

# Estructura comunitaria de diatomeas asociadas a talos de *Prasiola mexicana* (Chlorophyta) en el río Magdalena, D. F.

## Community structure of associated diatoms to *Prasiola mexicana* (Chlorophyta) thalli in Magdalena river D. F.

Miriam Guadalupe Bojorge-García  
y Enrique Arturo Cantoral-Uriza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo Ecología de Algas, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, México, D.F. Tel.: (52) 56 22 48 37. A.P. 70-620e-mail: m\_bojorge@yahoo.com

---

Bojorge-García, M. y E. A. Cantoral-Uriza. 2007. Estructura comunitaria de diatomeas asociadas a talos de *Prasiola mexicana* (Chlorophyta) en el río Magdalena D. F. *Hidrobiológica* 17(1): 11-24.

### RESUMEN

Durante el periodo diciembre 2000 noviembre 2001 se recolectaron mensualmente talos de *Prasiola mexicana* J. Agardh (Chlorophyta) en el río Magdalena D.F., con la finalidad de analizar las especies de diatomeas asociadas a éstos. Se seleccionaron dos puntos de recolecta contrastantes, el primer punto (P1) ubicado en zona inclinada, donde *P. mexicana* siempre estuvo en contacto con el agua, con un promedio de velocidad de corriente anual de 0.77 m s<sup>-1</sup>. El segundo punto (P2), ubicado en un remanso a la orilla del río, donde *P. mexicana* estuvo expuesta a desecación ocasionalmente, con un promedio anual de velocidad de corriente de 0.77 m s<sup>-1</sup>. El análisis taxonómico permitió la identificación de 31 especies de diatomeas (7 registros nuevos para la región), donde el 19% son reportadas como afines a zonas templadas y nórdico-alpinas. La riqueza total para P1 fue de 24 especies de diatomeas, mientras que para P2 fue de 31, con menor variación en P1. Las diatomeas abundantes y frecuentes en las dos comunidades fueron *Achnanthes lanceolata*, *Cocconeis placentula*, *Navicula cryptocephala* y *Cymbella silesiaca*. Se aplicó una prueba de Friedman para pigmentos y diversidad lo que mostró que los puntos recolectados fueron significativamente diferentes entre sí ( $p < 0.05$ ) y una regresión lineal múltiple en ambas comunidades lo que sugirió que las variables ambientales y microambientales evaluadas, no presentaron una relación significativa con los cambios en la estructura de las comunidades de diatomeas. Se evaluó la clorofila y el peso seco libre de ceniza y se encontró que la diversidad para P1 tuvo una relación positiva con la concentración de clorofila b y el peso seco libre de ceniza de *Prasiola mexicana* ( $p < 0.05$ ), mientras que en P2 esta relación se presentó sólo con respecto al peso seco libre de ceniza ( $p < 0.05$ ). Observaciones directas de campo y de laboratorio permiten señalar que la dinámica de la comunidad diatomológica de cada uno de los puntos de recolecta estuvo relacionada con la expresión de *Prasiola mexicana*: en P1 talos lisos y con poco sedimento, principalmente con especies epífitas y en P2 talos rugosos con mucho sedimento, con especies epífitas, epipsámicas y edáficas como *Achnanthes exigua*, *Navicula radiosa*, *Navicula rhynchocephala*, *Pinnularia borealis* y *Rhoicosphenia abbreviata*.

