

ALGAS INDICADORAS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO LA MAGDALENA, DELEGACIÓN MAGDALENA CONTRERAS, DISTRITO FEDERAL, MÉXICO.

Universidad Nacional Autónoma de México
Enrique Arturo Cantoral Uriza
Javier Carmona Jiménez,
Jorge González González
Gustavo Montejano Zurita

Introducción

Los impactos y cambios ecológicos debidos a la incorporación de sustancias o de energía en el ambiente se designa generalmente como contaminación. La contaminación de las aguas continentales es tradicionalmente provocada por la introducción de desagües domésticos o municipales. Con el auge de las actividades industriales y de otros medios de producción, característicos del presente siglo, a esa carga de contaminación se añaden desechos industriales que utilizan fertilizantes sintéticos, herbicidas, insecticidas, metales pesados y otros compuestos en extremo nocivos a los ecosistemas y al hombre (Wilber, 1971; Murgel, 1984). Existe una idea errónea que considera que los procesos naturales acuáticos pueden diluir o depurar los contaminantes en el sistema. Sin embargo, la detección de concentraciones crecientes de diversos productos tóxicos (metales pesados como el mercurio y el plomo, compuestos organoclorados como los insecticidas, compuestos radiactivos) en ciertos organismos, a lo largo de las redes tróficas, ha puesto de manifiesto la ilusoria protección que ofrece el principio basado en la dilución. Por su parte el vertido en las aguas de materiales no tóxicos, biodegradables o fertilizantes, crea un desequilibrio en las condiciones vitales, dando lugar a unas alteraciones tanto o más graves que las asociadas directamente al vertido de productos tóxicos.

La contaminación de las aguas continentales plantea graves problemas tanto por la insuficiencia de nuestros recursos de agua como por la degradación de la calidad de vida en este medio natural fundamental, lo cual se traduce en profundas modificaciones de la flora y fauna acuáticas y en una serie de trastornos de diversa índole. Es en este momento cuando se hace fundamental, el detectar los factores que pueden afectar la distribución de las especies, usualmente se hacen comparaciones entre abundancias relativas y calidad del agua. Cuando un alto porcentaje de una especie ocurre consistentemente en un intervalo particular de condiciones físicas o químicas, ese intervalo es citado como favorable para esa especie. Algunos factores ambientales usualmente están intrínsecamente interrelacionados, como el alto nivel de oxígeno disuelto con el alto caudal en los ríos. La distribución de las especies puede entonces correlacionarse con ambos, pero estar controlada por uno sólo de ellos.

El desarrollo de las algas y de otros grupos de organismos acuáticos, puede verse inhibido por la introducción de residuos orgánicos e inorgánicos a los cuerpos de agua donde habitan, y puede estar estimulado ya sea por mecanismos de selección o por acción directa del efecto de nutrientes. El reconocimiento de los gradientes ecológicos restringidos de ciertas especies algales, es importante para el monitoreo de la calidad del agua, estudios paleoecológicos y cambios climáticos (Köppen, 1975; Hürlimann & Straub, 1991 In: Cox, 1995).

Como resultado de lo anterior, y teniendo en cuenta que no existe hasta el momento una compilación que integre la biología de las algas del río La Magdalena y su relación con la calidad del agua, se desarrolló la presente investigación que inició con el supuesto de que existen un conjunto de poblaciones algales que se expresan diferencialmente bajo diferentes condiciones ambientales y que pueden ser utilizadas como indicadores biológicos. De esta manera se delimitó el objetivo principal que es:

Objetivo general

Sistematizar, integrar y aplicar la información sobre algas existentes en el río La Magdalena, Delegación Magdalena Contreras, México, D.F., y conocer aspectos de su biología, taxonomía y ecología, que permita ubicar a especies que puedan ser empleadas como indicadores biológicos de la calidad del agua.

Objetivos particulares

1. Conocer el estado del cuerpo de agua desde el punto de vista fisicoquímico y biológico.
2. Conocer la ficoflora del río La Magdalena y sistematizar la información en claves de identificación taxonómica.
3. Identificar las variaciones naturales y de contaminantes en la composición de las comunidades algales.
4. Recopilar información de los intervalos ambientales de las especies en el río La Magdalena.
5. Ubicar y proponer especies y asociaciones algales para ser empleadas como indicadores biológicos de la calidad del agua.
6. Generar mecanismos para el diseño de estrategias y métodos de estudio en Ficología sobre indicadores biológicos.
7. Generar una base de datos de las especies algales indicadoras.
8. Formar personal altamente capacitado en el área.

Área de Estudio

El Valle de México desde el punto de vista hidrográfico es una cuenca endorréica, de origen volcánico que en la actualidad se drena artificialmente. Fisiográficamente la cuenca se divide en dos partes: la meridional limitada por las sierras Nevada y Calpulalpan al este; por las sierras de las Cruces y Monte Alto al oeste; por la Sierra del Ajusco al sur y al norte por las Sierras de Guadalupe y Platichique; y la septentrional limitada al norte por la Sierra de Pachuca; al oeste y noroeste por las Sierras de Monte Bajo, Alcaparrosa y Tezontlalpan, y al este por la Sierra de Calpulalpan y el Cerro Xihuingo. A través de las sierras de la región meridional bajan numerosos ríos con una considerable cantidad de agua, entre los cuales destaca el río La Magdalena (Figura 1). El río La Magdalena es un afluente permanente que se encuentra en el parque nacional de los Dínamos; se localiza en la Delegación Magdalena Contreras, D.F. entre los 19° 16' 00" LN y 99° 18' 22" LW con altitudes que varían de los 2,800 a los 3,170 msnm (INEGI, 1995). Forma parte de la región hidrológica del río Pánuco, subcuenca lago Texcoco-Zumpango y su cauce corre a través de la sierra del Ajusco en el cual se encuentran asentados cuatro construcciones que en algún momento funcionaron como dínamos. El tercero y cuarto

