

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO



FACULTAD DE CIENCIAS

Ecología de comunidades algales en una localidad
del Río La Magdalena, D.F.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G A
P R E S E N T A

MIRIAM GUADALUPE BOJORGE GARCÍA



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

Director de Tesis: Dr. Enrique Arturo Cantoral Uriza

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA

Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunico a usted que hemos revisado el trabajo escrito "Ecología de comunidades algales en una localidad del Río La Magdalena, D.F.."

realizado por Bojorge García Miriam Guadalupe

con número de cuenta 9422045-2 , quién cubrió los créditos de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dr. Enrique Arturo Cantoral Uriza

Propietario Dr. Javier Carmona Jiménez

Propietario Dr. Eberto Novelo Maldonado

Suplente M.en C. Francisco Valadez Cruz

Suplente M. en C. Gerardo Rivas Lechuga

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS
U N A M.



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer al Dr. Enrique Arturo Cantoral Uriza, por creer en mi para desarrollar el presente trabajo, por sus valiosos comentarios disfrazados de amenas pláticas, por compartir conmigo sus experiencias. Al Dr. Javier Carmona Jiménez, por despertar en mi el interés en este campo, por su interminable entusiasmo y apoyo en el desarrollo de mi trabajo y la revisión del manuscrito. A ambos les debo la oportunidad de ser parte de este equipo de trabajo que tanto ha influido en mi desarrollo profesional. Por abrirme las puertas del quehacer científico por medio de mi participación en sus proyectos y por permitirme el uso de las instalaciones de este laboratorio.

Al Dr. Eberto Novelo Maldonado por aceptar ser parte de mi jurado de tesis y sobre todo por darme las llaves para entrar a ese maravilloso mundo microscópico. Por tu comentario siempre oportuno, tu trato amable y gran disponibilidad.

Al M en C. Francisco Valadez Cruz por su confianza y todo el apoyo brindado durante mi estancia en el laboratorio, por sus valiosos comentarios, sugerencias y consejos no sólo académicas, sino personales, gracias por ser mi amigo.

Al M en C. Gerardo Rivas Lechuga por favorecerme con su asesoría y paciencia en la utilización de los paquetes estadísticos y por los comentarios que enriquecieron el presente trabajo.

Al Dr. Gustavo Montejano Zurita por su amistad y consejos en todo momento, por tenderme la mano siempre que la necesité y por ayudarme con esas traviesas cianofitas.

A todos los compañeros de psicología que hicieron mi estancia amena y a hacer de éste lugar confortable.

A CONACYT y PROBETEL por el apoyo económico brindado para el buen término de este estudio.

Gracias.

G R A C I A S

A mis papas por no sólo traerme a este mundo sino por hacerme la estancia en él hermosa, al brindarme su compañía, al enseñarme a valorar la vida en familia, a los verdaderos amigos e inculcarme el respeto a las personas, por darme dos hermanos súper lindos, por esos largos paseos los cuales fueron mis primeros acercamientos a la naturaleza. Por estar ahí durante mi desarrollo no sólo profesional si no en todos los aspectos de mi vida y por apoyarme en la decisión de estudiar esta carrera que me ha dado tantas alegrías.

A ti mamá por darme la oportunidad de tener esos pequeños amigos peludos o emplumados, aunque eso significara tener una carga de trabajo mayor. Y a ti papá por estar ahí en las pláticas nocturnas a pesar del cansancio resultado de los pesados días de trabajo.

A ti Tita Lulú por ser más que mi tía, por dejarme entrar en tu vida y entrar tú en la mía. Por las desveladas que pasaste por cuidarme, por leerme muchísimas veces el mismo cuento sólo porque yo te lo pedía. Por estar ahí para escucharme, aconsejarme en todo este tiempo.

A mis verdaderos amigos los que se han ido y los que siguen aquí, yo sé que no tengo que enlistarlos porque cada uno de ustedes sabe que tiene un lugar muy especial en mi corazón.

A Aurora, Georgina, Karina, Lupita y Michael por hacer que la Facultad fuera más que un edificio y la carrera más que sólo un conjunto de clases y desvelos.

A mi abuelita por demostrarme que la edad se lleva en la mente y mientras no permitamos que ésta envejezca podemos disfrutar las maravillas de la vida.

Ustedes Flacos no se salvan, qué dijeron ya nos libramos, ¡pues no!, aunque ustedes no lo crean, todos esos momentos mágicos que compartimos juntos, las pláticas después de las comidas y cenas, las idas al cine, las peleas... esos cuentos de hadas que me contabas Javier, mientras nuestros papás cerraban la palettería, y los primeros libros que me diste a leer... tus chistes tontos Alfredo, los cuales más de una vez me arrancaron una sonrisa. Gracias por ser mis hermanos, pero sobre todo por ser unos verdaderos amigos.

A las Juanas por compartir conmigo muchos momentos divertidos, por siempre contar con ellas en las reuniones familiares.

A la familia Bojorge en especial a mi tías Tere, Laura y Pilla y a mis tíos Mario, Juan y Dante, por demostrarme su cariño. A mi tía Elisa por brindarme las mejores navidades de mi vida al volver su casa el punto de reunión de esa fabulosa familia: los Bojorge. A mis primos que me han dado la oportunidad de convivir con ellos, de verdad mil gracias.

Edgar porque a pesar de las diferencias has estado conmigo en momentos importantes de mi vida.

A Juanita Acosta porque en lugar de perder un hermano gane una hermana y por ayudarme en esas pequeñas cosas que se me dificultan.

Los quiero y recuerden que:

Aquel que conoce lo más valioso, aquel que conoce los deleites y las virtudes que están presentes en la tierra, las aguas, las plantas, los cielos, y que sabe ponerse en contacto con sus encantos, ése es el hombre rico, ése es el hombre magnífico....

Ralph Waldo Emerson

CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS PARTICULARES	7
MATERIAL Y MÉTODO	8
RESULTADOS	15
• COMUNIDAD (P1)	18
• COMUNIDAD (P2)	22
• COMUNIDAD (PLC)	25
DISCUSIÓN	34
CONCLUSIONES	40
PERSPECTIVAS	41
REFERENCIAS	42

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió la dinámica de comunidades algales en el Cuarto Dinamo del Río La Magdalena, D.F. Para ello, se evaluó la productividad (clorofilas y ficobiliproteínas) y la estructura (diversidad y abundancia) por medio de registros mensuales a lo largo de un año.

Se colectaron 3 comunidades, dos que tenían como talo macroscópico a *Prasiola mexicana* J. Agardh y en otra a *Placoma regulare* Broady & Ingerfeld. Cada comunidad se encontró en condiciones micro-ambientales diferentes. *P. mexicana* se colectó en zona de deslizamiento y salpicadura, y en zona de remanso a la orilla del río. *P. regulare* se localizó en una zona sumergida con flujo laminar constante en el centro del cauce. Se utilizaron pruebas estadísticas para evaluar las diferencias micro-ambientales entre puntos de colecta (Test de Friedman), la relación de las clorofilas, ficobiliproteínas y diversidad de diatomeas con las variables ambientales (regresión lineal múltiple RLM). La diversidad de diatomeas se calculó con el índice de Shanon-Wiener.

En la revisión microscópica de las tres comunidades se identificaron 43 taxa de los cuales, 31 especies fueron de Bacillariophyceae, 1 especie y 2 géneros de Chlorophyceae; 5 especies y 4 géneros de Cyanophyceae. Las variaciones en clorofila a, b, c y ficobiliproteínas de las comunidades algales, estuvieron claramente relacionadas con las variaciones de temperatura (T°), presentando las máximas concentraciones en los meses más fríos las comunidades de *P. mexicana* en sus dos micro-ambientes (P1 y P2), mientras que la comunidad de *P. regulare* las mayores concentraciones se presentaron en los meses más cálidos. La capacidad de carga (Q) para todas las comunidades tuvo una relación inversa con el peso seco libre de ceniza y la diversidad de diatomeas, presentándose la mayor diversidad y la mayor cantidad de peso seco libre de ceniza en los meses de menor capacidad de carga (Q).

INTRODUCCIÓN

Las algas al igual que todos los seres vivos están sometidas a diferentes fuerzas de selección, estas fuerzas pueden actuar en diferentes escalas de tiempo, tiempos evolutivos y tiempos ecológicos. En el tiempo evolutivo las variaciones espaciales y temporales inherentes en el sistema actúan sobre las características de las especies confiriéndoles la habilidad de sobrevivir en un ambiente dado a través del tiempo (adaptación). Mientras que en el tiempo ecológico las características de los hábitats actúan como filtro para dejar fuera a todos aquellos posibles colonizadores que no son capaces de aclimatarse, quedando controlada la composición de la comunidad, por medio de la capacidad de aclimatación de los organismos (Scarsbrook & Townsend, 1993).

En la actualidad el término comunidad se refiere a un conjunto de poblaciones (conjunto de individuos de la misma especie que ocupan un espacio en un tiempo determinado) de distintas especies que habitan en un mismo tiempo en un área determinada (Krebs, 1994; Begon, 1996). Si bien, esto no es más que una abstracción utilizada en ecología al igual que la de población y ecosistema, es una unidad sumamente útil para aquellos que desean estudiar la variación de todos los organismos que se encuentran dentro del área de su interés.

Crawley (1997) señala que una comunidad está compuesta por todas las plantas que ocupan el área que un ecólogo ha delimitado con el propósito de realizar un estudio. Al estar la comunidad constituida de varios componentes, se habla de una asociación en la cual los organismos tienen interacción directa o indirecta (biótica) y con su ambiente (abiótica). El acervo de especies de una región es importante para cualquier consideración de la estructura de la comunidad, ya que éste va a determinar qué especies están disponibles para colonizar un lugar dado, influyendo en la composición de la comunidad (Allan, 1996), ya que las asociaciones se dan de acuerdo a las habilidades de cada especie para establecerse en ciertas condiciones micro-ambientales.

La estructura de la comunidad es determinada de acuerdo a sus componentes, y ésta se modifica continuamente por factores como son la migración, la competencia por los recursos, la herbivoría y los cambios ambientales. Gleason (cit por. Crawley, 1997), describe la

estructura de las comunidades vegetales en términos de las especies que la componen y éstas las correlaciona con su ambiente, Krebs (1994) divide la estructura de la comunidad en física y biológica: la primera se refiere a lo que observamos (tipos de plantas, suelos y animales) la segunda, a la diversidad y abundancia de las especies que componen la comunidad, los cambios temporales que ésta sufre y las relaciones entre las especies que la componen, dependiendo esta estructura de la estructura física.

La forma en que actualmente se ve la estructura de la comunidad, es muy semejante a la propuesta por Gleason y Krebs *op. cit.*, ya que la mayoría de los estudios de ecología de comunidades se realizan a través de la variación de la abundancia y diversidad de las especies que componen a las comunidades, evaluando la importancia de los factores bióticos y abióticos con los que sus componentes están interactuando continuamente. La estructura es el resultado de la actuación continua de diversos procesos, razón por la cual los factores que tengan mayor incidencia en ésta variarán, de acuerdo al ambiente que ocupe ésta.

En los ambientes lóticos (sistemas de aguas corrientes: ríos y arroyos) las algas más comunes son las que componen el perifiton, entendiendo este como un sinónimo del término propuesto por Hutchinson de haptobentos, el cual describe a todos los organismos que crecen sobre un sustrato sólido, natural o artificial (Hutchinson, 1975 cit por. Weitzel, 1979).

Entre las algas del perifiton, algunas han desarrollado estructuras que les permiten fijarse a un sustrato, evitando de esta manera ser arrastradas por el flujo del agua, estructuras como, filamentos postrados que soportan otros erectos y ramificados, pies de fijación relativamente indiferenciados en filamentos no ramificados y la secreción de un pedúnculo o tubo de material gelatinoso. Dentro de estas comunidades, se ha observado que las clases algales predominantes son las Bacillariophyceae, Cyanophyceae y Chlorophyceae, siendo las primeras las de mayor diversidad de especies (Pan *et al.*, 1999; Cantoral, 1993; Aboal *et al.*, 1994, 1996; Mosisch & Bunn, 1997).

Los ríos son sistemas que poseen una gran heterogeneidad espacial y temporal, lo cual brinda a las comunidades algales un gran número de microhábitats susceptibles de ser colonizados. El

resultado de la mezcla espacio-temporal en los ríos, así como en otros sistemas naturales ejerce una fuerte influencia sobre la distribución de los organismos, sus interacciones y su adaptación (Wiens, 1976 cit por. Scarsbrook & Townsend, 1993).