**Palabras clave:** Bacillariophyceae, epífitas, epipsámicas, edáficas, *Prasiola mexicana*, río, México.

### ABSTRACT

Thalli of *Prasiola mexicana* J.Agardh (Chlorophyta) were collected in the river Magdalena D.F. monthly during a year 2000-2001 (December-November) and the associated diatoms were analyzed. Two different collected points were selected. The first (P1) located in an inclined zone of permanent flow where *P. mexicana* was always in contact with the water: the annual average of current velocity was  $0.77 \text{ m s}^{-1}$ . The second (P2) was located in a backwater at river edge where *P. mexicana* was occasionally exposed to drying; the annual average of current velocity was  $0.17 \text{ m s}^{-1}$ . A total of 31 species of diatoms were recorded (7 new records for the region), 19% of them compatible with temperate and Nordic-alpine zones. The species richness was 24 at P1 and 31 at P2 and was more constant at P1. The most abundant and frequent diatoms in the two communities were *Achnanthes lanceolata*, *Cocconeis placentula*, *Navicula cryptocephala* and *Cymbella silesiaca*. The Friedman test are applied for pigments and diversity showed that the collected points were significantly different, and the multiple linear regression in both communities suggested that the environmental and microenvironmental variables evaluated did not display a significant relation to the changes in the structure of the communities of diatoms. Were found that the diversity at P1 had a positive relation with the concentration of chlorophyll b and the free ash dry weight of *Prasiola mexicana* ( $p < 0.05$ ), whereas at P2 this relation only occurred with the free ash dry weight ( $p < 0.05$ ). Observations in field and laboratory suggests that the dynamics of the communities of each of the collected points at the two zones was related with the expression of *Prasiola mexicana*: the smooth thalli had scarce sediments at P1 mainly epiphytic diatoms whereas the rough thalli had abundant sediments at P2 with epiphytic, epipsammic and edaphic species also, such as *Achnanthes exigua*, *Navicula radiosa*, *Navicula rhynchocephala*, *Pinnularia borealis* and *Rhoicosphenia abbreviata*.

**Key words:** Bacillariophyceae, epiphytic, epipsammic, edaphic, *Prasiola mexicana*, river, Mexico.

### INTRODUCCIÓN

Dentro de las aguas continentales, los ríos son ambientes con características que los hacen ser muy dinámicos y por tanto interesantes para el estudio biológico de organismos de pequeña talla, ya que los grupos que en éstos habitan presentan cambios en sus historias de vida (reproducción, crecimiento, dispersión entre otros) en tiempos muy cortos. Los ríos se definen como sistemas lóticos por tener un flujo unidireccional de agua dentro de un canal (Vannote *et al.*, 1980) y poseen una gran heterogeneidad espacial y temporal, lo que brinda a las comunidades algales que habitan en ellos, un gran número de microambientes susceptibles de ser colonizados.

El resultado de la interacción de variables espaciales y temporales en los ríos, al igual que en otros sistemas naturales, ejerce una fuerte influencia sobre la distribución de los organismos, sus interacciones y sus adaptaciones (Scarsbrook & Townsend, 1993).

Los factores importantes y a veces limitantes para el desarrollo de las comunidades algales en los ríos, se clasifican en ambientales y microambientales con base en su variación espacial y temporal. Los ambientales como la descarga (Q), el pH, la conductividad y la temperatura, presentan una menor variación respecto a los microambientales como la luz, la velocidad de corriente, el tipo de sustrato y el oxígeno disuelto (Whitton, 1975; Padisák, 1993; Allan, 1996). Estudios que han

evaluado la relaciones de estos factores con respecto a las diatomeas son los realizados por Aboal *et al.* (1996); Pan *et al.* (1999); Ghosh & Gaur (1998) y Hart & Finelli (1999).

Dentro de estos factores los más estudiados han sido: la velocidad de corriente que representa una fuerza física directa que los organismos experimentan dentro de la columna de agua; la corriente afecta la disponibilidad de ciertos recursos al contribuir al movimiento de los nutrimentos, al aporte de materia orgánica lo que influye en su distribución río abajo (Rott & Pfister, 1988; Aboal *et al.*, 1996). La descarga (Q) del río que se refiere al aumento del volumen en un cauce, afecta principalmente la disposición de hábitats, el movimiento de los sustratos y la disponibilidad de los nutrimentos en el sistema.

En el caso de los sustratos, las características macroestructurales de éstos afectan el establecimiento, crecimiento y distribución de las algas a lo largo del cauce. La configuración del sustrato, por ejemplo si se trata de un musgo, funciona como red y selecciona los posibles colonizadores que se encuentran en la columna del agua. Se considera que este factor puede ser importante en la colonización y crecimiento de las algas perifíticas, especialmente en los ambientes lóticos, ya que el sustrato irregular tiene la capacidad de acumular y mantener una alta diversidad y abundancia de microalgas bentónicas. El sustrato con una superficie de microrelieves cambiantes, posee depresiones donde las esporas y células vegetativas de microalgas pueden establecerse sin correr el riesgo de ser desprendidas

fácilmente por la abrasión de la corriente. Otro factor que afecta la abundancia de algas y la composición de especies, es el tiempo de disponibilidad del sustrato para ser colonizado (Burkholder, 1996). Estudios sobre la importancia de las características del sustrato para la germinación y establecimiento de las algas, han sido realizados principalmente para las esporas de macroalgas marinas, sin embargo factores análogos ocurren con las microalgas en los sistemas de aguas lólicas.