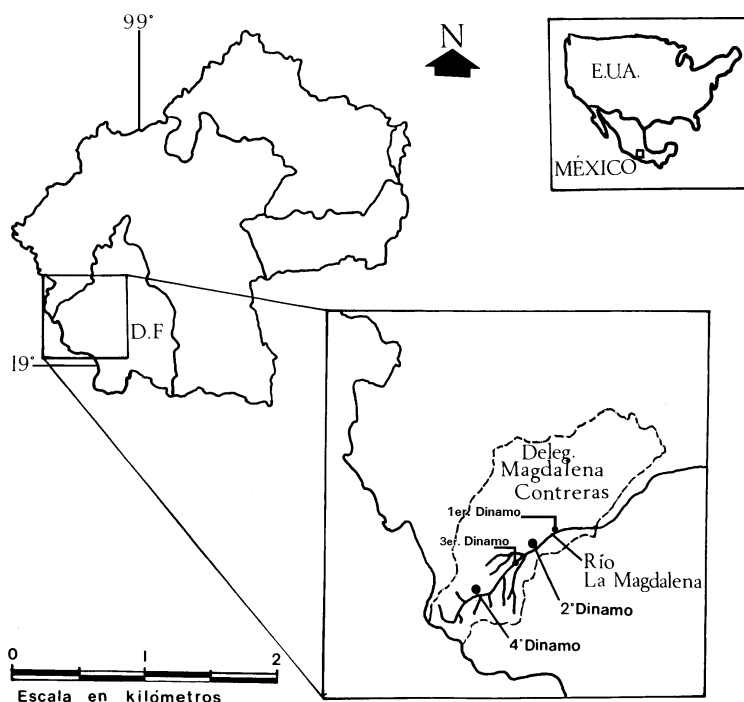


Figura 1.- Área de estudio y localidades de colecta.

dinamo se encuentran en las localidades de Anamiquiac y Xalancocotla respectivamente. En el segundo dinamo se instaló una planta potabilizadora de agua, la cual toma parte del agua para surtir a la comunidad y otra parte continúa su recorrido en la superficie hasta el siguiente dinamo y final del parque nacional. Una vez que entra a la zona urbana, el tramo de la superficie continua su recorrido hasta la presa Anzaldo donde descarga su cauce. En la zona del parque se pueden reconocer dos periodos con diferente precipitación pluvial, uno de lluvias en los meses de junio a octubre y otro de estiaje que abarca los meses de noviembre a mayo. La temperatura del agua puede

presentar un amplio gradiente que va de los 2°C a 12.8°C. En general el suelo de esta zona está compuesto de andosoles derivados de cenizas, de composición ácida y de textura ligera u ocasionalmente media o pesada. Además, el suelo puede estar mezclado con regostes. El clima es semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad C(E)(w₂). La vegetación predominante es bosque de Pinus y Quercus (P. rudis, P. montezumae y Q. rugosa) en suelos profundos y someros ocasionalmente muy pedregosos (Espinoza y Sarukhán, 1997).

Material y Método

El río se colectó en el cuarto, segundo y Camino a Santa Teresa entre los meses de noviembre de 1997 a febrero de 1999. En el campo se colectaron los crecimientos visibles algales, tomando el fragmento de roca con cincel y martillo, o bien levantando la muestra con espátula. Cada crecimiento quedó referido a un número de muestra el cual incluyó el registro de los factores ambientales en los que se encontró, tales como: temperatura, pH, iluminación, velocidad de corriente, conductividad y alcalinidad. Las muestras se fijaron en formalina al 4% e incorporaron a la sección ficológica del herbario FCME de la Facultad de Ciencias, UNAM. Para la observación de especies, se utilizaron microscopios Reichert Zetopan con contraste de fase interferencial y para algunas Bacillariophyceae se utilizó microscopia electrónica de barrido (MEB) con un microscopio JEOL JSM-5310LV. Se tomaron fotografías de las especies de Cyanophyceae, Chlorophyceae, Xantophyceae en microscopia óptica de luz y para algunas diatomeas en MEB.

Los siguientes trabajos fueron utilizados para la identificación de las Cyanophyceae: Desikachary (1959); Geitler (1930-1932), Anagnostidis & Komárek (1985, 1988), Komárek & Anagnostidis (1986, 1989), Gold-Morgan et al. (1994, 1996) y Montejano et al. (1993, 1997). Para las Bacillariophyceae: Germain (1981), Hustedt (1927-1930, 1930, 1931-1959), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, 1991b) y Patrick & Reimer (1966, 1975). Hoek (1963), Transeau (1951), Ventakamaraman (1961) y West & West (1904) fueron usados para las Chlorophyceae. Algunas especies quedaron sin determinar por la ausencia de estructuras reproductoras, o bien, por que no corresponde a lo descrito con la literatura.

El valor de los nutrientes se calculó con el equipo Hach ® y los gradientes ambientales quedaron definidos por el sistema propuesto por Lowe (1974), Sládeček (1973), Pesson (1979), Sládeček et al. (1981), Round (1984) y Goldsmith (1991). Con el objeto de evaluar preliminarmente la calidad del agua del río, se empleó el Índice del grado relativo de contaminación de Wantanabe, 1962 In: Werner, 1977, que emplea a las diatomeas (Bacillariophyceae) como indicadores biológicos:

$$I = \frac{2A + B - 2C}{A + B - C} \times 100$$

Donde: A- especies intolerantes a la contaminación

B- especies indiferentes a la contaminación

C- especies tolerantes a la contaminación

Los valores cercanos a 100 implican contaminación del sistema y los valores cercanos a 0, reflejan aguas limpias de contaminantes. Los cálculos se realizaron con base en dos tipos de abundancias: una cualitativa (valor de abundancia del de la especie en la muestra: 1 al 5) y valores cuantitativos (número de células por especie por muestra).

Resultados

Se analizaron un total de 101 muestras y se determinaron un total de 85 especies, de las cuales 12 (14.1 %) pertenecen al grupo de las Cyanophyceae, 12 (14.1 %) a las Chlorophyceae, 1 (1.17 %) a Xanthophyceae y 60 (70.5 %) a las Bacillariophyceae (Tabla 1, Anexo 1). Las especies más abundantes en las tres colectas fueron: *Mantellum* cfr. *adhaerens* (Cyanophyceae), *Chlorococcum* sp., *Prasiola mexicana* (Chlorophyceae), *Dichotomosiphon tuberosus* (Xanthophyceae), *Cocconeis placentula* var. *lineata*, *Cymbella silesiaca*, *Fragilaria ulna*, *Gomphonema grovei*, *Navicula capitatoradiata* y *Rhoicosphenia abbreviata* (Bacillariophyceae).

Clave de identificación taxonómica para diatomeas del río La Magdalena.

Se presenta una clave de identificación taxonómica tipo dicotómica, con proposiciones opuestas. Se describen e ilustran las características morfológicas de la pared celular, tomando como base los siguientes trabajos: Patrick y Reimer (1966, 1975); Bourrelly (1969); Germain (1981); Sarode y Kamat (1984); Lee y Round (1988); Kramer y Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, 1991b). El número que precede al nombre de la especie corresponde al número de figura (Anexo 2).

Clave para Ordenes de la clase Bacillariophyceae.

- 1. Organismos unicelulares con simetría radial. A. Centrales.
- 1a. Organismos unicelulares con simetría bilateral. B. Pennales.

