ecología Acuática* 1: 3-106.
- PRESCOTT, G.W. 1954. *Algae of the Western Great Lakes Area*. Otto Koeltz Science Publishers. West Germany.
- PRIDDLE J y C.M. HAPPEY-WOOD 1983. Significance of the small species of chlorophyta in fresh water phytoplankton communities with special reference to 5 Welsh up lakes. *J. Acual. 7(3)*. 793-810
- PRINCE, D.J., B.R. MURPHY y L.M. SMITH. 1989. Effects of Tebuthiron on characteristic Green Algae foun in Playa Lake. *J. Environ Qual.* 18(1): 62-66.
- RIVERA, L.G. 1985. *Aislamiento e Identificación de Algas Muestradas de la Atmósfera de una Zona Urbana, Ciudad Universitaria*. Tesis para Biólogo. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- ROSAS, I. y G. ROY-OCOTLA. 1986. Distribución estacional de las Algas en la Atmósfera de la Ciudad de México. Pág 27 en: *IV Curso Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación*. UNAM México.
- ROWE, D.W. 1974. The Effect of Cadmium on Population grow of the Green Algae *Scenedesmus quadricauda*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 12(4): 442-445.
- ROY-OCOTLA, G e I. ROSAS. 1985. Composición Algal de dos Ciudades del Edo. de Veracruz. Pág. 42 en: *III Curso Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación*. UNAM. México
- SCARLETT, G., L. HILL y R. ALLENDER 1987. Bioassay survey of the biological water quality of a pulp and paper mill effluent. *APPITA* 40(2): 104-107.
- SCHWOERBEL, J. 1975. *Métodos de Hidrobiología Biología del agua dulce*. H Blume Editores. Madrid
- SIDDQUI, E.N., N.K. SINGH, H.S. BILGRAMI y J.S. DATTA-MUNSHI. 1981 *Algae of the Ganges River, India.1 Chlorococcales Nova. Hedwigia* 32(4): 789-796.
- SKUJA, H. 1949. *Zur Süßwasseralfgelflora Burmas*. Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB. Stuttgart.
- SKUJA, H. 1956 *Taxonomische und Biologische Studien über das Phytoplankton Schwedischer Binnengewässern* Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB Stuttgart
- SKUJA, H. 1964 *Grundzüge der Algenflora und Algenvegetation der Fjeldgegenden um Abisko in Schwedisch-Lappland* Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB Stuttgart
- SKUJA, H. 1976 *Verarbeiten zur einer Algenflora von Lettland* Bibliotheca Phycologica. J Cramer Stuttgart

- SLÁDECEK, V. 1966. Water quality system *Verh Int Ver Limnol* 16: 809-816.
- SLÁDECEK, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Ergebn. Limnol.* 7 IV : 1-218.
- SLÁDECEK, V. 1975 Saprogenetic hypothesis. *Verh. Int. Ver. Limnol* (19): 2324-2329.
- SLÁDECEK, V. 1985a Saprobity as an Enviromental Factor of Contamination. Pp. 277-284 en: *Memorias del V Coloquio Interno de Investigación.* ENEP IZTACALA, UNAM.
- SLÁDECEK, V. 1985b. Scale of saprobity. *Verh Int. Ver. Limnol.* (22): 2337-2347.
- SLÁDECEK, V., M. ZELINKA, J. ROTHSCHEIN Y V. MORAVCOVA. 1981. *Análisis biológico de las aguas superficiales Comentario a la Norma Estatal Checa 83 0532 – Parte 6: Determinación del índice saprobio* (traducción española al título en checo). Vydavatelství, Praga.
- SLÁDECKOVÁ, A Y SLÁDECEK, V. 1993 Bioindication within the aquatic environment. *Acta Universitatis Carolinae Environmentalica* 7: 3-69.
- SMITH, G.M. 1950. *The freshwater algae of the United States.* 2nd. Ed. McGraw and Hill, N.Y.
- SWALE, E.M.F. 1967. A Clone of *Scenedesmus* with *Chodatella*-stages. *Br. Phycol.* 3(2): 281-293.
- TAMAYO, J. 1962. *Geografía General de México. Geografía Biológica y Humana. (III).* Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas México.
- TELL, G. 1979. *Scenedesmus* nouveaux ou interesants de la Republique Argentine. *Rev Algol N.S.* XIV (4): 315-325
- TRAINOR, F.R. 1965. A study of unialgal cultures of *Scenedesmus* incubated in nature and in the laboratory. *Canadian Journal of Botany* 43. 701-706.
- TRAINOR, F.R. 1973. Growth of *Dictyosphaenum*, *Selenastrum* and *Scenedesmus* (Chlorophyceae) in a dilute algal medium. *Phycologia* 12(1/2): 35-39.
- TRAINOR, F.R. 1993. Cyclomorphosis in *Scenedesmus subspicatus* (Chlorococcales, Chlorophyta): Stimulation of colony development at low temperature. *Phycologia* 32 (6): 429-433.
- TRASK, B.J., G J VAN DEN ENGH y J H.B.W. ELGERSHUIZEN. 1982. Analysis of phytoplankton by flow cytometry *Citometry.* 2(4): 258-264
- UHERKOVICH, G. 1966. *Die Scenedesmus-Arten Ungarns.* Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest.
- VILACLARA, G. 1997. *Registro de erupciones volcánicas en las diatomitas lacustres de Tlaxcala, México.* Tesis Doctoral de Biología. Universidad de Barcelona.
- VILACLARA, G , M CHÁVEZ, A. LUGO, H.GONZÁLEZ Y M. GAYTÁN. 1993. Basic chemistry description of crater lakes, oriental basin, Mexico *Ver. Internat. Ver Limnol.* 25(1): 435-440
- VILACLARA, G. 1987. Crítica a la evaluación biológica de la calidad del agua mediante el sistema de saprobios *Memorias del VII Coloquio de Investigación de la ENEP-Iztacala.* Resumen XXX
- WANG, W. 1986. Acclimation and response of algae communities from different sources to zinc toxicity. *Water Air Soil Pollut* 28(3-4) 335-350
- WETZEL, R.G. 1983. *Limnology.* 2ed Saunders College Publishing Neu York.
- WONG, P.T S., Y.K CHAU y O PATEL. 1982. Physiological and Biochemical Responses of Several Fresh Water Algae to a Mixture of Metals. *Chemosphere* 4(11). 367-376
- WONG, P T S , Y K. CHAU y P.L. LUXON. 1978 Toxicity of a Mixture of Metals on Freshwater Algae. *Canadian Fisheries Research Board Journal* 335(4). 479-481