Uno de los factores que influyen en la composición y ensamblaje de las comunidades algales son los cambios estacionales. La perturbación que éstos causan en la estructura de la comunidad, puede ser medida de diversas maneras, una de ellas es la biomasa. Grime (1979 cit por. Crawley, 1997) define la perturbación como el mecanismo que limita la biomasa de las plantas, ya que causa su parcial o total destrucción, considerándola como la mayor fuerza de estructuración de las comunidades (Scarsbrook & Townsend, 1993).

De todos los factores que pueden causar perturbación en las comunidades del perifiton de los ríos, se puede considerar que uno de importancia es la variación del flujo de agua, ya que durante los meses de mayor volumen, los crecimientos algales se ven disminuidos como resultado del movimiento de los sustratos: cantos rodados, troncos y la desaparición de pozas, zonas de salpicadura y deslizamiento.

El estudio del perifiton en ambientes lóticos se ha realizado a través de la identificación, enumeración, abundancia, dominancia, diversidad, redundancia, regularidad de especies y otros índices de la estructura de las comunidades (peso húmedo, peso seco, fitopigmentos y biovolumen) (Weitzel, 1979; Holmes & Whiton, 1981).

Los factores que generalmente se consideran como limitantes o importantes para el desarrollo de los ensamblajes del perifiton en los ríos son, pH, oxígeno disuelto, sustrato, luz, velocidad de corriente, conductividad y temperatura. Dentro de éstos los más estudiados son:

Velocidad de corriente - Representa una fuerza física directa que los organismos experimentan dentro de la columna de agua así como en la superficie del sustrato, lo cual determina la distribución de los organismos a lo largo del cauce. La forma, tamaño, tipo de vida de los organismos, se ven profundamente modificados por las fuerzas hidrodinámicas. La corriente afecta la disponibilidad de recursos al contribuir al movimiento de los nutrimentos, al aporte

de materia orgánica y el acarreo de los nutrimentos río abajo. Cuando se habla de la descarga del río (capacidad de carga) se refiere al aumento del volumen, afectando principalmente en la disponibilidad de hábitats, el movimiento de los sustratos y nutrientes en el sistema.

Temperatura - En las aguas corrientes usualmente varía estacionalmente y en escala diaria, y a través de los sitios de acuerdo a su clima y elevación. La temperatura es un factor importante, ya que cada especie se distribuye de acuerdo a sus afinidades ambientales, lo cual está relacionado con rangos de altitud y latitud, al mismo tiempo su permanencia y abundancia en las localidades está determinada por rangos de temperatura que se modifican estacionalmente, ya que estos cambios tienen una fuerte influencia sobre su metabolismo.

Sustrato - Es un aspecto complicado del ambiente físico, el tipo de sustrato que componga el ambiente tiene una gran influencia sobre la biota de estos sistemas, ya que la composición mineral del ambiente está determinada por el tipo de rocas que lo compongan. En estos ambientes hay gran variedad de sustratos, como lo son cantos rodados, limos, rocas, troncos, plantas vasculares, algas y animales. La diversidad, tamaño y disponibilidad de sustrato en el río tienen una fuerte influencia sobre el tipo de distribución, diversidad y abundancia de los organismos que estén presentes en éste.

Estudios sobre las comunidades del perifiton de ambientes lóticos de Europa y América se han realizado con el propósito de conocer los efectos que tiene la perturbación sobre la estructura, a través de la evaluación de la productividad, a partir de la biomasa (peso húmedo, seco), la concentración de pigmentos (clorofilas y pigmentos accesorios), y la variación de la composición (diversidad y abundancia), al mismo tiempo en algunos casos evalúan cuáles de los factores que pueden causar perturbación, los que tienen mayor incidencia sobre la comunidad, algunos de estos trabajos han sido realizados por Scarsbrook & Townsend, 1993, Padišák, 1993; Aboal *et al.*; 1996; Pinder *et al.*; 1997, Pan *et al.*, 1999 y Hart & Finelli, 1999.

Los ambientes de agua dulce en México han sido poco estudiados desde un punto de vista ecológico, la mayoría de los trabajos realizados tienen un enfoque taxonómico y los grupos que se han trabajado principalmente son animales y plantas vasculares y pocos de algas. En

general dentro de las aguas continentales los ambientes lénticos han sido más estudiados que los ambientes lóticos. Las primeras referencias que se tienen para los ambientes de agua dulce en México son los trabajos de Peñafiel (1884), posteriormente los trabajos de Sámano-Bishop & Sokoloff (1931), la mayoría de éstos para ambientes lénticos o afluentes que en la actualidad han desaparecido. Trabajos más recientes se han realizado en los estados de San Luis Potosí (Cantoral, 1993), Morelos (Valadez *et al.*, 1996; Valadez, 1998) y Puebla (Novelo, 1998), la mayoría de ellos enfocados en la florística de las algas y pocos son trabajos de ecología descriptiva como el realizado por Cantoral *op. cit.* Por otra parte, estos estudios se han desarrollado en lugares con características diferentes a las de la Cuenca del Valle de México.

El primer estudio registrado sobre los afluentes de la Cuenca del Valle de México se realizó en el río La Magdalena, es un trabajo sobre la ecología de especies de protozoarios ciliados; enfocado a la utilización de éstos para conocer el grado de contaminación del río (Nomdedeu & López-Ochoterena, 1988). Posteriormente Cantoral *et al.* (1998) realizaron un estudio enfocado a la utilización de las algas como indicadores de la calidad del agua. Finalmente, Ramírez *et al.* (2001) publicaron el listado florístico de la zona con datos ambientales de las especies.

Este trabajo pretende contribuir a la generación de conocimiento sobre este afluente tan importante en el ámbito biológico y social, por ser el único río que no ha sido entubado dentro de la zona urbana. Generando conocimiento en el ámbito ecológico, ya que no se tiene ninguna referencia para éste río que nos dé información sobre las características ecológicas de las especies algales presentes, ni su dinámica dentro de las comunidades algales como respuesta a las variaciones ambientales temporales.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los cambios que presentaron 3 comunidades algales del Cuarto Dinamo del río La Magdalena, D.F., a través de los cambios de su estructura (diversidad y abundancia) y su productividad (biomasa y concentración de pigmentos), a lo largo de un año dentro del periodo de diciembre 2000 a noviembre 2001.

Objetivos particulares

- Realizar la identificación taxonómica de las especies que componen las comunidades.
- Detectar los cambios que sufre la estructura de las comunidades a través de la diversidad y abundancia de las especies.
- Evaluar la productividad, por medio de la medición de pigmentos (clorofilas y ficobiliproteínas) y biomasa (peso seco libre de ceniza).
- Identificar cuáles de las variaciones ambientales (temperatura, intensidad luminosa, velocidad de corriente, profundidad, conductividad y pH) son las que explican la mayor parte de los cambios de la estructura (diversidad y abundancia de especies) y la productividad (biomasa, clorofila a, b, c, ficobiliproteínas) de las tres comunidades algales.

MATERIAL Y MÉTODO

El río La Magdalena forma parte de la Cuenca Hidrológica del río Pánuco, se localiza en el Parque Nacional Los Dinamos, que se encuentra dentro de la delegación Magdalena Contreras. El río presenta altitudes que van de los 2,800 a 3,400 m snm. El clima de la región es semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad C (E) (W2) (Espinoso & Sarukhán, 1997). La vegetación predominante es bosque de *Pinus* y *Quercus*. En esta zona se reconocen dos periodos, lluvias en los meses de junio a octubre y secas de noviembre a mayo. La temperatura del agua varía de 2° C (invierno) a 12.8 °C (primavera) (Ramírez, *et al.*, 2001) (Fig.1).

Dentro del Parque Nacional los Dinamos, el río La Magdalena se divide a lo largo de su cauce en cuatro secciones, las cuales se denominan Primero, Segundo, Tercero y Cuarto Dinamo, siendo este último el sitio de estudio. El Cuarto Dinamo se encuentra a 3,200 m snm, el área de colecta se ubicó en una sección del río que (7 metros de largo x 6(5) metros de ancho dependiendo la época del año), dentro de ésta se eligieron 3 puntos de colecta (Fig. 2a).

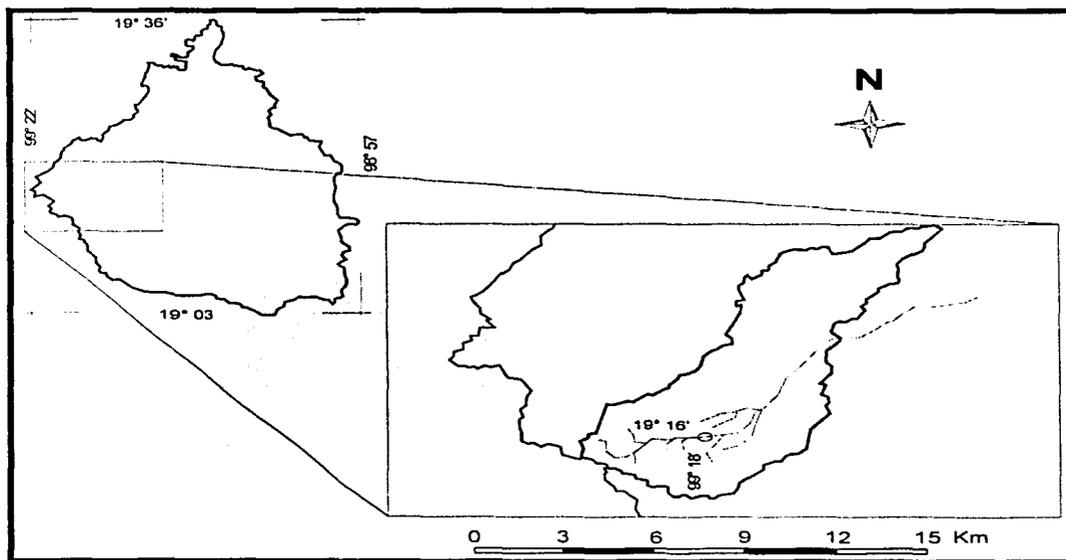
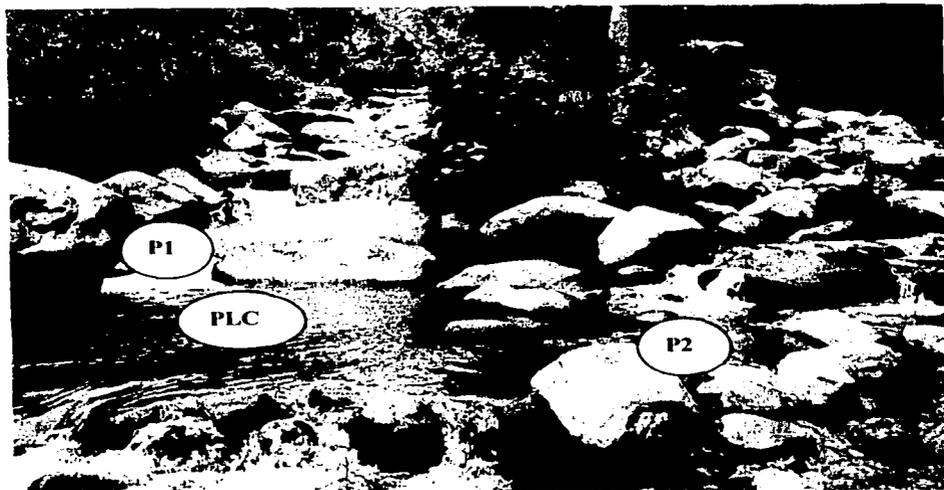


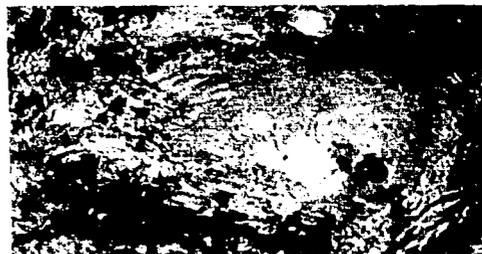
Figura 1. Ubicación de la localidad de estudio (o).



a



b



c



d

Figura 2. a) Area y puntos de colecta b) Punto 1, c) Punto 2 y d) Punto 3

Se realizaron 12 colectas mensuales en el periodo diciembre 2000 a noviembre 2001, y se muestreo en 3 puntos; por cada punto se tomaron 5 réplicas, 1 para análisis de diversidad, 2 para extracción de ficobiliproteínas y 2 para extracción de clorofilas, todas éstas referidas a un área de 4.84 cm². El área se marcó con ayuda de una navaja y una tapa de cubreobjetos, en ocasiones para poder tomar la muestra fue necesario realizar un raspado.