A. Clave para el orden Centrales.

1a. Frústulos unidos en largos filamentos. 2.

1b. Frústulos no unidos en largos filamentos (algunas veces formando cadenas cortas)... 4.

2a (1a). Frústulos con surcos e hileras de aréolas en vista conectiva..... 3.

2b. Frústulos sin surcos e hileras de aréolas en vista conectiva, de 12.7 a 13.7 mm de largo y de 13 a 14.4 mm de ancho. *Melosira varians*. (Figuras 1,83).

3a (2a). Frústulos de 9 a 23.5 mm de largo y de 4.7 a 6.3 mm ancho; estrías de 11 a 12 en 10 mm. *Aulacoseira granulata*. (Figuras 2-4).

3b. Valvas de 32.5 mm de diámetro, con tres aréolas en el centro; estrías de 16 a 20 en 10 mm. *Orthoseira roseana*. (Figuras 5-6).

4a (1b). Frústulos en vista valvar con ornamentación central igual a la del margen; valvas de 9 a 15.5 mm de diámetro; estrías de 20 a 26 en 10 mm; 8 a 13 espinas en 10 mm. *Stephanodiscus*. sp. (Figuras 7-8).

4b. Frústulos en vista valvar con ornamentación central diferente a la del margen 5.

5a. (4b). Valvas con espinas en los márgenes, de 9 a 15.6 mm de diámetro; estrías de 20 a 26 en 10 mm; espinas de 8 a 13 en 10 mm. *Cyclotella* sp.

5b. Valvas sin espinas en los márgenes, discoidales, de 10.3 a 14.6 mm de diámetro, márgenes gruesos y ondulados; área central grande y finamente punteada; estrías gruesas, de 8 a 10 en 10 µm.....*Cyclotella meneghiniana*. (Figuras 9-10).

B. Clave para el orden Pennales.

1a. Frústulos con pseudorafe. 2.

1b. Frústulos con rafe..... 7.

2a (1b). Frústulos con divisiones formadas por engrosamientos de la pared celular..... 6.

2b. Frústulos sin divisiones formadas por engrosamientos de la pared celular..... 3.

3a (2b). Estrías punteadas y convergentes en el área axial. 4.

- 3b. Estrías en forma de costilla y desfasadas en el área axial; valvas de 6.2 a 18.8 μm de largo y de 3.6 a 7.2 μm de ancho; estrías de 8 a 17 en 10 μmFragilaria pinnata. (Figuras 11-12).
- 4a (2b). Frústulos con interrupción de estrías en la región central. 5.
- 4b. Frústulos sin interrupción de estrías en la región central y constreñidas en la porción media; valvas de 20.6 μm de largo y de 4.3 μm de ancho; estrías de 15 a 16 en 10 μm . .
..... Fragilaria construens. (Figuras 13-14).
- 5a (4a). Valvas lineales, de 122.4 a 153.9 μm de largo y de 10.2 a 15.5 μm de ancho.
..... Fragilaria ulna. (Figura 15).
- 5b. Valvas lanceoladas, de 17.2 a 30.7 μm de largo y de 4 a 5.3 μm de ancho.
.....Fragilaria bidens. (Figura 16).
- 6a (2a). Valvas lanceoladas a lineales, de 12 a 19.9 μm de largo y de 5.9 a 8.8 μm de ancho.Diatoma mesodon. (Figuras 17,81-82).
- 6b. Valvas en forma de cuña y capitada en el ápice más ancho, de 16 a 22.1 μm de largo y de 4.7 a 5 μm de ancho..... Meridion circulare var. constrictum. (Figuras 18-19).
- 7a (1b). Valvas con simetría longitudinal. 27.
- 7b. Valvas sin simetría longitudinal. 8.
- 8a (6b). Margen convexo de la valva frecuentemente ondulado; valvas de 19 a 20 μm de largo y de 2.9 a 3.7 μm de ancho; estrías de 18 a 20 en 10 μm Eunotia exigua. (Figuras 21-23,84).
- 8b. Margen convexo de la valva liso. 9.
- 9a (7b). Rafe dentro de una quilla o carena. 19.
- 9b. Rafe no dentro de una quilla o carenal. 10.
- 10a (9b). Valvas con costillas transversales. 17.
- 10b. Valvas sin costillas transversales. 11.
- 11a (10b). Valvas con los lados paralelos en vista conectiva; rafe excéntrico, arqueado.
..... 12.
- 11b. Valvas ampliamente elípticas en vista conectiva, de 34.4 a 37.9 μm de largo y de 14.7 a 17.5 μm de ancho; rafe giboso o sinuoso, poco anguloso dorsalmente; estrías de 11 a 13 en 10 μm Amphora commutata. (Figura 20).
- 12a (11a). Valvas elípticas, ligeramente arqueadas dorsiventralmente, de 11.5 a 13.1 μm de largo y de 3.7 a 4 μm de ancho; margen ventral con una protuberancia cóncava en la parte media, esta zona carece de estrías; estrías de 16 a 17 en 10 μm .
..... Cymbella sinuata. (Figura 24-26).
- 12b. Valvas no elípticas. 13.
- 13a (12b). Valvas ligeramente asimétricas o curvadas. 16.