La temperatura es otro factor que influye en la permanencia y abundancia de las especies en los distintos ambientes, presenta variaciones estacionales, que provocan una fuerte influencia sobre el metabolismo de los organismos, por ejemplo, cambios en la tasa fotosintética y en los tiempos de reproducción sexual y asexual (Darley, 1982).

Las diatomeas han sido reportadas como el grupo dominante de algas en ambientes lólicos (Whitton, 1975; Hauer & Lambertí, 1996). Además, han sido herramientas útiles en diversas actividades del ser humano, se han utilizado en investigaciones paleoclimáticas, en las ciencias forenses, como indicadores biológicos de la calidad del agua y monitoreo de sistemas acuáticos (Stoermer & Smol, 1999).

Los cambios que sufre la estructura de la comunidad como respuesta a las fuerzas de perturbación en general y las diferencias que existen en las formas de agrupación entre las comunidades algales presentes en los ríos, constituyen importantes herramientas para la evaluación de las condiciones ambientales en estos sistemas. Dichas comunidades algales han sido evaluadas a través de la composición, abundancia, domi-

nancia, diversidad, redundancia y frecuencia de las especies, así como de algunas características propias de la estructura de las comunidades en cuanto a: peso húmedo, peso seco, pigmentos y biovolumen con muy buenos resultados (Weitzel, 1979).

En nuestro país existen pocos estudios sobre la ecología de las algas de ambientes lólicos. Por ello es de interés conocer la dinámica espacio temporal de las diatomeas asociadas a *Prasiola mexicana* J. Agardh (Chlorophyta) ésta última es una de las especies de algas macroscópicas más importantes en ríos templados, que se mantiene manifiesta la mayor parte del año en el río Magdalena y tiene una amplia distribución en la región central de México (Ramírez *et al.*, 2001; Bojorge-García, 2002; Ramírez & Cantoral 2003; Ramírez & Carmona, 2005). Así el objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios de la estructura comunitaria de diatomeas asociadas a *Prasiola mexicana* en dos puntos de recolecta distintos del Río Magdalena, como respuesta a los factores ambientales y microambientales a lo largo de un año.

## AREA DE ESTUDIO

El río Magdalena forma parte de la Cuenca Hidrológica del río Pánuco, se localiza en el Parque Nacional Los Dinamos, dentro de la delegación Magdalena Contreras, D.F. (LN 19° 16' 00" y LW 99° 18' 22"). El río se presenta en altitudes que van de los 2,800 a 3,400 m snm y se clasifica como un cauce de primer orden. El clima de la región es semifrío subhúmedo con lluvias en verano, C (E) (W2) (García, 1973), y la vegetación predominante es bosque de *Pinus* y *Quercus* (Espinoso & Sarukhán, 1997). En

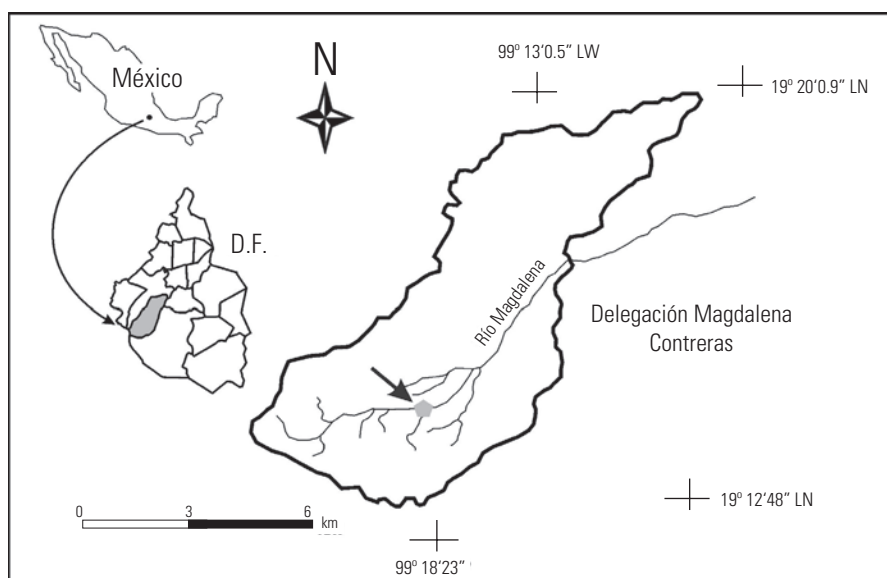


Figura 1. Ubicación de la localidad de estudio.

esta zona se reconocen dos periodos climáticos, lluvias durante los meses de junio a octubre y secas de noviembre a mayo. La temperatura del agua varía de 2° C en invierno a 12.8 °C en primavera (Ramírez *et al.*, 2001) (Fig.1).