Cada punto colectado quedó referido a un número de muestra, el cual incluye el registro tanto de los factores ambientales generales (pH, conductividad y temperatura medidos con un potenciómetro Conductronic PC18); como de factores particulares: intensidad luminosa registrado con un luxómetro (Photo-Meter 1), velocidad de corriente que se registró con un medidor de corriente (Swoffer 2100) y oxígeno disuelto registrado con un oxímetro (YSI, tomándose sólo en comunidades sumergidas y cuando la cantidad de agua lo permitía, al igual que la velocidad de corriente); también se anotaron las características del sustrato donde se encontraban, el tamaño del crecimiento con respecto a éste y la capacidad de carga del río, que se obtuvo con la formula:

$$Q = Av$$

Donde Q es igual a la descarga (cumecs m³ s⁻¹); A área del rectángulo, la cual se obtiene multiplicando cada distancia donde se midió la velocidad de corriente por su profundidad; y v es la media de las velocidades (Haver & Lamberti, 1999).

El material vivo se trasladó al laboratorio congelado y en oscuridad en viales de 2 ml, dentro de una hielera para su posterior determinación taxonómica, extracción de pigmentos y evaluación de biomasa.

En la localidad se tomó 1 litro de agua para realizar análisis químicos mediante técnicas colorimétricas con espectrofotometría y reactivos Hach® (Hach, 1991-1993). Se evaluó la concentración de nitritos, nitratos, dureza, cloro libre, sulfatos y fósforo.

Las muestras de diversidad de cada punto se fijaron con formol al 4% y posteriormente fueron revisadas al microscopio óptico con contraste interdiferencial (Reichert-Zetopan) para realizar las identificaciones taxonómicas.

Para la determinación taxonómica de los grupos se empleó bibliografía especializada y fueron las siguientes: Bourrelly, 1972; Anagnostidis & Komárek, 1988 y Broady & Ingerfeld, 1991 para Cyanophyceae. Las Chlorophyceae fueron identificadas con la ayuda de Bourrelly, 1972; Raven & Johnston, 1991; Rindi *et al.*, 1999; Sherwood *et al.*, 2000 y Ramírez, *et al.*, 2001. Para Bacillariophyceae se utilizaron Krammer & Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, b y Patrick & Reimer, 1966.

Los organismos que no contaron con las estructuras necesarias y/o la cantidad de material suficiente para asignarles el epíteto específico, se les nombró de acuerdo al género. Una vez determinadas las diatomeas, se realizó el conteo de valvas para obtener la abundancia absoluta, la cual se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$\Sigma = \bar{x} \left[\frac{AT \cdot VT}{at \cdot vt \cdot Am} \right]$$

Donde x es el número de organismos promedio: AT= área total del cubreobjetos: at= área del transecto: VT= volumen inicial de la muestra: vt= volumen alícuota y Am área de la muestra (Batarbee, 1986).

La extracción de clorofilas se realizó con la técnica de Jeffrey & Humphrey 1975; Marker 1972; Jeffrey *et al.* (1997) la cual consiste en lo siguiente:

- Se trituró la muestra con un poco de acetona al 90%.
- Se vertió la muestra en un tubo de centrifuga y se aforó a 10 ml con acetona al 90%
- Se cubrió por completo con papel aluminio el tubo de centrifuga y se conservó en la oscuridad durante 24 horas a 4° C, al igual que el blanco.
- Se centrifugó a 2,795 R. C. F. durante 10 min.

- El sobrenadante se leyó con un espectrofotómetro a 750, 664, 647 y 630 nm.

Por último para conocer las concentraciones de cada clorofila se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Clorofila a} = (11.85 \times (A_{664}-A_{750})) - (1.54 \times (A_{647}-A_{750})) - (0.08 \times (A_{630}-A_{750}))$$

$$\text{Clorofila b} = (21.03 \times (A_{647}-A_{750})) - (5.43 \times (A_{664}-A_{750})) - (2.66 \times (A_{630}-A_{750}))$$

$$\text{Clorofila c} = (24.52 \times (A_{630}-A_{750})) - (7.60 \times (A_{647}-A_{750})) - (1.67 \times (A_{664}-A_{750}))$$

A denota la longitud de onda de extinción de la clorofila

Para la extracción de ficobiliproteínas se utilizó la siguiente técnica (Wyman & Fay, 1986):

- Se trituró la muestra y se colocó en el tubo de centrifuga.
- Se aforó a 10 ml con glicerol puro.
- Se agitó la muestra durante 5 minutos y se guardó en el refrigerador durante media hora, al igual que el blanco,
- Se centrifugó a 1, 006 R. C. F. durante 20 min.
- Se extrajo el sobrenadante y leyó en el espectrofotómetro a 750, 652, 615 y 562 nm.

La cuantificación de todos los pigmentos se realizó con un espectrofotómetro. Posteriormente, se evaluó el peso seco de cada punto con la ayuda de una estufa y una mufla (BLUE-M), una balanza analítica (Sauter) y cazoletas (círculos de aluminio con las orillas dobladas).

Para la evaluación del peso seco se siguió el siguiente método (Aboal com per.):

- Se pesó la cazoleta (c).
- Se pesó la cazoleta junto con el filtro húmedo (c + fh).
- Se introdujo el filtro con su cazoleta en la estufa a 60 °C durante 24 horas.
- Se pesó la cazoleta junto con el filtro seco (c + fs).
- La c + fs se introdujo a la mufla a 500° C durante 5 horas.

- Se pesó la cazoleta con el filtro incinerado (c + fls).
- La muestra se filtró sobre el fls.
- La cazoleta + fls con muestra húmeda (c + flsc/mh) se pesó.
- Se introdujo el c + fc/mh en la estufa a 60 °C durante 24 horas.
- Se pesó la cazoleta con el filtro con muestra seca (c + f/cms).
- Se introdujo el c + fc/ms a la mufla a 500° C durante 5 horas.
- Se pesó la cazoleta con el filtro con la muestra incinerada (c + fc/mls).

Una vez tomado el último dato del peso seco libre de ceniza, la muestra de los filtros fue raspada de éstos para realizar la limpieza de diatomeas con la siguiente técnica (Rushforth *et al.*, 1984; Cantoral, com per.)

- El raspado de los filtros se diluyó en 2 ml de agua destilada
- Se colocaron las muestras en vasos de precipitado de 50 ml.
- Se añadió 20 ml de agua destilada y 10 ml de ácido nítrico.
- Se calentó lentamente y hirvió la muestra hasta que disminuyó el líquido a 20 ml. Evitando un calentamiento que salpicase la muestra.
- Se añadió un poco de dicromato de potasio y se hirvió por 5 minutos más.
- La muestra se dejó enfriar a temperatura ambiente y después se colocó en tubos de centrifuga hasta los 12 ml y se centrifugó por 10 min. a 27.95 R. C. F.
- Se resuspendió la muestra hasta que se viera homogénea.
- La centrifugación, la resuspensión y el decante se realizaron 6 veces, en el último lavado se lleno hasta a 10 ml.
- Se tiró el sobrenadante y en el último enjuagué sólo se guardaron 2 ml de la muestra para hacer preparaciones.
- De los 2 ml se tomaron 200µl, los cuales se colocaron sobre toda el área de un cubreobjetos de 18 milímetros de diámetro y secaron a temperatura ambiente.
- Se montó el cubreobjetos sobre el portaobjetos, al cual previamente se le agrego unas gotas de Naphrax®.
- Se calentó hasta que el Naphrax® hirvió de 3 a 10 segundos, cuidando que los vapores del portaobjetos salieran.

Para graficar la abundancia relativa de las especies de Bacillariophyceae que componían cada comunidad, se estableció un intervalo 10-90%, graficándose de esta manera sólo aquellas especies que caían dentro de éste en al menos una ocasión.

La evaluación de productividad sólo se realizó con los valores de pigmentos, ya que los valores de biomasa presentaron datos dudosos, lo cual puede deberse a problemas en la metodología empleada para evaluarla.

Se emplearon pruebas estadísticas para el análisis de los resultados. Antes de correr las pruebas estadísticas los datos fueron estandarizados, ya que las unidades de cada una eran diferentes. Se realizó una correlación de Pearson (Cor. Per), para de esta manera eliminar todas aquellas variables ambientales (independientes) que estuvieran correlacionadas, evitando así la duplicación de variables, por esta razón no se utilizaron todas las variables ambientales registradas.

Para detectar si los puntos colectados eran micro-ambientes distintos, se realizó un Test de Friedman entre la clorofila a, b, c, ficobiliproteínas y biomasa de cada comunidad, evaluándose por separado cada una de éstas.

Seleccionadas las variables independientes, se aplicó una regresión lineal múltiple (RLM) para cada variable dependiente (peso seco libre de ceniza y concentración de pigmentos) de cada comunidad, con el fin de detectar cual o cuales conjuntos de variables ambientales, estaban relacionadas, con los cambios que sufrieron las variables dependientes a lo largo del estudio.

Para la RLM y la estandarización de datos se utilizó el paquete estadístico Statistica versión 8, mientras que para el Test de Friedman y la Cor. Per el SPSS versión 8. La diversidad (H') de las Bacillariophyceae fue calculada con el índice de diversidad de Shannon-Wiener en el programa ANACOM versión 3.0.

RESULTADOS

Los valores anuales promedio de las variables ambientales generales del área de colecta fueron los siguientes; temperatura $\bar{x}=8.27$ °C, conductividad $\bar{x}=107$ K25 μs , capacidad de carga $x=0.35$ $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ y pH $\bar{x}=6.8$ (Tab.1). Las variaciones mensuales de temperatura, conductividad y descarga se pueden observar en la Fig.3. Los datos de la química del agua se encuentran reportados en la Tab.2.

Tabla 1. Datos ambientales generales registrados durante el periodo del estudio

	DI	EN	FE	MA	AB	MA	JN	JL	AG	SE	OC	NO	Min	Max	\bar{x}	S
T	9	5.9	3	7.7	10.3	8.9	10.1	9.6	10	10	8.2	6.5	3	10.3	8.27	2.2
K25	107.9	132	129.6	116.4	113	109	100.4	83.5	93.2	88.67	104	107	83.5	130	107	15
pH	7.06	8.34	6.26	6.63	6.93	6.8	6.64	6.4	6.4	6.05	7.32	6.77	6.05	8.34	6.8	0.6
Q	0.276	0.387	0.258	0.226	0.23	0.17	0.39	0.61	0.6	0.479	0.3	0.27	0.17	0.61	0.35	0.1

Temperatura (T) C°, Conductividad (K25) μs y Descarga (Q) $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

Se reconocieron 3 comunidades algales (una para cada punto de colecta), a las cuales se les asignó un nombre de acuerdo a su especie macroscópica; quedando de la siguiente manera: *Prasiola mexicana* P1 (en zona de deslizamiento y salpicadura); *Prasiola mexicana* P2 (en zona de remanso) y *Placoma regulare* PLC (en zona con flujo laminar).

Tabla 2. Química del agua de la localidad

IONES	DI	EN	FE	MA	AB	MA	JN	JL	AG	SE	OC	NO	Min	Max	\bar{x}	S
P ⁻	0.063	0.077	0.073	0.23	0.08	0.043	0.057	0.05	0.046	0.05	0.063	0.07	0.043	0.08	0.075	0.05
Cl ⁻	0.04	0.05	0	0	0.01	0.07	0.05	0.03	0.01	0.02	0.15	0.07	0	0.15	0.042	0.042
Ca ⁺	0.1	0	0.19	0	0.19	0.29	0.9	0.47	0.846	0.45	0.531	0.558	0	0.846	0.377	0.302
Mg ⁺	2.77	2.91	2.69	2.7	3.22	2.55	1.503	0.57	1.05	2.46	2.23	2.65	0.574	3.22	2.276	0.805
NO ⁻³	0.836	0.968	0.88	0.66	0.748	0.616	0.66	1.45	1.232	1.144	1.496	1.584	0.616	1.584	1.023	0.35
NO ⁻²	0.0231	0.01	0.165	0.02	0.132	0.013	0.017	0.01	0.013	0.046	0.023	0.017	0.01	0.165	0.041	0.052
SO ₄ ⁻²	11	9	10	12	10	10	11	11	10	15	13	11	9	15	11.08	1.621

Los valores de los iones están dados en mg l^{-1}

El punto uno estuvo constituido por una roca granítica en zona de deslizamiento y salpicadura, con crecimientos de *Prasiola mexicana* J. Agardh, filamentos de Zygnematales, costras mucilaginosas y talos de *Placoma regulare* Broady & Ingerfeld (Fig.2b). La fricción

del agua en este sitio fue constante e intensa la mayor parte del tiempo, sin embargo cuando la descarga del río disminuía los crecimientos algales quedaban expuestos a la desecación, ya que sólo en ocasiones eran salpicados con un poco de agua.