- 13b. Valvas fuertemente asimétricas o curvadas. 14.
- 14a (13b). Con estigmas en el área central; valvas semilanceoladas, arqueadas dorsiventralmente, de 93.1 a 156.8 μm de largo y de 30.8 a 35.4 μm de ancho; estrías de 7 en 10 μm *Cymbella mexicana*. (Figura 27).
- 14b. Sin estigmas en el área central. 15.
- 15a (14b). Valvas de 37.2 a 43.7 μm de largo y de 11.2 a 11.9 μm de ancho; márgenes convexos; ápices redondeados; rafe ligeramente excéntrico; estrías de 12 en 10 μm *Cymbella leptoceros*. (Figura 31).
- 15b. Valvas con el margen dorsal convexo y el margen ventral cóncavo, de 19.4 a 24.2 μm de largo y de 7.2 a 7.3 μm de ancho; estrías de 11 a 12 en 10 μm *Cymbella silesiaca*. (Figura 28).
- 16a (13a). Valvas gradualmente atenuadas hacia los ápices, de 30.2 a 38 μm de largo y de 7.1 a 8.6 μm de ancho; estrías de 12 a 13 en 10 μm *Cymbella norbergica*. (Figura 29).
- 16b. Valvas generalmente capitadas, de 32.6 μm de largo y de 9 μm de ancho; área central pequeña y redonda; estrías de 12 en 10 μm *Cymbella naviculiformis*. (Figura 33).
- 17a (10a). Valvas convexas en el margen dorsal y rectas o cóncavas en el margen ventral, de 72.3 a 115.7 μm de largo y de 20.8 a 31.7 μm de ancho; estrías de 9 a 10 en 10 μm ; costillas de 4 a 5 en 10 μm *Epithemia turgida* var. *granulata*.
- 17b. Valvas con el contorno en forma de paréntesis, convexas en el margen dorsal y rectas en el margen ventral. 18.
- 18a (17b). Valvas elongadas con una ligera inflación en la mitad, de 93.7 a 96.5 μm de largo y de 9 μm de ancho; estrías de 12 a 14 en 10 μm ; costillas de 7 a 8 en 10 μm *Rhopalodia gibba*.
- 18b. Valvas elípticas, de 22 a 24 μm de largo y de 4.9 a 6 μm de ancho; estrías de 15 a 16 en 10 μm ; costillas de 3 a 4 en 10 μm *Rhopalodia gibberula*. (Figura 32).
- 19a (9a). Canal del rafe periférico. 25.
- 19b. Canal del rafe excéntrico o marginal lateral. 20.
- 20a (19b). Valvas lineal-lanceoladas. 21.
- 20b. Valvas ligeramente arqueadas, cara dorsal convexa, de 111.4 μm de largo y de 9.5 μm de ancho; ápices capitados; estrías de 15 en 10 μm *Hantzschia amphioxys*. (Figura 30).
- 21a (20a). Valvas de forma sigmoide, de 20 a 25 μm de largo y de 4.3 a 5 μm de ancho; ápices capitados; fíbulas de 9 a 12 en 10 μm *Nitzschia clausii*. (Figura 34).
- 21b. Valvas de forma no sigmoide. 22.

- 22a (21b). Valvas con los ápices aciculados, de 52.5 μm de largo y de 4 μm de ancho; fíbulas de 16 en 10 μm *Nitzschia acicularis*. (Figura 35).
 22b. Valvas con los ápices aciculados. 23.
- 23a (22b). Valvas con puntos grandes en la quilla; estrías visibles. 24.
 23b. Valvas con puntos pequeños en la quilla; estrías finas. Valvas lanceoladas, de 14.9 a 18.9 μm de largo y de 4 a 4.1 μm de ancho; fíbulas de 12 a 15 en 10 μm .
 *Nitzschia palea*. (Figura 40).
- 24a (23a). Valvas lineales a lanceoladas, de 20.7 a 36 μm de largo y de 4.1 a 5.3 μm de ancho; estrías de 15 a 20 en 10 μm ; fíbulas de 9 a 10 en 10 μm *Nitzschia amphibia*. (Figuras 37-38).
 24b. Valvas lanceoladas, de 105.6 a 138.7 μm de largo y de 3.1 a 6.3 μm de ancho; ápices capitados; hasta 24 estrías en 10 μm ; fíbulas de 9 en 10 μm *Nitzschia heufleriana*. (Figura 39).
- 25a (19a). Valvas heteropolaes. 26.
 25b. Valvas isopolaes, de 26 μm de largo y de 7.1 μm de ancho; costillas de 7 en 10 μm .
 *Surirella angusta*. (Figura 42).
- 26a (25a). Valvas ovadas, de 59.9 μm de largo y de 18.9 μm de ancho; costillas 3 en 10 μm *Surirella brightwellii*. (Figura 41).
 26b. Valvas ovadas-lanceoladas, de 85.5 μm de largo y de 38 μm de ancho; 2 costillas en 10 μm *Surirella nervosa*. (Figura 36).
- 27a (7a). Isopolaes en vista valvar. 31.
 27b. Heteropolaes en vista valvar. 28.
- 28a (27b). Valvas ampliamente expandidas para formar un ápice cuneiforme. 30.
 28b. Valvas no ampliamente expandidas para formar un ápice cuneiforme. 29.
- 29a (28b). Valvas de forma muy variable, la forma nominal es clavada-lanceolada, de 12 a 28 μm de largo y de 4 a 6 μm de ancho; ápices capitados-rostrados; estrías de 13 en 10 μm *Gomphonema parvulum*. (Figura 43).
 29b. Valvas lanceoladas a ovadas, de 28.4 a 37.7 μm de largo y de 6.7 a 8.9 μm de ancho; ápices redondeados; estrías de 12 a 14 en 10 μm *Gomphonema grovei*. (Figura 44).
- 30a (28a). Valvas gibosas en el centro y biconstreñidas, de 42.3 a 52.1 μm de largo y de 7.5 a 17.3 μm de ancho; ápice aciculado en un extremo de la valva; estrías de 11 a 12 en 10 μm *Gomphonema acuminatum*. (Figura 45).
 30b. Valvas hinchadas en el centro, de 43.1 μm de largo y de 11.4 μm de ancho; ápices ampliamente redondeados y capitados; estrías de 9 a 10 en 10 μm *Gomphonema truncatum*. (Figuras 46-47).
- 31a (27a). Valvas con igual ornamentación. 36.

- 31b. Valvas con diferente ornamentación. 32.
- 32a (31b). Valva del rafe con el área central hialina y alargada, en forma de cruz o stauros..... 34.
- 32b. Valva del rafe con el área central de forma elíptica. 33.
- 33a (32b). Valvas elípticas, de 43.7 μm de largo y de 21 μm de ancho, con ornamentación menos vigorosa que la valva del pseudorafe; estrías 20 a 23 en 10 μm*Cocconeis placentula* var. *lineata*. (Figura 48).
- 33b. Valvas de forma clavada a lineal-lanceoladas, claramente heteropolares a ligeramente isopolares; curvadas y cuneadas en vista conectiva, de 12 a 35 μm de largo y de 4 a 8 μm de ancho; estrías de 14 a 15 en 10 μm*Rhoicosphaenia abbreviata*. (Figuras 49-50).
- 34a (32a). Valva del rafe, con el área central en forma de U en uno de sus lados. Valvas elípticas a lanceoladas, de 13.7 a 18 μm de largo y de 4.6 a 5.8 μm de ancho; estrías de 16 a 25 en 10 μm*Achnanthes lanceolata* var. *lanceolata*. (Figuras 51-53).
- 34b. Valva del rafe, sin el área central en forma de U en uno de sus lados..... 35.
- 35a (34b). Valvas lineal-elípticas, de 25.6 a 35 μm de largo y de 5 a 6.1 μm de ancho; ápices redondeados; estrías de 23 en 10 μm *Achnanthes hungarica*. (Figuras 54-55).
- 35b. Valvas lineales, de 5 a 25 μm de largo y de 2 a 4 μm de ancho; ápices redondeados; área central pequeña; estrías muy finas..... *Achnanthes minutissima* var. *minutissima*. (Figuras 58-59).
- 36a (31a). Nódulos centrales conectados por dos listones paralelos; valvas lanceoladas, de 44.3 a 52.4 μm de largo y de 9.5 a 11 μm de ancho; ápices capitados; estrías finas. *Frustulia rhomboides* var. *crassinervia*. (Figura 56).
- 36b. Nódulos centrales no conectados por dos listones paralelos..... 37.
- 37a (36b). Estrías punteadas o lineales. 41.
- 37b. Estrías en forma de costillas. 38.
- 38a (37b). Área axial lineal-elíptica; área central grande, circular. Valvas de 41.4 μm de largo y 9.8 μm de ancho; estrías de 6 en 10 μm *Pinnularia borealis*. (Figura 57).
- 38b. Área axial lineal-lanceolada, estrecha o moderadamente amplia..... 39.
- 39a. (38b). Área central amplia, en ocasiones formando un stauros..... 40.
- 39b. Área central estrecha, circular a elíptica. Valvas de 65.5 a 68.5 μm de largo y de 16.4 a 17.1 μm de ancho; estrías de 8 a 9 en 10 μm *Pinnularia viridis*. (Figura 60).
- 40a (39a). Área central rectangular, formando un amplio stauros; valvas de 12.8 μm de largo y de 4 μm de ancho; estrías de 8 a 10 en 10 μm *Pinnularia simmillis*.