Dentro del Parque Nacional los Dinamos, el río 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 (LN 19° 16' y LW 99° 18') con una altitud de 3,200 msnm, se eligió como sitio de estudio por presentar crecimientos visibles de *Prasiola mexicana* cercanos físicamente entre sí y en condiciones contrastantes de profundidad y velocidad de corriente dentro del mismo ambiente, además de ser de difícil acceso lo que disminuye la probabilidad de alteración por afluencia de personas. Un estudio de comunidades algales se realizó previamente Bojorge-García (2002) que sirvió de base para este estudio, y en este se presenta el análisis particular de las comunidades de diatomeas asociadas a *Prasiola mexicana* a lo largo de un año.

El área de estudio se ubicó en una sección del río Magdalena, de siete metros de largo por cinco metros de ancho, dentro del cual se eligieron dos puntos de recolecta con condiciones microambientales diferentes (Bojorge-García, 2002), en los cuales se realizaron recolectas mensuales de talos de *Prasiola mexicana* a partir de diciembre de 2000 a noviembre de 2001, cubriendo un ciclo anual.

El primer punto de recolecta (P1), estuvo localizado al centro del cauce en una zona inclinada con flujo de agua constante, de laminar en secas a turbulento en lluvias, donde los crecimientos de *Prasiola mexicana* se desarrollaron sobre una roca granítica, formando talos laminares lisos, con tallas menores a 1.5 cm de largo, la mayor parte del tiempo se encontraron sometidos a una fricción intensa por el agua, sin embargo, cuando la descarga del río disminuyó, posterior al periodo de lluvias, los crecimientos algales quedaron en una zona de interfase donde eran humedecidos por el flujo intermitente de agua.

El segundo punto de recolecta (P2), estuvo localizado a la orilla del cauce en una zona de remanso, con un flujo de agua constante y lento o en ocasiones ausente (detenido por rocas emergentes cercanas a esta zona). Los talos de *Prasiola mexicana* se encontraron sobre roca granítica, presentando talos laminares rugosos con tallas hasta de 2.5 cm de largo, sumergidos la mayor parte del tiempo de estudio (9 meses) y con un depósito de sedimentos constante a lo largo del año.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para cada punto de recolecta se tomaron cinco muestras en un área de 4.84 cm<sup>2</sup> (medida con una tapa de cubreobjetos de

22 mm x 22 mm), de donde se sustrajeron los talos de *Prasiola mexicana*, y con ayuda de una navaja se separaron desde su base. De las cinco muestras, cuatro se emplearon para evaluar pigmentos (clorofila a, b y c), biomasa (peso seco libre de ceniza) de *Prasiola mexicana* y realizar el conteo de diatomeas y una para conocer la diversidad de diatomeas. Cada muestra fue referida a un número con la siguiente información: localidad (4to. Dinamo), punto de recolecta (P1 ó P2), fecha de recolecta, factores ambientales: temperatura, conductividad, pH (medido con un potenciómetro Conductronic PC18), y descarga, calculada con la fórmula  $Q = Av$ , donde Q es descarga, A área debajo de la curva, v media de las velocidades de acuerdo con Hauer y Lamberti (1996) (Tabla 1) y factores microambientales: velocidad de corriente con un medidor de corriente marca Swoffer modelo 2100, oxígeno disuelto (oxímetro YSI 51B) e intensidad luminosa (luxómetro Foto-Meter 1) (Tablas 2 y 3).

La identificación de *Prasiola mexicana* se realizó de acuerdo con las claves y descripciones de Raven & Johnston (1991), Rindi *et al.* (1999), Sherwood *et al.* (2000) y Ramírez *et al.* (2001); para el grupo de diatomeas se emplearon los trabajos de Patrick & Reimer (1966) y Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991 a, b). Para formas de vida, ambientes y afinidades ambientales se usaron los estudios de Cantoral (1997) y Novelo (1998).