La intensidad luminosa fue variable a lo largo del día, debido a que los crecimientos se ubicaban a un costado de la roca, lo cual provoca que la intensidad de la llegada de los rayos solares se modificara a lo largo del día. La velocidad promedio fue de 0.77 m s^{-1} , la intensidad luminosa $\bar{x} = 106 \mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y $\bar{x} = 7.96 \text{ mg l}^{-1}$ de oxígeno disuelto (Tab.3). En esta zona la influencia de la vegetación riparia es baja ya que queda muy alejada del crecimiento algal.

Tabla 3. Datos micro-ambientales de la comunidad de *Prasiola mexicana* (P1)

	DI	EN	FE	MA	AB	MA	JN	JL	AG	SE	OC	NO	Min	Max	\bar{x}	S
Vel. m s^{-1}	0.76	0.24	0.55	0.04	0.02	0.84	0.66	0.49	0.04	1.74	2.71	1.14	0.02	2.71	0.77	0.79
$\mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$	106	38	72	53	60	45	84	162	167	30	68	35	167	84	106	98.
Ox.dis mg l^{-1}	8	0	10.8	8.2	9.4	8.4	9.4	8.6	6.4	8.5	9	8.8	0	11	7.9	2.7

El segundo punto de colecta fue una roca granítica a la orilla del río en una zona de remanso con sustrato fino, en la roca se observaron crecimientos de *Prasiola mexicana* con abundante sustrato sobre ella en buena parte del periodo de estudio. El flujo del agua fue muy constante y lento, en ocasiones ausente, ya que éste se ve detenido por rocas que se encuentran cercanas a este punto.

La mayor intensidad se presenta a medio día, ya que en este momento el sol se encuentra totalmente encima del cauce, lo cual no permite que la vegetación riparia, afecte el paso de los rayos solares (Fig.2c). La velocidad promedio del flujo de agua fue de 0.11 m s^{-1} , la intensidad luminosa $x = 23 \mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y el oxígeno disuelto de $\bar{x} = 8.88 \text{ mg l}^{-1}$ (Tab.4).

Tabla 4. Datos micro-ambientales de la comunidad de *Prasiola mexicana* (P2)

	DI	EN	FE	MA	AB	MA	JN	JL	AG	SE	OC	NO	Min	Max	\bar{x}	S
Vel. m s^{-1}	0.02	0	0.02	0	0.02	0.17	0	0.9	0.14	0.32	0.3	0.22	0	0.32	0.17	0.25
$\mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$	67	49	119	97	61	60	42	176	70	50	57	30	30	61	23	23
Ox.dis mg l^{-1}	9.7	10	10	9	8.6	8.2	9.3	8.4	6.2	8.4	9.2	9.4	6.2	10.2	8.8	1.

El último punto se ubicó en el centro del río, en este sitio se observaron cantos rodados y rocas fijas con talos de *Placoma regulare* (Fig.2d), la mayor parte del tiempo se encontraba sombreado, ya que a la orilla del cauce se ubicaba una roca de grandes dimensiones que impedía el paso de luz en buena parte del día, el agua tuvo un flujo laminar constante que presentó una velocidad promedio de 0.34 m s^{-1} , una intensidad luminosa $\bar{x} = 136 \mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y $\bar{x} = 8.52 \text{ mg l}^{-1}$ de oxígeno disuelto (Tab.5).

Tabla 5. Datos micro-ambientales de la comunidad de *Placoma regulare* (PLC)

	DI	EN	FE	MA	AB	MA	JN	JL	AG	SE	OC	NO	Min	Max	\bar{x}	S
Vel. m s^{-1}	0.36	0.15	0.26	0.28	0.15	0.02	0	0.97	0.6	0.56	0.5	0.22	0	0.36	0.34	0.27
$\mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$	115	73	95	141	43	31	183	0	0	185	68	29	0	43	136	129
Ox. dis mg l^{-1}	10.5	10.6	11	9	9.1	8.4	9.6	0	6.4	8.4	9.8	9.4	0	10.6	8.5	2.9

En total se identificaron 43 taxa de los cuales, 31 especies de Bacillariophyceae, 1 especie y 2 géneros de Chlorophyceae: 5 especies y 4 géneros de Cyanophyceae (Tab.6)

Tabla 6. Total de especies registradas

Bacillariophyceae	Chlorophyceae	Cyanophyceae
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow		
<i>A. lanceolata</i> (Brébisson) Grunow	<i>Mougeotia</i> sp.	<i>Calothrix</i> sp. Agardh
<i>A. minutissima</i> Kützing	<i>Prasiola mexicana</i> Agardh	<i>Chamaesiphon incrustans</i> Grunow
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	<i>Ulothrix</i> sp.	<i>Hydrococcus rivularis</i> Kützing
<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek		<i>Leptolyngbya frigida</i> Anagnostidis & Komárek
<i>Cymbella minuta</i> Hilse		<i>Phormidium</i> sp.
<i>C. silesiaca</i> Bleisch		<i>Placoma regulare</i> Broady & Ingerfeld
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer		<i>Stichosiphon</i> sp. Geitler
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing		<i>Synechococcus</i> cf <i>epigloeicus</i> Nägeli
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve		<i>Xenococcus</i> sp.
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières		
<i>F. pinnata</i> Ehrenberg		
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni		

Continuación Tabla 6

Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing

G. truncatum Ehrenberg

Hantzchia amphyoaxis (Ehrenberg) Grunow

Melosira varians Agardh

Navicula minuscula Grunow

N. cryptocephala Kützing

N. radiosa Kützing

N. rynchocephala Kützing

N. subrhynchocephala Hustedt

Nitzschia inconspicua Grunow

N. palea (Kützing) W. Smith

N. recta Hantzsch

Pinnularia borealis Ehrenberg

P. divergentissima (Grunow) Cleve

Rhoicosphenia abbreviata (C. Agardh) Lange-Bertalot

Rhopalodia gibberula (Ehrenberg) Müller

Surirella angusta Kützing

Synedra ulna Ehrenberg

La información que arrojó el análisis de Friedman realizado para la clorofila a ($p = 0.005$), b ($p = 0.00$) y c ($p = 0.005$), indica que las condiciones micro-ambientales en las que se desarrolla cada comunidad son significativamente diferentes (Tab.3, 4 y 5). Sin embargo, para las ficobiliproteínas y la biomasa las diferencias no fueron significativas.

• **Comunidad (P1)**

Estuvo compuesta por 24 especies de Bacillariophyceae, presentes durante todo el año *Achnanthes lanceolata*, *A. minutissima*, *Cocconeis placentula*, *Cymbella minuta*, *C. silesiaca*,

Fragilaria capitoradiata y *Rhoicosphenia abbreviata*; 6 Cyanophyceae siendo las más frecuentes *Phormidium* sp. y *Xenococcus* sp. (presentes en 7 y 5 meses respectivamente) y la más rara *Chamesiphon incrustans* presentes solamente en el mes de julio. Dentro de la clase Chlorophyceae *Prasiola mexicana* y *Mougeotia* sp., ésta última se presentó sólo en dos meses (Tab.7).

Las concentraciones de clorofila a, b y c, estuvieron relacionadas con las variaciones de temperatura, conductividad y capacidad de carga, ya que los modelos de RLM resultaron significativos, presentando las siguientes probabilidades: $p = 0.0022$, $p = 0.0018$ y $p = 0.0106$ respectivamente.

Para las tres clorofilas, la conductividad fue la variable de mayor importancia, teniendo una relación positiva al igual que la capacidad de carga, mientras la temperatura presenta una relación negativa, lo cual se puede apreciar claramente, ya que la mayor producción de clorofilas se presenta de enero-marzo siendo estos los meses mas fríos, mientras que las concentraciones comienzan a disminuir inmediatamente cuando la temperatura comienza a elevarse en abril (Fig.5a).

En enero se registró la mayor concentración de clorofilas al igual que la más alta conductividad, las concentraciones más bajas se presentaron en julio-septiembre en los cuales se registraron las temperaturas más altas, conductividades bajas y la mayor capacidad de carga (Fig.5a).

Las ficobiliproteínas presentaron concentraciones muy bajas durante todo el año, la mayor concentración fue de $0.0950 \text{ mg (cm}^2\text{)}^{-1}$ y la menor de $0.0037 \text{ mg (cm}^2\text{)}^{-1}$. El modelo de RLM resultó significativo ($p = 0.0206$), siendo la temperatura, conductividad y capacidad de carga por separado igualmente significativas. La mayor concentración se registró durante abril y la menor en julio (Fig.6a).

La producción de biomasa presentó una tendencia decreciente de diciembre-abril, en mayo se registró un incremento considerable seguido por una disminución, continuando con valores muy bajos hasta noviembre.

El modelo de RLM no fue significativo, por lo que las variaciones de peso no se asocian directamente a ninguna de las variables tomadas. Sin embargo, la capacidad de carga siempre tuvo una relación negativa con el peso de la biomasa (Fig.7a).

En mayo se presenta el valor más alto de biomasa al igual que la capacidad de carga menor. Los valores más altos de biomasa fueron $0.0830 \text{ mg (cm}^2\text{)}^{-1}$ y $0.0880 \text{ mg (cm}^2\text{)}^{-1}$, registrados en diciembre y mayo respectivamente; los más bajos $0.000025 \text{ mg (cm}^2\text{)}^{-1}$ y $0.00000125 \text{ mg (cm}^2\text{)}^{-1}$ para septiembre y octubre respectivamente (Fig.7a).

La mayor abundancia de diatomeas se presentó en marzo, al igual que la concentración más alta de clorofila c, siendo *Cocconeis placentula* la especie más abundante, seguida por *Achnanthes lanceolata*, juntas representan 85% de las diatomeas registradas para este mes. La abundancia menor la encontramos en julio, siendo a su vez el mes que presentó la concentración más baja de clorofila c y la mayor capacidad de carga, las especies más abundantes en este mes fueron *Cocconeis placentula* y *Fragilaria capucina*.

- **Comunidad (P2)**

Esta comunidad se compuso por 31 especies de Bacillariophyceae, de las cuales *Achnanthes lanceolata*, *Cocconeis placentula*, *Cymbella silesiaca* y *Fragilaria capucina* se encontraron durante todo el año. La clase Cyanophyceae estuvo representada por 6 taxa, siendo el más frecuente *Hydrococcus rivularis* presente en 4 de los 12 meses colectados y el más raro *Placoma regulare* presente sólo en el mes de enero. La clase Chlorophyceae por dos taxa, con *Prasiola mexicana* presente durante todo el año (Tab.8).

La producción de clorofila a, b y c presentó en general el mismo comportamiento que el de la comunidad P1. En esta comunidad la concentración de clorofila b y c, estuvo relacionada con las variaciones de temperatura, conductividad y capacidad de carga, resultando el modelo de RLM significativo ($p = 0.0000004$, para la clorofila b y $p = 0.0173$, para la clorofila c). La clorofila a estuvo relacionada con la temperatura y la capacidad de carga con una $p = 0.0294$.

Para la clorofila a, la variable significativa dentro del modelo de RLM fue la temperatura con una $\beta = -0.7400$. Para la clorofila b todas las variables por separado fueron igualmente significativas presentando las siguientes betas; la T $\beta = -0.8900$, la conductividad $\beta = 0.3630$ y la Q $\beta = 0.2930$, mientras que para la clorofila c la variable significativa dentro del modelo de RLM fue la temperatura al igual que en la clorofila a con una $\beta = -0.8300$. Para todas las clorofilas la temperatura mostró una relación negativa como la observada en la comunidad P1, presentándose la mayor concentración en los meses de menor temperatura (Fig. 5b).

Las ficobiliproteínas presentan valores muy pequeños que van de $0.0100-0.0500 \text{ mg (cm}^2\text{)}^{-1}$ en 9 meses del año, con concentraciones más altas para febrero, marzo y noviembre por arriba de $0.500 \text{ mg (cm}^2\text{)}^{-1}$. Las concentraciones estuvieron relacionadas principalmente con la temperatura, la conductividad y la capacidad de carga, ya que el modelo de RLM fue significativo ($p = 0.0033$) dentro de éste la variable que fue significativa fue la T con una $\beta = -0.8500$. Las concentraciones más altas se registraron en los meses de bajas temperaturas y poca capacidad de carga, lo cual coincide con la relación negativa que las variables presentaron en los valores de las betas observados en la RLM (Fig.6b).

Los valores de biomasa mostraron una tendencia decreciente en diciembre-octubre, la cual se vio interrumpida por un incremento considerable en mayo, con el valor más alto de 0.12 mg (cm²)⁻¹ y los valores más bajos para septiembre y octubre 0.00000625 mg (cm²)⁻¹ y 0.00001875 mg (cm²)⁻¹ respectivamente (Fig.7b).