- 40b. Área central de forma elíptica, en ocasiones formando pequeño stauros. Valvas de 52.1 a 56.1 μm de largo y de 10.6 a 10.7 μm de ancho; estrías de 11 a 12 en 10 μm .
 Pinnularia microstauron. (Figura 62).
- 41a (37a). Valvas con líneas paralelas que cortan las estrías sin interrumpirlas..... 53.
 41b. Valvas sin líneas paralelas que cortan las estrías sin interrumpirlas. 42.
- 42a (41b). Nódulo central extendido a través de la valva. Valvas de 96 a 152 μm de largo y de 21 a 27.8 μm de ancho; estrías de 13 a 14 en 10 μm Stauroneis phoenicenteron. (Figura 61).
 42b. Nódulo central no extendido a través de la valva. 43.
- 43a (421b). Nódulo central prolongado en canales longitudinales; valvas elípticas, de 16.7 a 29 μm de largo y de 9 a 23.7 μm de ancho; estrías de 12 a 15 en 10 μm Diploneis elliptica. (Figuras 63-65).
 43b. Nódulo central no prolongado en canales longitudinales. 44.
- 44a (43b). Rafe recto, con los nódulos centrales generalmente en direcciones opuestas. Valvas de 91.4 a 93.5 μm de largo y de 23 a 24.9 μm de ancho; estrías de 20 a 21 en 10 μm Neidium iridis. (Figura 66).
 44b Rafe recto, con los extremos centrales generalmente en la misma dirección. 45.
- 45a (44a). Estrías punteadas. 49.
 45b. Estrías lineales. 46.
- 46a (45b). Valvas lanceoladas. 47.
 46b. Valvas elípticas, de 51.1 a 67.19 μm largo y de 13.6 a 19.6 μm de ancho; estrías de 7 a 8 en 10 μm Navicula reinhardtii. (Figura 67).
- 47a (46a). Valvas capitadas.48.
 47b. Valvas no capitadas, de 18.3 a 19.9 μm de largo y de 4.8 a 4.9 μm de ancho; estrías de 15 a 19 en 10 μm Navicula radiosa. (Figuras 68-69).
- 48a (47a). Áreas axial y central reducidas. Valvas de 25.1 a 28.7 μm de largo y de 6.4 a 7.8 μm de ancho; estrías de 13 a 14 en 10 μm Navicula capitatoradiata. (Figuras 70-71).
 48b. Área axial amplia y área central rectangular. Valvas de 35.9 a 37.8 μm de largo y de 8.7 a 10 μm de ancho; estrías de 13 a 14 en 10 μm Navicula cryptocephala.
- 49a (45a). Valvas con los márgenes lisos..... 51.
 49b. Valvas con los márgenes ondulados. 50.
- 50a (49b). Valvas de 18.2 μm de largo y de 7.6 μm de ancho; estrías muy finas.
Navicula tridentula.
 50b. Valvas de 23.6 μm de largo y de 8.3 μm de ancho; estrías de 17 en 10 μm .
Navicula nivalis. (Figuras 72-73).

51a (49a). Valvas lanceoladas, de 116.8 a 175.8 μm de largo y de 25.7 a 43.4 μm de ancho; ápices rostrados; estrías de 15 a 16 en 10 μmNavicula cuspidata. (Figura 74).

51b. Valvas elípticas..... 52.

52a (51b). Valvas elípticas, de 8.3 μm de largo y de 5.3 μm de ancho; área central amplia, de forma rectangular; estrías de 25 en 10 μm Navicula mutica. (Figuras 76-77).

52b. Valvas ligeramente elípticas, de 10.1 a 10.9 μm de largo y de 8.3 a 9.8 μm de ancho; estrías 5 a 6 de en 10 μm Navicula pseudocutiformis. (Figura 75).

53a (41a). Valvas con constricciones, de 59 μm de largo y de 13.8 μm de ancho; área axial amplia; área central rectangular; estrías de 18 a 19 en 10 μmCaloneis silicula. (Figura 78).

53b. Valvas sin constricciones, de 19 a 21.4 μm de largo y de 3.9 a 4.9 μm de ancho; área axial estrecha; área central rectangular; estrías de 20 en 10 μm Caloneis bacillum. (Figura 79-80).

Base de datos

Se presenta una base de datos ordenada en el procesador ACCES 97, MS-OFFICE de Microsofft, ordenada en formato de Tabla con 9 columnas y 85 renglones. La información contiene el nombre de la especie, autoridad taxonómica, clase taxonómica, número de muestra de referencia, localidad donde se colectó, grado de saprobies, tolerancia a las fluctuaciones ambientales y referencias ambientales que la reconocen como especie indicadora. Esta información se puede manejar y/o editar con otros procesadores de texto u hojas de cálculo.

Características físicoquímicas del cuerpo de agua

Las variables físicas y químicas de los dinamos (2o y 4o) y camino a Santa Teresa se presentan en la tabla 2.