Las diatomeas se limpiaron con la técnica de oxidación ácida (Rushforth *et al.*, 1984) y posteriormente se montaron en preparaciones permanentes con resina Naphrax. Para obtener la riqueza y la abundancia de diatomeas se contaron frústulos (individuos) en 48 preparaciones permanentes por cada microambiente (una preparación permanente de cada muestra [4 por sitio por 12 meses]), empleando un microscopio Reichert Zetopan con contraste interdifereencial.

La estimación de la abundancia absoluta fue calculada a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Abundancia absoluta} = \sum \bar{x} \left[ \frac{AT \cdot VT}{at \cdot vt \cdot Am} \right]$$

Donde  $\bar{x}$  es el número de organismos promedio de todas las especies; AT = área total del cubre objetos; VT = volumen inicial de la muestra; at = área del transecto; vt = volumen alícuota y Am = área de la muestra (Batarbee, 1986).

Se utilizó el índice de Shannon-Weaver (Weitzel, 1979; Siqueiros *et al.*, 1985; Magurran, 1988), para lo cual se empleó el programa ANACOM versión 3. Para detectar la similitud entre los puntos de recolecta en cuanto a concentración de pigmentos y diversidad de especies, se realizó una prueba de Friedman (SPSS versión 8) y se aplicó una regresión lineal múltiple (Statistica versión 6) con el fin de detectar si los cambios de las comunidades de diatomeas estaban en función de las variaciones de los factores

Tabla 1. Datos ambientales de la zona de estudio.

Mes																	
Factor	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Min	Max	x	S	
T	9.0	5.9	3.0	7.7	10.3	8.9	10.1	9.6	10.0	10.0	8.2	6.5	3.0	10.3	8.2	±2.2	
K25	107	132	129	116	113	109	100	83	93	88	104	107	83	132	107	± 15	
pH	7.0	8.3	6.2	6.6	6.9	6.8	6.6	6.4	6.4	6.0	7.3	6.7	6.0	8.3	6.8	± 0.6	
Q	0.27	0.38	0.25	0.22	0.23	0.17	0.39	0.61	0.60	0.47	0.30	0.27	0.17	0.61	0.35	± 0.1	

Notación: T - Temperatura °C, K25 - Conductividad  $\mu\text{Scm}^{-1}$  y Q - Descarga  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

Tabla 2. Datos microambientales para el punto de recolecta uno (P1).

Mes																	
Factor	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Min	Max	x	S	
V	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	
OD	8.0	-	10.8	8.2	9.4	8.4	9.4	8.6	6.4	8.5	9.0	8.8	6.4	10.8	8.7	± 1.1	
IL	106	38	72	53	60	45	84	162	167	30	68	35	30	167	76.7	±46.4	

Notación: - sin dato; V - velocidad de corriente  $\text{ms}^{-1}$ , OD - oxígeno disuelto  $\text{mg l}^{-1}$ , IL - intensidad luminosa  $\mu\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

Tabla 3. Datos microambientales para el punto de recolecta dos (P2).

Mes																	
Factor	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Min	Max	x	S	
V	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.17	0.00	0.90	0.14	0.32	0.30	0.22	0.00	0.90	0.17	± 0.25	
OD	9.7	10.0	10.0	9.0	8.6	8.2	9.3	8.4	6.2	8.4	9.2	9.4	6.2	10.0	8.9	± 1.0	
IL	67	49	119	97	61	60	42	176	70	50	57	30	30	176	73.2	±40.3	

Notación: V - velocidad de corriente  $\text{ms}^{-1}$ , OD - oxígeno disuelto  $\text{mg l}^{-1}$ , IL - intensidad luminosa  $\mu\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

ambientales o microambientales o de la biomasa de *Prasiola mexicana*, o bien de la interacción de algunos o todos estos factores.

## RESULTADOS

Se registraron 31 especies de diatomeas, de las cuáles siete son nuevos registros para la región: *Cymbella minuta*, *Frustulia rhomboides*, *Navicula minuscula*, *N. rynchocephala*, *Nitzschia incospicua*, *N. recta* y *Pinnularia divergentissima*, el 19% corresponde a especies registradas como afines a zonas templadas y nórdico-alpinas, mientras que el 81% de las especies restantes son registradas como de amplia distribución y en una gran gama de formas de vida y condiciones ambientales (Tabla 4). De acuerdo con lo anterior y lo reportado en trabajos previos (Ramírez *et al.*, 2001; Ramírez & Cantoral 2003; Ramírez & Carmona 2005), el sitio se caracteriza como un ambiente templado, lo que corresponde a la propuesta climática de García (1973).