El modelo de RLM no resultó significativo y al igual que la comunidad P1 la descarga, siempre tuvo una relación negativa con el peso de la biomasa, lo que se observa claramente en el mes de mayo en el cual se registraron el valor más alto de biomasa y la capacidad de carga menor.

Las mayores abundancias de diatomeas se presentaron en febrero, agosto y noviembre. Las especies más abundantes y frecuentes durante el periodo de estudio fueron *Cocconeis placentula* seguida por *Achnanthes lanceolata*, representando de 57% a 96% en los meses de mayor abundancia.

• Comunidad (PLC)

La comunidad de *Placoma regulare*, estuvo estructurada por 30 especies de Bacillariophyceae, de las cuales, las que se presentaron en todas las colectas donde se encontraron talos de *P. regulare* fueron *Achnanthes lanceolata*, *A. minutissima*, *Cymbella silesiaca*, *Reimeria sinuata*, *Cymbella minuta*, *Fragilaria capucina*, *Navicula subrhynchocephala* y *Nitzschia palea*. De las Cyanophyceae, la más frecuente de los 4 taxa registrados a parte de *P. regulare* fue *Leptolyngbya frigida* registrada en 8 de los 10 meses donde se colectó. La clase Chlorophyceae estuvo representada sólo en un mes por *Ulothrix* sp. (Tab.9).

La variación de la clorofila a de acuerdo a la probabilidad obtenida del modelo de RLM (0.0466) se debe a las variaciones de temperatura y capacidad de carga siendo ésta última significativa dentro del modelo con una $\beta = -0.7$. Las mayores concentraciones se observaron en los meses más cálidos y de menor Q (Fig. 5c y 3b), mientras las menores registraron para junio-septiembre, observándose en estos los valores mas altos de Q del río (Fig3b).

Para la clorofila b y c el modelo de RLM no resultó significativo. La clorofila b y c presentan la mayor concentración en octubre y las más bajas en el periodo de mayo-septiembre, para la clorofila a se observo de junio-septiembre, en ambos casos son los meses que presentan los valores más altos de Q (Fig. 3b).

Para esta comunidad las ficobiliproteínas al igual que la clorofila a, presentan sus mayores concentraciones en el periodo marzo-mayo, época en la que se presenta la mayor temperatura y la más baja capacidad de carga (Fig. 6c). El modelo de RLM ($p = 0.0207$) fue significativo, mostrando que no existió ninguna variable que por separado tuviera mayor significancia dentro de los cambios de ficobiliproteínas, sin embargo la Q presenta una relación negativa con la concentración de este pigmento. Las concentraciones fueron muy bajas durante todo el año pues tienen valores por debajo de 0.0025 a $0.055 \text{ mg (cm}^2\text{)}^{-1}$.

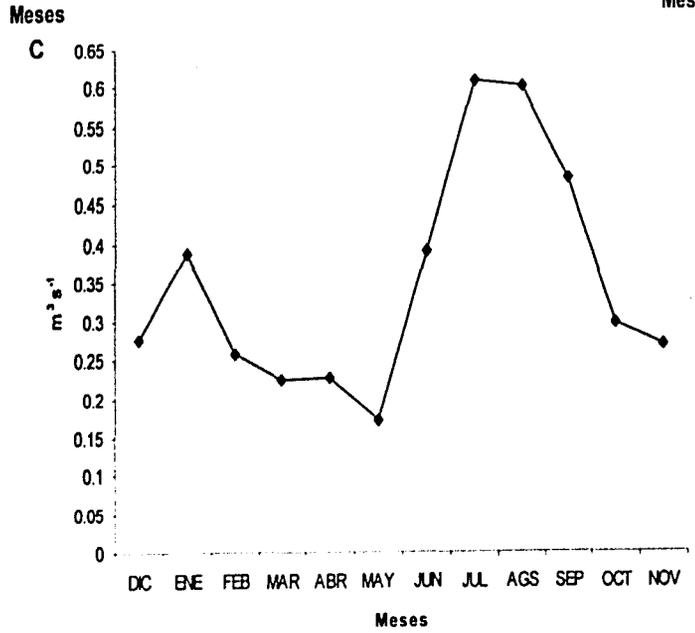
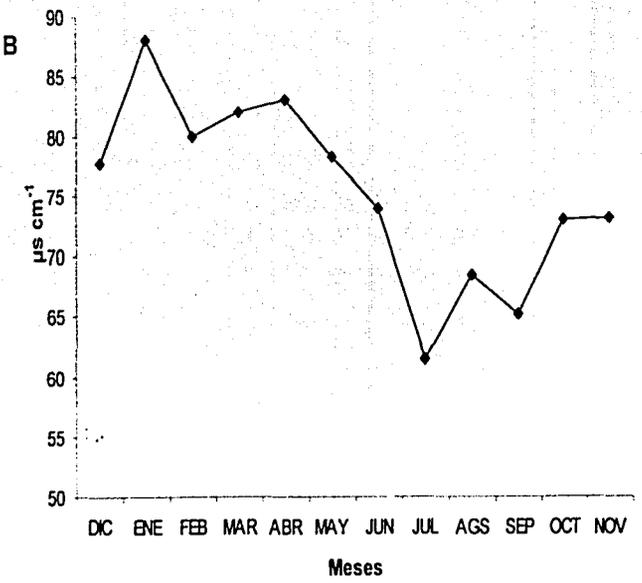
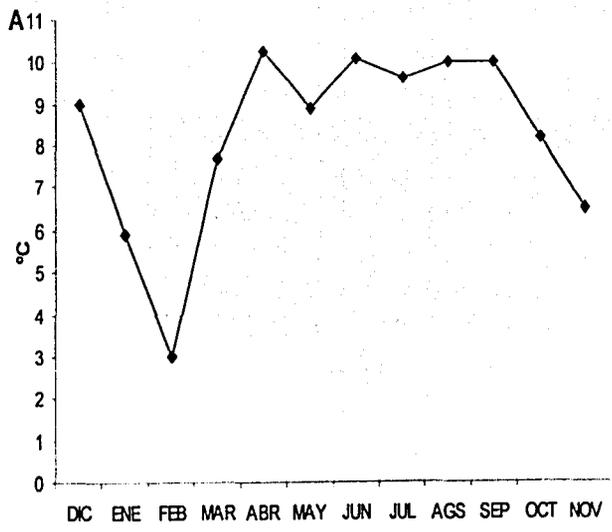


Figura 3. Variación anual de A) Temperatura, B) Conductividad y C) Capacidad de carga del área de colecta

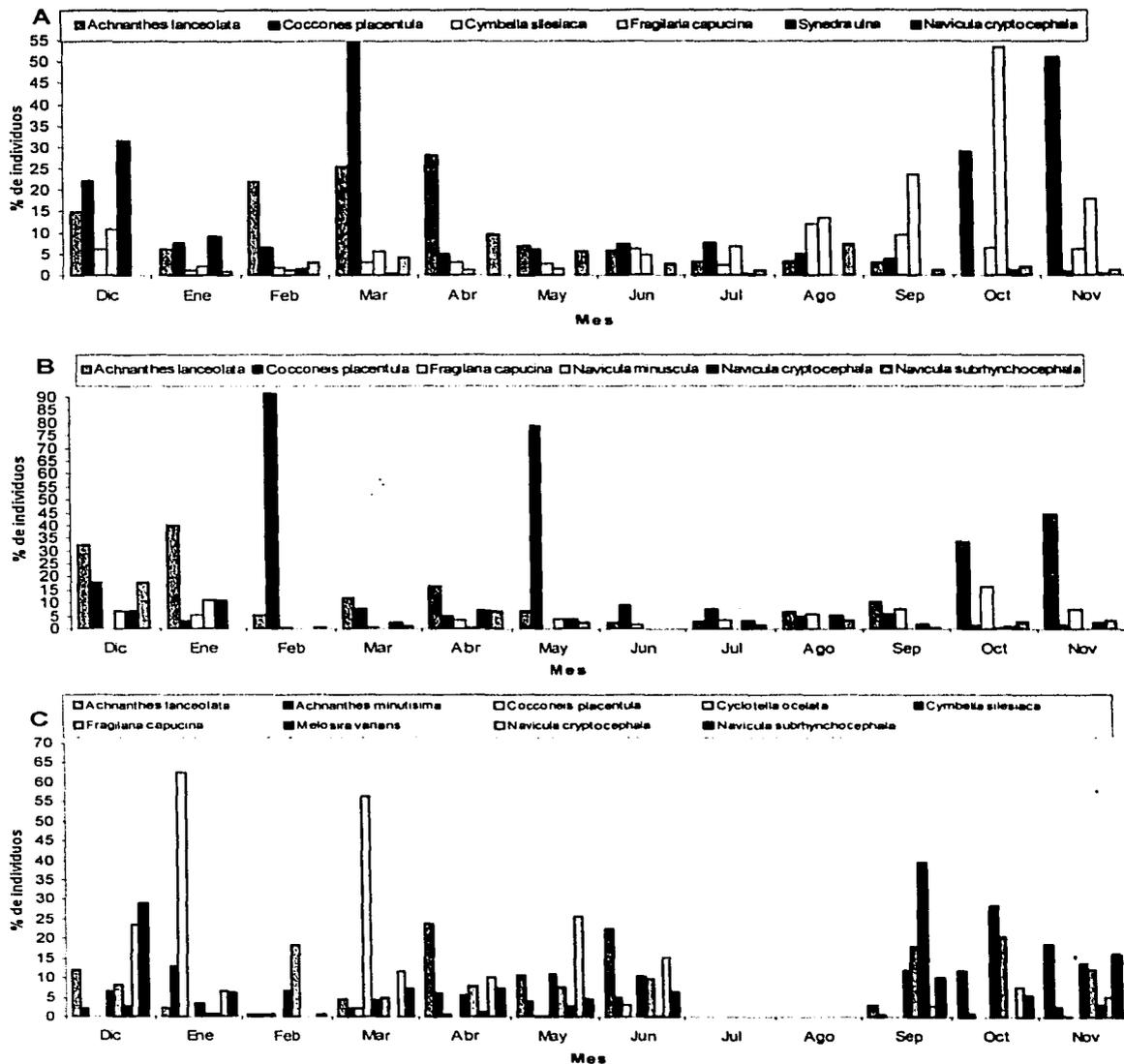


Figura 4. Variación temporal de los principales componentes de Bacillariophyceae en las comunidades A) P1, B) P2 y C) PLC

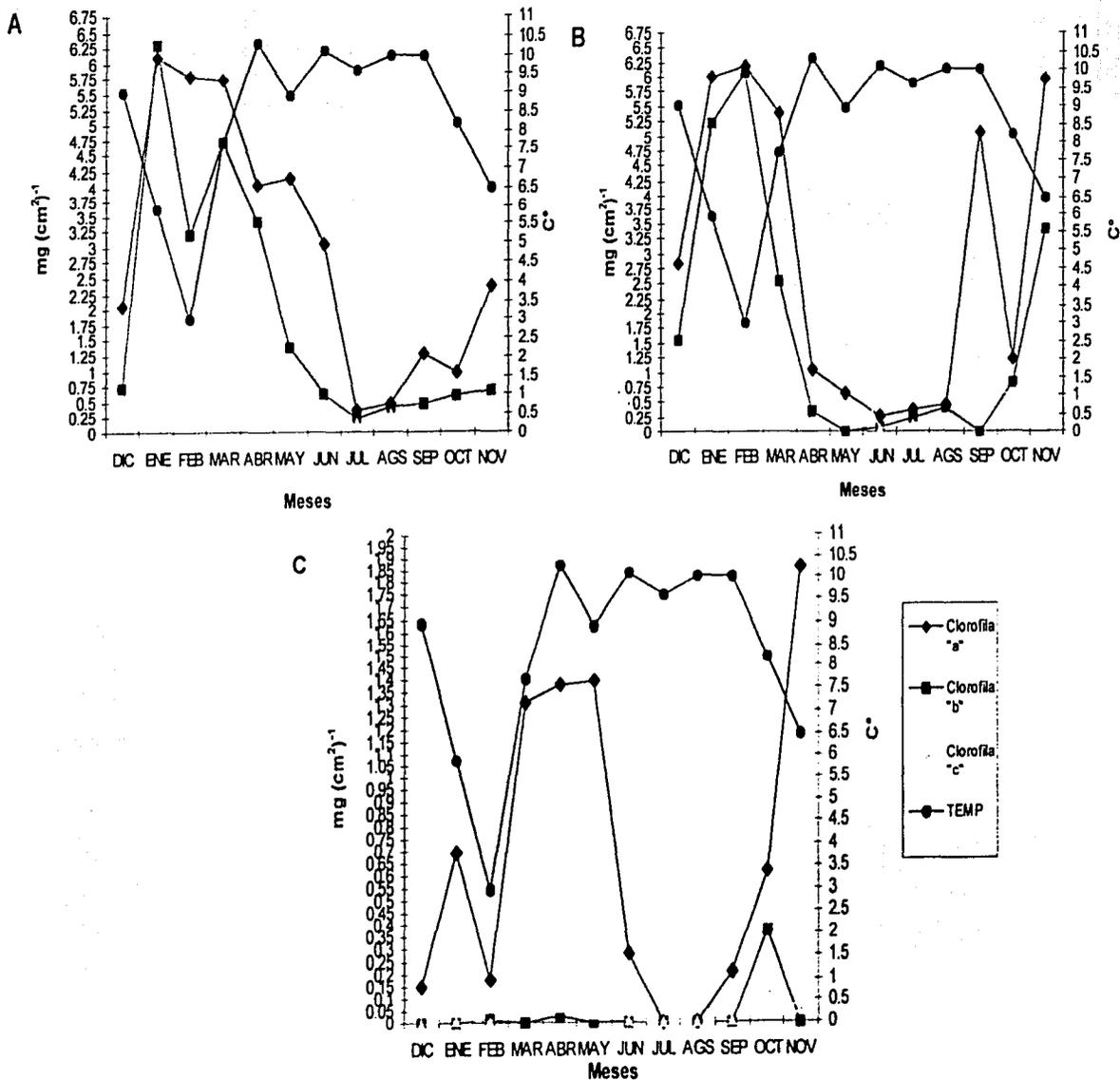


Figura 5. Variación de las clorofilas conforme a los cambios de Temperatura en las tres comunidades A) P1, B) P2 y C) PLC