Variables/Localidad	2o. Dínamo	4o. Dinamo	Sta. Teresa
Fecha de colecta y relación del número de muestra	8-II-98 (48-54) 6-VII-98 (61-64) 28-X-98 (71-73) 24-I-99 (92-94)	23-XI-97 (1-23) 8-II-98 (24-47) 6-VII-98 (55-60) 30-VIII-98 (65-70) 19-XII-98 (74-88) 24-I-99 (95-101)	24-I-99 (89-91)
Temperatura (°C)	6.0-12.8	2.0-11.0	4.7
PH	7.3-7.8	6.31-7.77	6.84
Conductividad (µs)	50.3-90.1	39.4-102.0	59.1
Fosfatos mg l ⁻¹ (PO ₄)	0.2	-----	2.19
Sulfatos mg l ⁻¹ (SO ₄)	11.0	-----	44.0
Nitratos mg l ⁻¹ (NO ₃ -N)	0.7	-----	6.2
Alcalinidad mg l ⁻¹ (CaCO ₃)	3.72	-----	3.16
Dureza-Ca mg l ⁻¹ (CaCO ₃)	0.01	-----	0.01
Dureza-Mg mg l ⁻¹ (CaCO ₃)	0.90	-----	0.76
Silicatos mg l ⁻¹ (SiO ₃)	32.1	-----	50.5

Tabla 2.- Gradientes físicos y químicos de las localidades de colecta.
----- = No se registró.

Las algas como indicadores biológicos.

En las referencias bibliográficas de diatomeas (Bacillarophyceae), encontramos que 2 de nuestras especies se han referido para aguas contaminadas (polisaprobio); 26 referidas para aguas con procesos de oxidación y poca materia orgánica (mesosaprobio); 17 referidas a aguas con biodegradación completa de compuestos (oligosaprobio); 4 referidas en aguas limpias (sapróxeno) y 12 sin datos. El resto de las clases no tienen referencia de saprobies, de tal forma, es un precedente para futuros trabajos sobre Cyanophyceae y Chlorophyceae como indicadores ambientales.

El índice de Wantanabe en datos cualitativos mostró que el sistema del río La Magdalena presenta un valor de $I=1.000$ en el segundo dinamo y $I=1.006-1.008$ en el cuarto (Figura 2, Anexo 3). El índice de Watanabe con datos cuantitativos fue $I=1.00$ a 1.05 para el cuarto dinamo, de $I=1.00-1.01$ para el segundo dinamo y $I= 2.01$ a 2.47 para el Camino Santa Teresa. (figura 3, Anexo 3).

Formación de personal en el área

En el proyecto participaron tres alumnas de la carrera de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, las cuales colaboraron en la presentación de resultados preliminares en el VII Congreso Latinoamericano de Botánica y XIV Congreso Mexicano de Botánica, que se celebró en la ciudad de México del 18-22 de octubre del presente. Actualmente están cursando la materia “Evaluación y manejo de recursos algales en la región central de México”, curso optativo que consta de cuatro semestres de duración, carrera de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM.

Discusión

Como resultado de esta investigación registramos que el río La Magdalena en su porción que comprende los cuatro dinamos está representada por comunidades algales típicas de corrientes alpinas que corresponden a la vegetación original. Son características de aguas cataróbias limpias e inalteradas. Los recimientos visibles más abundantes son de *Prasiola mexicana*, costras verdes adheridas a las rocas de *Chlorococcum* sp. y películas de *Phormidium retzii* y *Lyngbya* sp. que cubren el sustrato rocoso del cauce. Es necesario resaltar que se requiere resolver la taxonomía de algunas especies que están sin epíteto específico, con el desarrollo de cultivos.

Las comunidades algales encontradas en el río La Magdalena corresponden a la flora original de corrientes de montaña encontradas en México. Se describen especies tales como *Pinnularia borealis* (Bacillariophyceae), *Scenedesmus armatus* (Chlorophyceae) y *Prasiola mexicana* (Chlorophyceae) especies características de regiones alpinas, lo que coincide con las condiciones ambientales del río La Magdalena. Se registraron cambios considerables en la temperatura entre noviembre y febrero ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$) que se manifestaron de manera importante en el cambio de especies algales, lo que provocó un remplazamiento natural de los crecimientos visibles de las macroalgas dominantes de *Prasiola mexicana* y especies de diatomeas que contrastó con su ausencia en la época de invierno. Sólo se observaron pequeños talos en estados jóvenes de la historia de vida de algunas especies, que permitieron su expresión en otra época, cuando se dió el cambio de temperatura. Las diatomeas son un grupo microscópico que permanece en toda época, pero varía en composición y abundancia. Como resultado del análisis ficoflorístico se mostró que las diatomeas (Bacillariophyceae) fueron el grupo sobresaliente en términos del número de especies y con mayor referencias ambientales.

El resultado del índice de Wantanabe mostró que las especies de diatomeas permiten caracterizarlo como un sistema de aguas limpias. Por el contrario, en el Camino a

Santa Teresa el índice presentó valores de aguas eutróficas. Existe el caso de *Navicula capitatoradiata*, que se describe para aguas donde los procesos de oxidación de los desechos orgánicos ocurren, sin embargo, el conjunto de las especies asociadas indican que el agua sufre un proceso de biodegradación completa.

El mismo río cuando entra a la zona urbana en la zona de Magdalena Contreras presenta un cambio importante respecto a la fisicoquímica del agua y se ve expresada en las comunidades algales. Estas cambian en cuanto a composición de los grupos presentes como en su expresión fenotípica mostrando cambios en coloración, olor y una alta cantidad de epífitos, en esta zona se observó el aumento en las comunidades bacterianas y de cianofitas relacionadas con un aumento en la concentración de sulfatos, fosfatos y nitratos, debido al aporte de desagües domésticos de la zona.

Conclusiones

Los resultados de la investigación mostraron que la calidad del agua en el río es muy satisfactoria. Se ve reflejada en la alta diversidad y abundancia de algas referidas para ambientes oligosaprobios o mesosaprobios. La temperatura y la precipitación pluvial (época de lluvias y secas) fueron los factores que determinaron las fluctuaciones naturales en el parque nacional y el incremento de nutrientes (sulfatos, nitratos y fosfatos) determinan el cambio de la composición específica y abundancia en la zona urbana. Si bien el uso del agua puede utilizarse con diversos fines, es necesario monitorearla periódicamente ya que puede ser alterada por contaminantes o por el aporte de materia orgánica originada por incendios forestales.