La riqueza total para el punto de recolecta uno (P1) fue de 24 especies mientras que para el punto de recolecta dos (P2) fue de 31 especies (Tabla 4). La variación mensual de la riqueza en P1 (en 10 meses, fue de 16 especies) es menor que la variación mensual de la riqueza en P2 (en 6 meses, fue de 15 especies), con una fluctuación mensual mayor en P2 (Fig. 2). Las especies registradas en los mismos meses presentaron abundancias diferentes entre los dos puntos de recolecta (Fig. 3 y Fig. 4). Las diatomeas más abundantes y frecuentes en las dos comunidades fueron *Achnanthes lanceolata*, *Cocconeis placentula*, *Navicula cryptocephala* y *Cymbella silesiaca* (Tabla 4).

En relación a los datos ambientales, la temperatura (T) a lo largo del año tuvo un promedio anual de 8.2 °C, presentando su mínimo de 3 °C en febrero y su máximo de 10.3 °C en abril (Tabla 1, Fig. 7); la conductividad (K25, conductancia estandarizada en 25 °C) promedio fue de 107  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , con una mínima de 83  $\mu\text{S cm}^{-1}$  en julio y un máximo de 132  $\mu\text{S cm}^{-1}$  en enero; el pH mostró un promedio de 6.8 con una mínima de 6 en septiembre y un máximo de

Tabla 4. Diatomeas en los puntos de recolecta P1 y P2.

Bacillariophyce	Formas de vida y ambientes	Presencia por mes	
		P1	P2
* <i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow	pe, ep, de, re cr, ao, eps, ed, epp	Dic-Nov	Dic-Nov
* <i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	pe, ep, de, re al, eu, cr, mo, eps, be, epf	Dic-Nov	Dic-Nov
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	pe, ep, de, re cr	Dic-Nov	Dic-Nov
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	pe, ep, de, re, epp, be, ed	Dic-Nov	Dic-May, Jul-Nov
<i>Cymbella minuta</i> Hilse	ep, al, ne, ol, ca, cr, pa, bco, aco, crs.	Dic-Nov	Dic-Abr, Jun y Ago-Nov
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	pe, ep, de, re, eps	Dic-Sep, Nov	Dic-Nov
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow	me, sa, eps, epp, li, be	-----	Dic, Abr
<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek	me, be, li, pe	Abr, May,	NovEne, Jul
* <i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	pe, ep, re, ha, ol	Feb, Sep-Nov	Dic, Feb-May y Oct
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	pe, ep, epf, eps, de, re	Abr-May	Jul y Oct
<i>Epithemia turgida</i> (Ehrenberg) Kützing	pe, ep, de, re, li, su	-----	May
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson) Rabenhorst	ep, de, re	-----	Dic, Ago y Nov
<i>Fragilaria pinnata</i> Ehrenberg	pe, de	Dic-Ene, Abr-Jun	Ene-Abr, Jul y Sep-Nov
* <i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	mco, aco	Dic, Jul y Sep	Dic-Ene y May
<i>Synedra ulna</i> Ehrenberg	pe, ep, de, re, ed, eu, eps	Dic-Mar, Jul, Oct-Nv	Dic-May, y Jul
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	pe, ep, de, re ne, eu, eps, epp, ed	Ene, May-Jun y Ago-Sep	Dic, May, y Ago-Nov
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	ep, re, epp, li	Feb-Abr	Dic y Feb-Abr
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg)Grunow	pe, ep, de, re, ed, epp, li, ae	Sep	Abr-May
<i>Melosira varians</i> Agardh	ep, epp, de, re, eu	Dic, Abr-May y Jul-Sep	Dic-Ene, Abr-May, Jul- Ago y Oct-Nov
<i>Navicula minuscula</i> Grunow	pe, ep, de, re, ed	Mar	Dic-Ene, Abr-May, y Oct-Nov
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	li, ed, be, pe, me, ep, epp, euh, cr	Ene-Nov	Dic-May, y Jul-Nov
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	pe, ep, epp, eps, de, re	-----	Mar y Ago
<i>Navicula rynchocephala</i> Kützing	eps, ep, epp, pe	-----	Dic-Ene
<i>Navicula subrhychocephala</i> Hustedt	pe, ep, epf, epp, de, re	Ene-Nov	Dic, Feb-May, y Jul-Nov
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	$\alpha$ - $\beta$ me, ep, epf, epp, pe	Dic-Jun y Sep-Oct	Dic-Jun y Sep-Nov
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	$\alpha$ me, pe, ep, epp, de, re,	Dic-Ene y Mar-Nov	Dic-May, y Jul-Nov
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch	$\beta$ me, bco, mco	-----	Dic-Feb
* <i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	pe, ep, epf, ed, epp, de, ae, re, li	-----	Dic
* <i>Pinnularia divergentissima</i> (Grunow) Cleve	bco, mco, su	Dic	Oct
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	pe, ep, epf, de, re	Dic-Feb, Abr-Ago y Oct	Dic-Feb, Abr-Jun y Ago-Nov