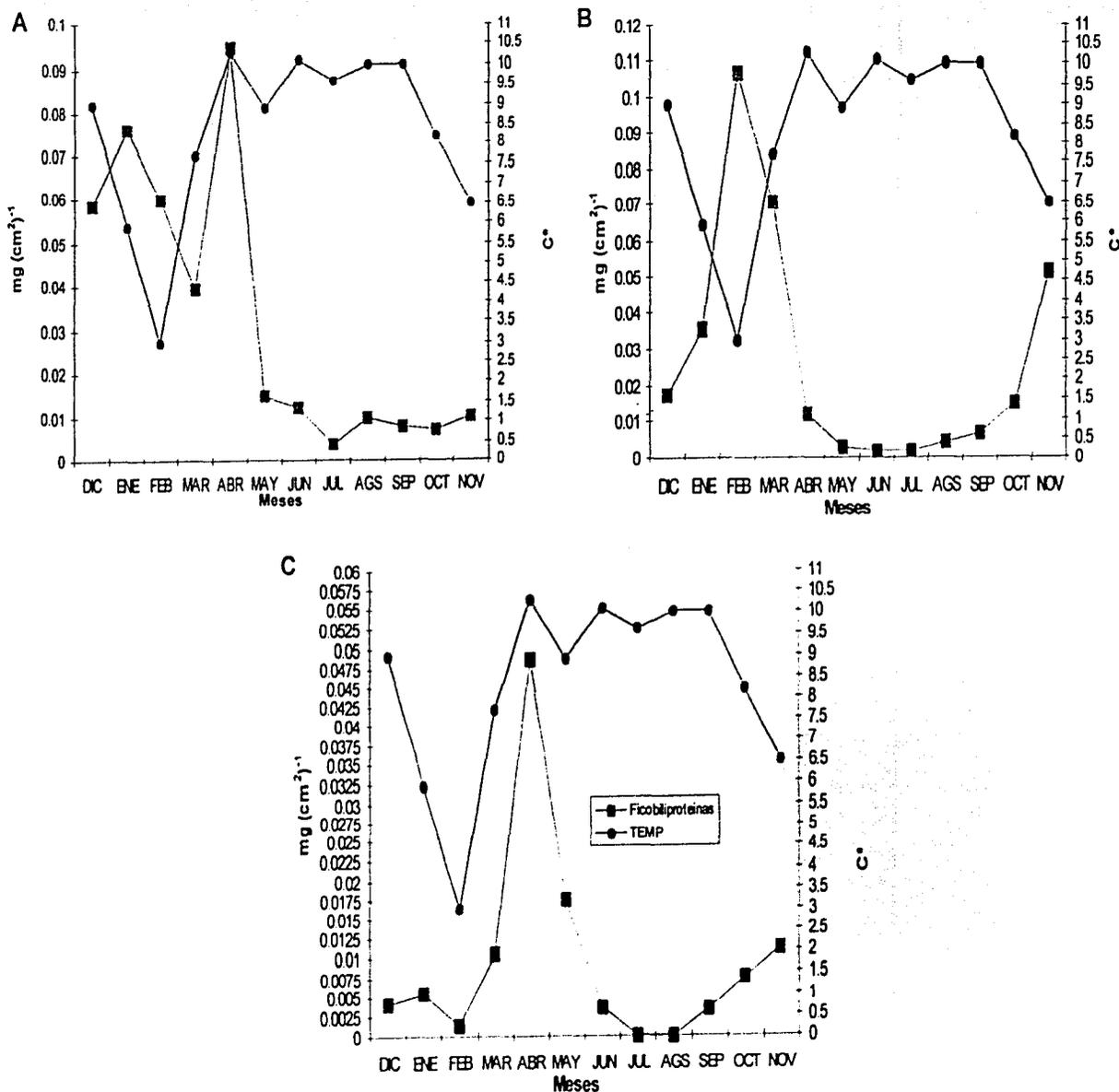


Figura 6. Variación de las ficobiliproteínas conforme a la variación de Temperatura en las comunidades A) P1, B) P2 y C) PLC

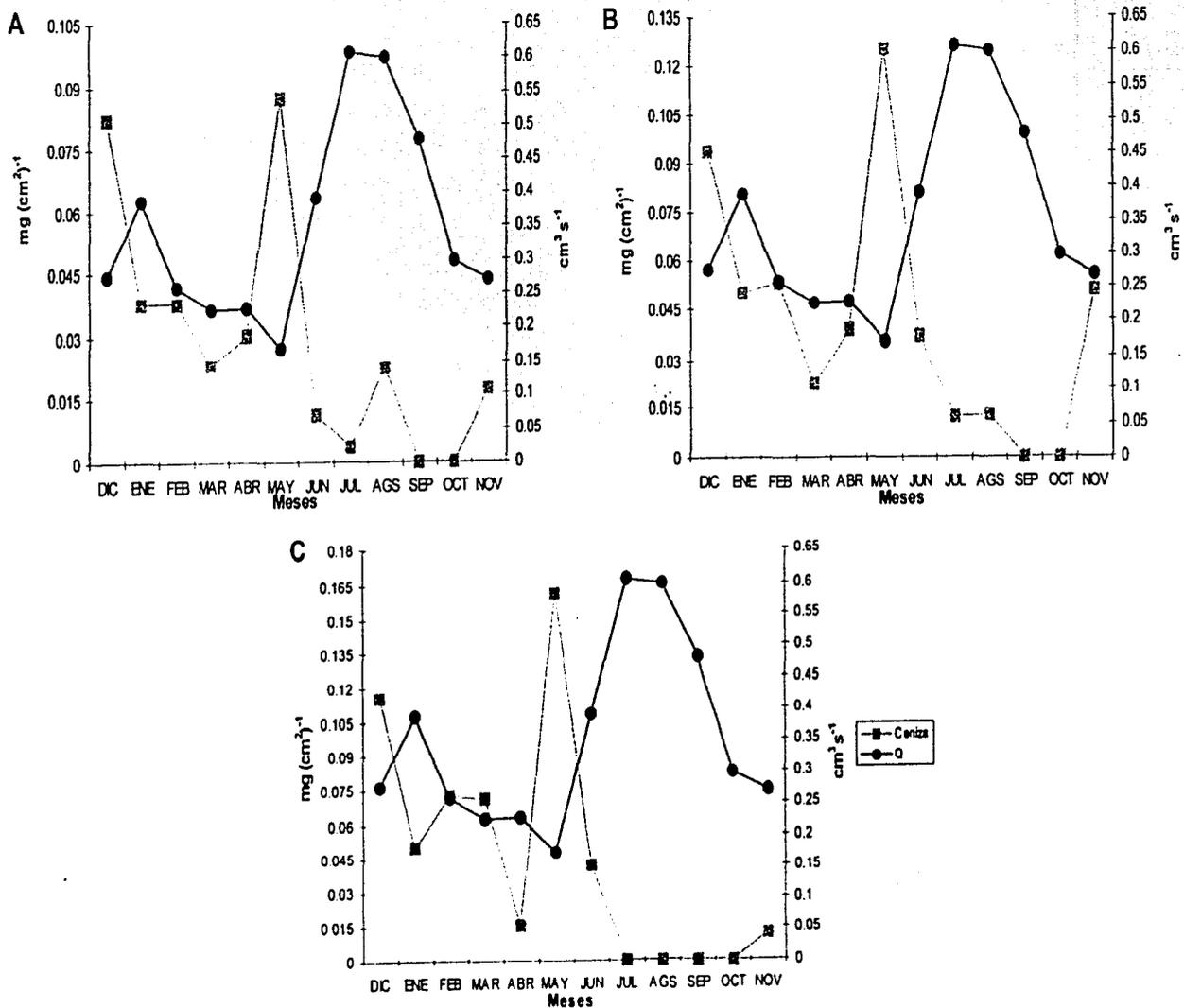


Figura 7. Variación del peso seco libre de ceniza conforme al cambio de la capacidad de carga en las tres comunidades A) P1, B) P2 Y C) PLC

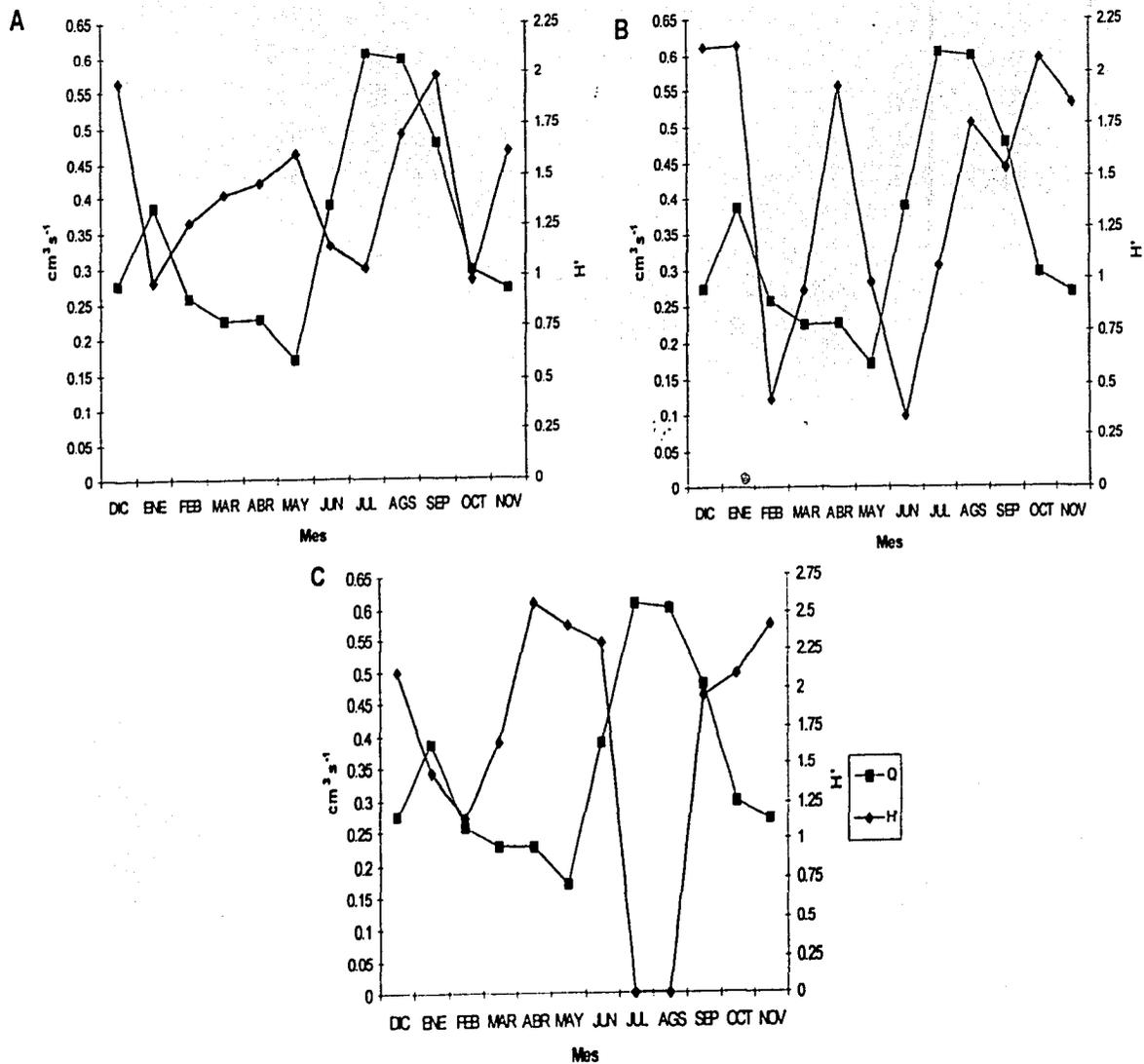


Figura 8. Dinámica de la descarga del río y la diversidad de especies de las diatomeas de las tres comunidades A) P1, B) P2 y C) PLC

DISCUSIÓN

En el presente trabajo el mayor número de taxa se registró para la clase Bacillariophyceae, seguida por Cyanophyceae y por último Chlorophyceae, lo cual coincide con lo citado para ambientes lóticos en la literatura (Cantoral, 1993; Aboal *et al.*, 1994, 1996; Mosisch & Bum, 1997; Valadez, 1998; Pan *et al.*, 1999; Winterbourn, sin año), siendo *Prasiola mexicana* el talo macroscópico más conspicuo.