Es fundamental el hacer consciente a la población sobre la importancia del agua, de la conservación de las áreas naturales protegidas y sus recursos, haciendo énfasis del papel que estos sistemas juegan para la ciudad de México. Para ello se requiere ponderar las estrategias y líneas de investigación que pueden derivarse en estudios sobre Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae y Rhodophyceae continentales como indicadores de calidad del agua. Poner en marcha programas de monitoreo de los grupos algales indicadores en ambientes lóticos continentales de la región central de México, que permitan conocer el incremento de un contaminante, y conocer los cambios a través del tiempo y del espacio, que permitan establecer patrones descriptivos o modelos explicativos en el manejo del recurso acuático, y por tanto de cuencas hidrológicas. Asimismo es importante seguir de manera ininterrumpida la continuidad de estudios referentes a la taxonomía, ecología y biogeografía de algas continentales, sólo así, se podrán abordar diversos aspectos, como la evaluación de los recursos algales, selección de especies indicadoras y su aplicación. La orientación ficoflorística taxonómica y ecológica, son un buen punto de partida, para generar la información y emplearla.

Comentarios Y Propuestas Para El Control Y Manejo Del Agua

El río se limpia por personal del DDF para eliminar basura como plásticos y latas de las personas que van al lugar en fines de semana. Las propuestas a llevar a cabo son: colocar botes de basura para que las personas depositen ahí sus desechos así como

una buena señalización para ello. Evidentemente este es un problema cultural, que puede solucionarse concientizando a las personas de la importancia de mantener limpio el lugar, resaltando la calidad de reserva natural y la importancia de este cuerpo de agua natural en la región y en el valle de México, pues es uno de los pocos ríos permanentes que aún existen. Un factor importante, es informar al personal encargado de la limpieza, que intente no mover demasiado los sustratos, pues estos son la base de fijación para las diferentes comunidades algales que ahí se establecen, y varias de ellas presentan cierta periodicidad temporal.

Consideramos necesario poner diferentes depósitos de basura tanto para vidrio, cartón, baterías alcalinas, así como basura orgánica en depósitos distintos bien señalados y fabricados para ello, para que el público usuario deposite ahí sus desechos y que esta tenga un control permanente y sistemático por la delegación Magdalena Contreras para el bien del lugar. Aunado a esto, creemos necesario el desarrollar campañas permanentes que bien pueden estar a cargo de la delegación política respectiva, para llevar a cabo programas de información en la población, donde se resalte la importancia de la zona como área protegida, y en ella se hablen de los diferentes recursos con que cuenta, y hacer énfasis en que se trata de uno de los pocos cuerpos de agua permanentes que aún existen en la Ciudad de México.

Otro aspecto importante, es que se deben de mantener el río en la superficie, es decir, no entubarlo, con el fin de que sea un atractivo importante en la zona, así como un generador del mantenimiento de las diversas especies de plantas y animales que viven en sus orillas. Como propuesta se podrían construir reservorios que se llenarían en época de lluvias y se regularia y mantendrá su nivel de agua durante el año, con el objeto de que atraigan y mantengan otro tipo de especies, tales como plantas vasculares, peces, aves e insectos.

Es necesario considerar la implementación de pequeñas plantas de tratamiento (microplantas) que realicen una primera depuración de los contenidos del agua con el fin de no alterar demasiado al sistema acuático. Esta posible implementación de microplantas de tratamiento, es una posibilidad interesante de ayudar a los concentradores generales de la ciudad (en especial la presa Anzaldo que funciona como vaso regulador de los ríos y desagües de la zona poniente de la Ciudad de México), de tal forma que los reservorios de agua y los principales cauces como el río Tula posteriormente Moctezuma, no se vean afectados por estas descargas.

Una actividad alternativa, es el que se implementen campañas de biomonitoreo por parte de las dependencias, por ejemplo SEMARNAP en colaboración con CNA y la DGCOH, para evaluar el estado de las aguas permanentes de la porción poniente de la Ciudad de México, y evidentemente esto sería muy importante que se realizará para todas las zonas de la Ciudad que aún cuentan con aguas superficiales. Continuar con la elaboración de los inventarios algales, que nos permitan conocer a las especies indicadoras para llevar a cabo los biomonitoreos. Continuar con la generación de las bases de datos y con la formación de personal especializado en el área.

Mantener un vínculo abierto entre las dependencias gubernamentales a cargo con las instituciones académicas con el fin de llevar a cabo asesorías y evaluaciones de los diferentes programas de monitoreo, y con las diferentes problemáticas de tipo taxonómico y ecológico de los diferentes grupos que vayan apareciendo. Se requiere la continuidad del desarrollo de los inventarios biológicos (algal, invertebrados, flora vascular acuática, etc.) para llevar a buen fin estos programas. Intentar vincular al sector privado relacionado, con la intención de trabajar de forma conjunta.

Desarrollar las leyes en materia ambiental para la Ciudad de México relacionadas al uso del agua, con el fin de regular su uso. Vincular con las leyes a nivel Federal.

Finalmente es necesario resaltar la necesidad de continuar con el desarrollo de estudios sobre algas como indicadores ambientales debido a su importancia como los principales productores primarios en estos ambientes, que reflejan el estado del sistema hidrológico, y posibilitan proponer mecanismos de control y manejo de ecosistemas acuáticos, gracias a la información generada de aspectos florísticos, taxonómicos y ecológicos del grupo, lo que permite hacer uso del conocimiento y por tanto del recurso. Es indispensable entender que los purificadores de las aguas continentales son las algas, para ello es necesario la interacción con otras disciplinas donde se establezcan vínculos multidisciplinarios con instituciones y/o áreas como la química, física, zoología, reconstrucción paleoambiental, limnología, bioquímica, ecología entre otras, para tener información de calidad, tanto biótica como abiótica, de los sistemas hidrológicos continentales en México. También es necesario, una coordinación de información entre los sectores académicos, gubernamentales y empresariales, para trabajar de forma coordinada con el uso y manejo del agua, de tal forma que posibilite una administración adecuada y llevar a cabo compromisos hacia y para la sociedad en su conjunto. El agua es un recurso fundamental para la vida, de tal forma debemos detenernos en su estudio, conservación y manejo.

Perspectivas

Desarrollar un programa permanente (SEMARNAP-UNAM) que posibilite:

- Conocer a las especies de algas y macroinvertebrados de los ríos permanentes y manantiales de la zona sur poniente de la Ciudad de México.
- Dividir por zonas administrativas hidrológicas la Ciudad de México.
- Estudiar la comunidad y dinámica de poblaciones de especies algales y su relación con otras especies de invertebrados presentes en estos sistemas.
- Sistematizar una base de datos que permita integrar información taxonómica y ecológica para la evaluación de índices de calidad del agua (v gr. índices diatómicos, índices de saprobies) para la zona.
- Llevar a cabo monitoreos periódicos (mensuales) que posibiliten realizar análisis anuales de la de la calidad del agua en estos cuerpos de agua.
- Proponer alternativas de uso y manejo ambiental.
- Vincularse con otras disciplinas tales como: Ingeniería Sanitaria o Bioquímica.