Tabla 4. Continuación.

Bacillariophyceae	Formas de vida y ambientes	Presencia por mes	
		P1	P2
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalota	pe, ep, epf, eps, ae, de, re	-----	Dic, Feb-Abr y Jul-Nov

\* Especies que han sido descritas como componentes abundantes en ríos de alta montaña o nórdico alpinas.

- meses unidos con guión, refieren presencia en el intervalo entre los meses.

#### Notación:

me - metafítica; pe - perifítica; ep - epilítica; epf - epifítica; epp - epipélica; eps - epipsámica; ed - edáfica; be - bentónica; ae - aerófila.

ne - indiferente o neutrófila pH 7 o cercano a éste; al - alcalófila pH 7 o superior a éste.

ha - halofoba no toleran la sal, euh - eurihalina.

αme - α-mesosaprobias; βme - β - mesosaprobias toleran fuerte concentración de materia orgánica.

ol - oligotrofa no toleran fuertes concentraciones de nutrimentos; eu - eutrofas soportan alta concentración de nutrimentos.

bco - baja conductividad; mco - media conductividad; aco - alta conductividad.

cr - corrientes rápidas; crs - corriente suave; sa - salpicadura; de - deslizamiento; re - remanso; ca - cascadas; pa - paredones; su - subaérea, li - litoral.

ao - alta oxigenación; mo - moderada oxigenación.

8.3 en enero y finalmente la descarga (Q) presentó en promedio  $0.35 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , con una mínima de  $0.17 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  en mayo y un máximo de  $0.61 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  en julio (Tabla 1).

Los datos microambientales a lo largo del año para P1 fueron: el promedio de velocidad de corriente  $0.77 \text{ m s}^{-1}$ , con un mínimo de  $0.02 \text{ m s}^{-1}$  en abril y un máximo de  $2.71 \text{ m s}^{-1}$  en octubre; el oxígeno disuelto promedio fue de  $8.7 \text{ mg l}^{-1}$ , presentando un mínimo de  $6.4 \text{ mg l}^{-1}$  en agosto y un máximo de  $10.8 \text{ mg l}^{-1}$  en febrero (Tabla 2). Para P2 la velocidad de corriente promedio fue de  $0.17 \text{ m s}^{-1}$ , con un mínimo de  $0.00 \text{ m s}^{-1}$  (estancada y sin corriente) en enero y marzo, con un máximo de  $0.90 \text{ m s}^{-1}$  en julio, mientras que el promedio de oxígeno disuelto fue de  $8.9 \text{ mg l}^{-1}$ , con un mínimo de  $6.2 \text{ mg l}^{-1}$  en agosto y un máximo de  $10.0 \text{ mg l}^{-1}$  en enero (Tabla 3).

La concentración de clorofilas de *Prasiola mexicana* y diatomeas en ambos puntos de recolecta tuvo una relación significativa con la temperatura, conductividad y la descarga ( $p < 0.05$ ). En ambos casos la temperatura y la descarga presentaron una relación negativa con la concentración de clorofilas, observándose las mayores concentraciones en los meses de menor temperatura y de menor descarga. El peso seco libre de ceniza presentó un decremento con el inicio del periodo de lluvias, sin embargo el análisis de regresión lineal múltiple no presentó una relación significativa.