La abundancia de Bacillariophyceae que se registró en las comunidades algales evaluadas, puede atribuirse a la combinación de las estructuras de fijación que poseen (pedúnculos mucilaginosos que posibilitan que se fijen a las macroalgas u otros sustratos) y de sus pequeñas tallas, ya que al tener un área celular pequeña aunque sea dura, la fricción de ésta con el flujo es menor que la que tienen los grandes talos rígidos, por otra parte al estar asociadas con algas macroscópicas de talos flexibles, les proporciona una mayor estabilidad y por ende una mayor permanencia. Con respecto a Chlorophyceae *Prasiola mexicana* fue la macroalga más frecuente y abundante dentro del área de colecta.

La permanencia de *P. mexicana* en la localidad de colecta durante todo el estudio, es el resultado de la adaptación de ésta a soportar diferentes velocidades de corriente, ya que posee estructuras de fijación y talos laminares flexibles lo cual dificulta su separación del sustrato y reduce la fricción con el agua al permitir que ésta pase entre ellos fácilmente.

Se observó que las tallas de los talos de *P. mexicana* variaron de acuerdo a la descarga del río, presentándose las más reducidas en los meses de mayor descarga, contribuyendo de esta manera a la reducción de la fricción y permitiendo su permanencia. Blum (1956) menciona que las algas macroscópicas de las corrientes que crecen sobre roca, están adaptadas a los movimientos del agua como los árboles lo están a los del viento. Por lo que, así como los árboles pueden perder parte de su biomasa o ser arrancados por completo cuando los vientos son muy fuertes, las algas presentan pérdidas en su biomasa ya parciales o totales como resultado de la perturbación que la velocidad de corriente causa en ellas. Allan *et al.* (1997) reportaron que las algas verdes no eran muy conspicuas en los ríos de montaña. Trabajos

anteriores reportan que las algas macroscópicas más frecuentes en los ríos templados son las clorofitas (Whitton, 1975; Sheath & Burkholder, 1985 cit por. Cantoral, 1993).

La diferencia en la estructura entre las comunidades en una misma época del año, está dada por las variaciones de condiciones micro-ambientales como son la velocidad de corriente, oxígeno disuelto e intensidad luminosa. Lo anterior se ve reforzado por el trabajo de Holmes & Whitton (1981) quienes mencionan la existencia de variaciones entre los patrones de cambios estacionales y en la abundancia de las mismas especies entre comunidades de acuerdo al sitio donde se localicen. Cantoral (1993), sugiere que la diferencia a nivel de floras está relacionada con un conjunto de condiciones ambientales particulares en diferentes localidades de un mismo sistema hidrológico, como son la iluminación, tipo de sustrato y velocidad de corriente, que provocan la manifestación diferencial de las comunidades que se reflejan en términos de diferente composición específica.

En el presente estudio, la composición específica de las comunidades, estuvo determinada por los distintos valores de las variables ambientales particulares de cada comunidad (punto de colecta), lo que demuestra la variación en una misma localidad en diferentes micro-ambientes.

Las variaciones observadas dentro de las comunidades a lo largo del presente trabajo en productividad y estructura (Fig. 4; 5a, b, c; 6a, b, c; 7a, b, c; 8a, b, c y Tab. 7, 8, 9.), también han sido descritas por Mosich & Bunn (1997), quienes estudiaron dos ríos ubicados en un bosque lluvioso subtropical de Australia, reportando que los valores mayores de clorofila a y biomasa (peso seco libre de ceniza) se presentaban durante la estación seca, con baja temperatura del agua, poca intensidad luminosa y en ausencia de eventos grandes de descarga, mientras que los valores más bajos de éstas se presentaron en la estación húmeda donde la temperatura del agua fue mayor.

Existen estudios que reportan un comportamiento inverso al observado durante el presente estudio, como es el caso del trabajo realizado por Vis *et al.* (1998) en la parte alta de un río de Montreal, donde reporta valores máximos de clorofila a en primavera y mínimos en verano. Esto puede atribuirse a que las especies presentes en la corriente del primer trabajo y del

presente estudio, estén mejor adaptadas a las bajas temperaturas, ya que muchas de las algas de los arroyos están mejor adaptadas a los periodos de baja temperatura que a los de alta (Blum, 1956).

La combinación de variables ambientales que tuvieron una relación mayor y más consistente con las variaciones de biomasa (pigmentos y peso seco libre de ceniza) y la estructura (diversidad y abundancia) en las tres comunidades, fueron las variables indicativas de la estacionalidad al igual que lo reportado por Vis *et al.* (1998) temperatura, conductividad y la descarga del río, ya que el conjunto de éstas, exhibieron las relaciones más significativas en los modelos de RLM .

En el presente trabajo no se observó una relación directa entre las variables ambientales y el peso seco libre de ceniza, ni de éste con la concentración de clorofilas; pero sí entre las clorofilas (a, b y c) y la temperatura y la conductividad (Fig. 5a, b; 6a, b y 3c) de las comunidades P1 y P2, ya que la comunidad PLC presenta un comportamiento muy diferente será discutida posteriormente. Los altos valores en el peso seco libre de ceniza cuando las concentraciones de clorofilas son bajas, pueden indicar que estos valores no son el resultado de incremento real de la biomasa, sino quizá de un aumento de sustrato sobre los crecimientos algales resultado del arrastre de sedimentos por un evento de crecida anterior.

La relación negativa que presentaron las concentraciones de clorofilas con la temperatura (Fig. 5a, b), indica que las especies que estructuran estas comunidades presentan su máximo fisiológico en temperaturas bajas, como es el caso de muchas diatomeas, que crecen mejor a temperaturas entre los 3-10° C y comienzan a tener dificultades para sobrevivir por arriba de los 19° C (Blum, 1956). Al mismo tiempo, los meses de menor temperatura presentan los menores valores de Q y las más altas conductividades lo cual puede ser resultado de un evento de crecida anterior, se ha reportado que después de estos eventos el perifiton tiende a recuperarse (Mosich & Bunn, 1997) como resultado de una disminución de los herbívoros durante la crecida, la eliminación de sustancias tóxicas y un recambio de nutrientes en el sistema.

La relación negativa que mostraron los valores de peso seco libre de ceniza para las tres comunidades con la Q ha sido reportada en diversos trabajos, Chambers, *et al.* (1991) cit por. Carr *et al.*: 1997; McConnell, *et al.* y Butcher's, cit por. Weitzel, 1979, donde se reportó que a velocidades de corriente altas la concentración de peso seco libre de ceniza era menor que en las zonas de flujo suave, como se observó entre las comunidades P1 y P2 (Fig. 7a, b); esto como resultado de la perturbación que sufren los crecimientos algales, por la fricción del agua y los materiales arrastrados por ésta, sobre los sustratos donde las algas se encuentran adheridas, causando en ocasiones la pérdida total de los talos. Datos semejantes los han reportado Ghosh & Gaur (1998) quienes registraron una relación inversa entre la acumulación del perifiton y la velocidad de corriente en una corriente de primavera dentro de un área deforestada en la India.

Los máximos valores de ficobiliproteínas de la comunidad P1 y la comunidad de PLC se presentan en el mismo periodo, que se caracteriza por tener las temperaturas más altas, la más baja Q y bajas conductividades (Fig. 6a, c), lo cual coincide con lo reportado en la literatura, que menciona que la mayor riqueza y abundancia de Cyanophyceae se presenta en los periodos de baja conductividad y temperaturas altas, ya que parece ser que éstas tienen la habilidad de crecer en medios con bajo contenido de iones y son competitivos en condiciones de pocos nutrientes en las aguas corrientes (Branco *et al.* 2001). *Placoma regulare* que fue el talo macroscópico más abundante de Cyanophyceae, presentó sus óptimos en los meses de más alta temperatura y conductividades relativamente bajas, coincidiendo con lo antes citado.

En contraste con las comunidades P1 y P2, la concentración de pigmentos y biomasa de *P. regulare* estuvieron relacionadas con la Q (Fig. 7c), esto se debe a que esta comunidad se encontró en la zona del río con mayor número de cantos rodados, los cuales al aumentar el flujo de agua se ven arrastrados y golpean las rocas cercanas a estos, provocando una pérdida importante de la biomasa de los crecimientos.

Los efectos de la corriente son factores abióticos fundamentales en el control de los procesos ecológicos, ya que la corriente regula la relación entre los herbívoros y las algas, como lo reportado por Hart (1992) donde la herbivoría por peces fue susceptible de eliminar filamentos

en velocidades <0.20 cm/s, mientras que a velocidades > 50 cm/s los crecimientos algales florecían (Hart & Finelli, 1999). En los ríos de montaña, las altas velocidades de corriente y los eventos episódicos (crecidas) son de especial importancia para el crecimiento y la periodicidad temporal del fitobentos (Backhaus, 1968 cit por. Rott & Pfister, 1988), al mover el sustrato, renovar los nutrimentos, mantener una buena oxigenación y desechar las sustancias tóxicas de éstos.

Las concentraciones de clorofila a en PLC, presentan un comportamiento inverso a los registrados para las otras dos comunidades y coinciden con el comportamiento de las ficobiliproteínas de esta comunidad. Esto puede atribuirse, a que los datos obtenidos para P1 y P2 nos están dando más información sobre el comportamiento estacional de *Prasiola mexicana* que de las especies asociadas y en la comunidad PLC, del comportamiento de *Placoma regulare*, por ser los talos más abundantes en las comunidades. La ausencia de clorofila b en estas muestras es reflejo de que la comunidad está compuesta básicamente por *Placoma regulare*, cianofitas asociadas y diatomeas (Tab. 9).

Las variaciones de diversidad en las diatomeas a lo largo del estudio dentro de todas las comunidades, son producto del movimiento estacional de la descarga del río (Fig.8), lo cual viene a reafirmar la fuerte influencia que tiene la Q sobre la estructura de las comunidades de ambientes lóticos. Aboal *et al.* (1996) describió este mismo comportamiento.

Las diatomeas más abundantes y frecuentes en todas las comunidades fueron *Achnanthes lanceolata*, *Cocconeis placentula*, *Fragilaria capucina* y *Navicula cryptocephala*. McIntire (1964) reporta que estas especies son dominantes en zonas de corrientes rápidas y en 1968 registra que la velocidad de corriente tiene un efecto positivo sobre *A. lanceolata*, *C. placentula*, *N. cryptocephala* y otras especies también registradas en este trabajo, como *Synedra ulna* y *Gomphonema parvulum*.

Patrick & Reimer (1966); Van Dam *et al.* (1994); Asai & Watanabe (1996), han reportado a la mayoría de las diatomeas registradas en este trabajo para aguas dulces limpias principalmente o ligeramente salobres, o como indiferentes.

Dentro de las especies antes mencionadas, *A. lanceolata* y *C. placentula* fueron las más frecuentes y abundantes en las comunidades, Kawecka & Elorant (1987) las han descrito como componentes abundantes en ríos de alta montaña. *A. lanceolata* ha sido citada para lugares bien aireados, como componente importante en zonas alpinas y subárticas, lo que le confiere la habilidad de permanecer en épocas de bajas temperaturas (Van Dam, *et al.*, 1994), mientras que *C. placentula* se ha reportado como epífita de plantas acuáticas y otros objetos (Patrick & Reimer, 1966); sitios con oxigenación moderada y frecuentes en aguas corrientes (Van Dam *et al.*, 1994).