Bibliografía

- Anagnostidis, K. & J. Komárek, 1985. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 1. Introduction. Arch. Hydrobiol. Suppl. 71, Algol. Stud., 38/39: 291-302.
- Anagnostidis, K. & J. Komárek, 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3. Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 80, Algol. Stud., 50/53: 327-472.
- Cox, E.J. 1995. Morphological variation in widely distributed diatom taxa: taxonomic and ecological implications. In: Marino, D. & M. Montresor (Eds.). Proceedings of the Thirteenth International Diatom Symposium. Maratea, Italy, 1994. International Society for Diatom Research, Bristol. 335-345.
- Desikachary, T.V. 1959. Cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research Institute, New Delhi, 686pp.
- Espinosa G.F. y Sarukhán, J. 1997. Manual de malezas del Valle de México. Universidad Nacional Autónoma de México- Fondo de Cultura Económica, México. 407 pp.
- Geitler, L., 1930-1932. Cyanophyceae. In: L.Rabenhort's (ed.), Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 14: 1-1196. Leipzig.
- Germain, H., 1981. Flore des diatomées. Diatomophycées. Paris, Société Nouvelle des éditions Boubée, 444pp.
- Gold-Morgan, M., G.Z. Montejano & J. Komárek, 1994. Freshwater epiphytic Cyanoprocaryotes from central Mexico. Arch. Protistenk., 144: 383-405.
- Gold-Morgan, M., G. Z. Montejano & J. Komárek, 1996. Freshwater epiphytic Chamaesiphonaceae from central Mexico. Algol. Stud., 83: 257-271.
- Goldsmith, B. 1991. Monitoring for conservation and ecology. Chapman and Hall. Great Britain. 275 pp.
- Hoek, C. van den, 1963. Revision of the European species of Cladophora. E.J.Brill, Leiden, 248pp.
- Hustedt, F., 1930. Bacillariophyta (Diatomeae) In: A. Pascher (ed), Die Susswasser-Flora Mitteleuropas. Heft 10. Verlag Von Gustav Fischer, Jena, 467pp.
- Hustedt, F., 1927-1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der Ubringen Länder Europas souie der Angrenzenden Meeresgebiete. In: L. Rabenhorst's (ed.), Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 7, Teil 1. First reprinting, 1971. Strauss & Cramer GmbH, Leutershausen, 920pp.
- Hustedt, F., 1931-1959. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der Ubrigen Länder Europas souie der Angrenzenden Meeresgebiete. In: L. Rabenhorst's (ed.), Kryptogamen-Flora von Deutschland. Österreich und der Schweiz. 7, Teil 2. First reprinting, 1971. Strauss & Cramer GmbH, Leutershausen, 845pp.
- INEGI, 1995. La Magdalena Contreras, Distrito Federal. Cuaderno Estadístico Delegacional.
- Komárek, J. & B. Fott, 1983. Das Phytoplankton des subwassers. Systematik un Biologie. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart. 1044 pp.

- Komárek, J. & K. Anagnostidis, 1986. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 2. Chroococcales. Arch. Hydrobiol./Suppl. 73, Algal. Stud., 43: 157-226.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis, 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 4. Nostocales. Arch. Hydrobiol./Suppl. 82, Algal. Stud., 56: 247-345.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1986. 2/1. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Eds.). Sübwasserflora von Mitteleuropa. G. Fischer Verlag, Stuttgart, Germany. 206 Tafeln mit 2976 Figuren. 876 pp.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1988. 2/2. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Eds.). Sübwasserflora von Mitteleuropa. G. Fischer Verlag, Stuttgart, Germany. 184 Tafeln mit 1914 Figuren. 596 pp.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1991a. 2/3. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Eds.). Sübwasserflora von Mitteleuropa. G. Fischer Verlag, Stuttgart. 166 Tafeln mit 2180 Figuren. 576 pp.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1991b. 2/4. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. In: Ettl, H., G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Eds.). Sübwasserflora von Mitteleuropa. G. Fischer Verlag, Stuttgart. 88 Tafeln mit 2048 Figuren. 437 pp.
- Lowe, R.L. 1974. Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. National environmental research center office of research and development U.S. Environmental protection agency. Cincinnati, Ohio. USA. 334 pp.
- Montejano, G., M. Gold-Morgan & J. Komárek, 1993. Freshwater epiphytic Cyanoprocaryotes from central Mexico. I. Cyanocystis & Xenococcus. Arch. Protistenk. 143: 237-247.
- Montejano, G., M. Gold-Morgan & J. Komárek, 1997. Freshwater epiphytic Cyanoprocaryotes from central Mexico. III. The genus Stichosiphon Geitler 1932. Arch. Protistenk. 148: 3-16.
- Murgel, B.S. 1984. Limnología sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. 120 pp.
- Patrick, R. & C.W. Reimer. 1966. The diatoms of the United States. Vol.I. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. No.13. Pennsylvania. 688 pp.
- Patrick, R. & C. W. Reimer. 1975. The diatoms of the United States. Vol. II. Part. 1. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. No. 13. Pennsylvania. 213 pp.
- Pesson, P. 1979. La contaminación de las aguas continentales. Incidencias sobre la biocenosis acuáticas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 335 pp.
- Round, F.E. 1984. The Ecology of algae. 2a Ed. Cambridge University Press, Great Britain, Cambridge. 653 pp.

- Rushforth, S.R., I. Kaczmarek & J.R. Johansen, 1984. The Subaerial Diatom Flora of Thurston Lava Tube, Hawaii. *Bacillaria*, 7: 135-157.
- Sládeček V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 7: 1-218.
- Sládeček V, M. Zelinka, J. Rothschein & V. Moravcová. 1981. Biologický rozbor povrchové vody. Komentár, část 6: Stanovení saprobního indexu. Vydavatelství. 186 pp.
- Transeau, N.E., 1951. The Zygnemataceae. Fresh-water conjugate algae. The Ohio State University Press, Columbus. 327pp.
- Van Dam, , H. Mertens A. & J. Sinkeldam. 1994. A code Checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* .28 (1): 117-133.
- Ventakatarman, G.S., 1961. Vaucheriaceae. Indian Council of Agricultural Research Institute, New Delhi, 111pp.
- Werner, D. 1977. Introduction with a note on taxonomy. In: The biology of Diatoms, D. Werner (Ed.). *Bot. Monogr.*, 13, cap.1: 1-17.
- West, W. & G.S. West, 1904. A monograph of the British Desmidiaceae. Vol.5. The Ray Society, London, 300pp.
- Wilber, C.G. 1971. The biological aspects of water pollution. 2a. printing. Charles C. Thomas publisher. USA. 296 pp.