Novelo (1998) en su estudio de la flora ficológica de Tehuacán, Puebla, hace evidente que la mayoría de las especies reportadas para este trabajo son de muy amplia distribución ambiental. De acuerdo a la información sintetizada de las especies de diatomeas presentadas por Novelo, se asume que la presencia de la mayoría de las diatomeas registradas en este trabajo es atribuible a la capacidad de éstas a desarrollarse en un amplio intervalo de condiciones ambientales como resultado de las características ecológicas que poseen.

ESTA TESIS NO SALIÓ
DE LA BIBLIOTECA

CONCLUSIONES

En el presente estudio, la capacidad de carga del río fue una de las variables de mayor influencia sobre la dinámica del perifiton, al regular la diversidad de las diatomeas y el peso seco libre de ceniza en las comunidades con una relación directamente inversa, al igual que la concentración de pigmentos de manera indirecta, ya que la producción de estos fue siempre mayor después de los eventos de más alta capacidad de carga.

La segunda variable de gran importancia para estas comunidades fue la temperatura, ya que la productividad de los componentes de la comunidad estuvo controlada por ésta, mostrando que las Chlorophyceae y Bacillariophyceae de este sistema hidrológico presentan sus óptimos fisiológicos a temperaturas bajas, lo cual coincide con lo reportado por Blum (1956) quien menciona que muchas de las algas de los arroyos están mejor adaptadas a los periodos de baja, que a los de alta temperatura. Mientras que *Placoma regulare* se ve favorecida por las épocas de mayor temperatura. En otros estudios también se reporta la temperatura como limitante en la productividad del perifiton, aunque en muchos de estos casos las especies presentes se desarrollan mejor en temperaturas cálidas (Aboal *et al.*, 1996; Vis *et al.*, 1998; Pinder *et al.*, 1997).

Las técnicas empleadas en el presente estudio nos permitieron cubrir los objetivos plateados, lo cual muestra que es una buena forma de aproximación para el estudio de la dinámica de comunidades en este tipo de ambientes.

Por lo registrado en este trabajo y lo observado en estudios previos, podemos decir, que las variables que tiene una mayor influencia sobre el perifiton de la localidad son la temperatura y la descarga del río, sin embargo no hay que olvidar que estos factores abióticos no interactúan solos, por ello su importancia y efecto sobre éste, variará de acuerdo a las características ecológicas de las especies que conformen la comunidad.

PERSPECTIVAS

Durante el desarrollo del presente trabajo se evidenció la necesidad de estudiar la morfofisiología y ecofisiología de *Prasiola mexicana* ya que a lo largo del estudio se observó que dentro del talo de *P. mexicana* existe una variación en la forma y tamaño de las células, esta variación no es citada en la literatura, quedando una pregunta interesante a resolver sobre esta alga macroscópica, la cual es una de las algas más frecuentes y abundante en esta zona.

También es necesario hacer estudios más detallados sobre la ecología de las diatomeas, si bien es evidente que en las descripciones taxonómicas se ubican en un gran número de ambientes, es claro que falta información de cómo se encuentran en estos sitios y cuáles son sus abundancias. Existen algunos trabajos sobre el tema, pero la mayoría de éstos están realizados para ambientes distintos a los de nuestro país, de ahí la relevancia de iniciar estudios sobre las características ecológicas de éste grupo.

REFERENCIAS

- Aboal M., Puig M.A., Sánchez-Godínez A. & Soler G. 1994. Algal standing crop in some Mediterranean temporary rivers in southeastern Spain. **Verh. Internat. Verein. Limn.** 25: 1746-1750.
- Aboal M., Puig M.A. & Soler G. 1996. Diatom assemblages in some Mediterranean temporary streams. **Archiv Hydrobiol.** 136 (4) 509-527.
- Allan D.J. 1996. **Stream Ecology Structure and function of running water.** Chapman & Hall. London. 388 pp.
- Allan P., Bailey R.G., Busulwa H.S. & Williams A. 1997. Epilithic algal communities of the Bujuku-Mubuku River System, Rwenzori Mountains, Uganda. **Arch. Hydrobiol.** 139 (4): 479-493.
- Anagnostidis K. & Komáreck J. 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. **Arch. Hydrobiol. Suppl.** 80 (1-4): 327-472. Stuttgart en Elster H.J. & Ohle, W. 1988. **Arch. Hydrobiol.** E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart 584.
- Asai K. & Watanabe T. 1996. Statistical classification of epilithic diatom species into three ecological groups relating to organic water pollution. **14th Diatoms Symposium.** 413-417.
- Batarbee. 1986. **Diatom analysis.** En: E.B Berglund. **Handbook of Holocene Paleocology and Paleohydrology.** John Wiley & Sons Ltd. New York: 527-569.
- Begon M., Harper J.L. & Townsend C.R. 1996. **Ecology: Individuals, Populations and Communities.** Blackwell Scientific. London .1068 pp.
- Blum J.L. 1956. The ecology of river algae. **Botanical Review** 22: 291-341.
- Bourrelly P. 1972. **Les Algues D'eau douce.** Tomo III. Les Algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Editions N.boubée & cie 512 pp.
- Branco L.H , J.O. Nechii & Branco C.C. 2001. Ecological distribution of Cyanophyceae in lotic ecosystems of Sao Paulo State. **Revta brasil. Bot., Sao Paulo,** 24 (1): 99-108.
- Broady P. & Ingerfeld M. 1991. *Placoma regulare* sp. nov. (Entophysalidaceae, Cyanobacteria) from New Zealand streams. **Phycologia** 30 (6): 547-555.

- Cantoral E.A. 1993. **Ecología de comunidades algales del sistema hidrológico El Salto en la Huasteca Potosina**. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 97 pp.
- Cantoral E.A., Carmona J., González J. & Montejano G. 1998. **Algas indicadoras de la calidad del agua en el Río La Magdalena, Delegación Magdalena Contreras, Distrito Federal, México**. En CONSERVA, Gobierno del Distrito Federal, Tomo 1: 300-332 pp.
- Carr G.M., Duthie H.C. & Taylor W.D. 1997. Models of aquatic plant productivity: a review of the factors that influence growth. **Aquatic botany**. 59: 195-215.
- Crawley M.J. 1997. **Plant ecology**. Blackwell Science. Australia. 717 pp.
- Espinosa G.F. & Sarukhán J. 1997. **Manual de malezas del Valle de México**. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica. México. 407 pp.
- Ghosh M. & Gaur J.P. 1998. Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities. **Aquatic Botany**. 60: 1-10.
- Hach. 1991-1993. DR 2000 **Spectrophotometer Handbook Instrument Manual**. For use with software version 3. HACH USA 606 pp.
- Hart D.D. 1992. Community organization in streams: the importance of species interactions, physical factors and chance. **Oecologia** 91: 220-28.
- Hart D.D. & Finelli C.M. 1999. Physical-Biological Coupling in Streams: The Pervasive Effects of Flow on Benthic Organisms. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** 30: 363-95.
- Haver R.F. & Lamberti G.A. 1996. **Stream Ecology**. Academic Press. USA. 674 pp.
- Holmes N.T.H. & Whitton B.A. 1981. Phytobenthos to the River Tess and its tributaries. **Freshwater Biology**. 11: 139-163.
- Jeffrey S.W. & Humphrey G.F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. **Biochem. Physiol. Pflanzen**, 167: 191-194.
- Jeffrey S.W., R.F.C. Mantoura & S.W. Wright. 1997. **Phytoplankton pigments in oceanography: guidelines to modern methods**. UNESCO publishing. France. 661 pp.
- Kawecka B. & Elorant P. 1987. Communities of sessile algae in some small streams of central Finland. Comparison of the algae of the high mountains of Europe and those of its northern regions. **Acta Hydrobiol.** 29 (4):403-415.

- 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.
- Krebs C.J. 1994. **Ecology the experimental analysis of distribution and abundance.** Harper Collins College Publishers. 801 pp.
- Marker A.F.H. 1972. The use of acetona and methanol in the estimation of chlorophyll in the presence of phaeophytin. **Freshwater Biology**, 2: 361-385.
- McIntire C.D. 1964. Some effects of current velocity on Pheriphyton communities in Laboratory Streams. **Hydrobiologia. Acta hydrobiologica hydrographica et protistologica. Dr. W Junk Publishers** Vol. XXVII 559-570.
- Mosisch T.D & Bum. 1997. Temporal patterns or rainforest stream epilithic algae in relation to flow-related disturbance. **Aquatic Botany**. 58: 181-193.
- Nomdedeu O.V. & López-Ochoterena, 1988. Protozoarios ciliados de México XXXII. Estudio ecológico de algunas especies para estimar el grado de contaminación del río La Magdalena, México, D.F. **An.Inst.Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México**. 15 (1): 229-236.
- Novelo M.E. 1998. **Flora ficológica del valle de Tehuacán, Puebla.** Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 599 pp.

- Pan Y., Stevenson R.J, Hill B.H, Kaufman P.R & Herlihy A.T.1999. Spatial patterns and ecological determinants of benthic algal assemblages in Mid-Atlantic streams, USA.
- Padisák. 1993. The influence of different disturbance-frequencies on the species richness diversity and equitability of phytoplankton in Shallow Lakes. **Hydrobiologia**. 249:135-156.
- 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.
- Peñafiel A. 1884. Memoria sobre las aguas potables de la capital de México. **Oficina Tip. De la Secretaría de Fomento, México**. 208 pp.
- Pinder L.C.V., Marker A.F.H, Pinder A.C, Ingram J.K.G., Leach D.V & Collett G.D. 1997. Concentrations of suspended chlorophyll a in the Humber rivers. **The Science of the Total Enviromental**. 194/195: 373-378.
- Ramírez V.M., Beltrán Y, Bojorge M., Carmona J., Cantoral-Uriza E.A. y Valadez F. 2001. Flora algal del Río La Magdalena, Distrito Federal, México. **Boletín de la Sociedad Botánica de México**, 68: 51-73.
- Raven J.A & Johnston. A.M. 1991. Photosynthetic Inorganic Carbon Assimilation by *Prasiola stipitata* (Prasiolales, Chlorophyta) under Emerged and Sumersed Conditions: Relationship to the taxonomy of Prasiola. **Br. Phycol.J.** 26: 247-257.
- Rindi F., Guiry M.D., Barbiero R.P. & Cinelli F. 1999. The marine and terrestrial Prasiolales (Chlorophyta) of Galway city, Ireland: A morphological and ecological study. **J. Phycol.**6: 469-482.
- Rott E. & Pfister P. 1988. Natural epilithic algal communities en fast-flowing mountain streams and rivers and some man-induced changes. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** 23: 1320-1324.
- Rushforth S.R., I. Kaczmarska & J.R. Johansen, 1984. The Subaerial Diatom Flora of Thurston Lava Tube, Hawaii. **Bacillaria**, 7: 135-157.
- Sámano-Bishop A. & Sokoloff D. 1931. La Flora y fauna de aguas dulces del Valle de México. **Monogr.Inst. Biol. Univ. Nac. México** 1:48-49.
- Scarsbrook M.R & Townsend C.R. 1993. Stream community structure in relation to spatial and temporal variation: a habitat templet study of two constrasting New Zealand streams. **Freshwater Biology**. 29: 395-410.

- Sherwood A.R., Garbary D.J & Sheath R.G. 2000. assessing the phylogenetic position of the Prasiolales (Chlorophyta) using rbcL and 18S Rrna gene sequence data. **Phycologia** 39 (2): 139-146.
- Valadez C.F., Carmona J.J & Cantoral-Uriza E.A. 1996. Algas de ambientes lóticos en el Estado de Morelos, México. **Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica** 67 (2): 227-282.
- Valadez C.F. 1998. **Empleo de crecimientos algales para la caracterización de ambientes lóticos en la cuenca baja del río Amacuzac, Morelos.** Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 116 pp.
- Van Dam H. Mertens A. & Sinkel J.1994. Acode checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the netherlands. **Netherlands Journal of Acuatic Ecology** 28 (1): 117-133.
- Vis C., Hudon C., Cattaneo A. & Pinel-Alloul B. 1998. Periphyton as an indicator of water quality in the St. Lawrence River (Québec, Canada). **Enviromental Pollution** 101: 13-24.
- Weitzel R.L. 1979. Methods and Measurements of Periphyton Communities: A review. **American Society for Testing and Materials.** 3-33.
- Whitton B.A. 1975. **River Ecology.** Blacwell Scientific Publications. Oxford. 725 pp.
- Wyman M. & Fay P. 1986. Underwater light climate and the growth and pigmentation of planktonic blue-green algae (Cyanobacteria) I. The influence of light quantity. **Proc. R. Soc. Lond. B** 227: 367-380.