La regresión lineal múltiple en ambas comunidades sugirió que tanto las variables ambientales (descarga Q, temperatura, pH y conductividad) como las microambientales (velocidad de

corriente y oxígeno disuelto) evaluadas en este trabajo, no presentan una relación significativa con los cambios en la estructura de las comunidades de diatomeas. Sin embargo, se observó que la diversidad de diatomeas para P1 tuvo una relación positiva con la concentración de clorofila b y el peso seco libre de ceniza ( $p < 0.05$ ), mientras que para P2 esta relación positiva se presentó sólo con respecto al peso seco libre de ceniza ( $p < 0.05$ ). Lo anterior refleja la relación de las diatomeas con su sustrato *Prasiola mexicana*, talos lisos en P1 y talos rugosos en P2, observándose la presencia en P2 de *Achnanthes exigua*, *Navicula radiosa*, *Navicula rhynchocephala*, *Pinnularia borealis* y *Rhoicosphenia abbreviata*, todas ellas reportadas como epipsámicas y/o edáficas (Novelo, 1998).

A lo largo del año en cuanto a riqueza (Fig. 2), abundancia (Figs. 3 y 4), diversidad ( $H'$ ) (Fig. 5) y concentración de pigmentos (clorofila a, b y c) (Fig. 6), se observaron diferencias entre los dos puntos de recolecta. La prueba de Friedman realizada mostró que los puntos recolectados fueron significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) entre sí en cuanto a concentración de pigmentos y diversidad.

Se observó que la diversidad ( $H'$ ) tiene una respuesta diferencial con respecto a algunos factores ambientales, aunque estadísticamente esta relación no fue significativa, en este trabajo se observó una relación negativa entre descarga (Q) y diversidad ( $H'$ ) para P1 (Fig. 7), mientras que para P2 la temperatura tuvo una relación positiva con diversidad ( $H'$ ) (Fig. 8).

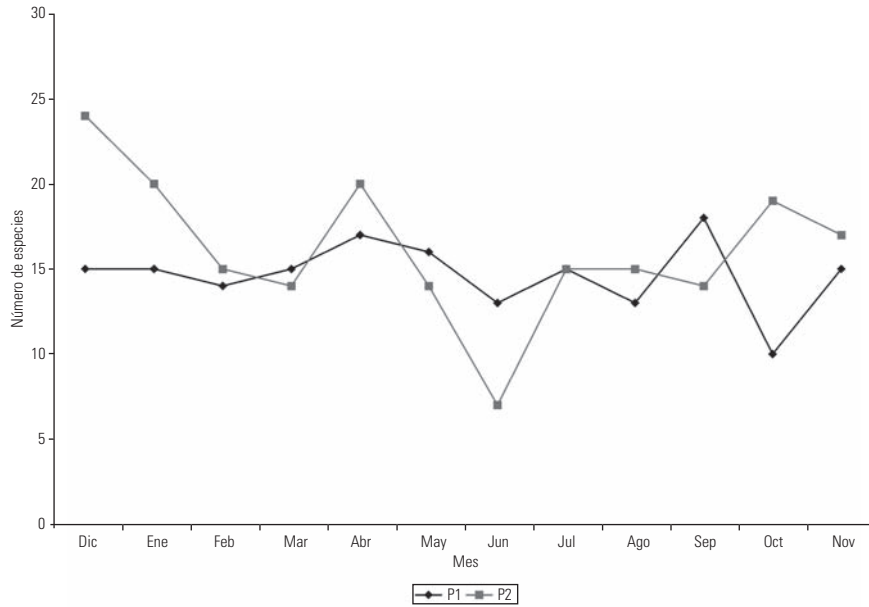


Figura 2. Variación de la riqueza mensual de diatomeas colectadas en los sitios P1 y P2.

### DISCUSIÓN

Con base en los registros de la temperatura del agua, en el presente estudio se identificó un periodo invernal bien marcado de diciembre a febrero con la menor temperatura durante febrero (Tabla 1). De acuerdo con la flora algal reportada en los

trabajos de Ramírez *et al.*, (2001), Ramírez & Cantoral (2003), Ramírez & Carmona (2005) y del presente estudio, donde el 19% de las especies registradas son afines a zonas templadas y nórdico alpinas, el río Magdalena se caracterizó como un ambiente templado. Cabe destacar que dos de los siete registros nuevos de diatomeas para la región: *Pinnularia divergentissima* y

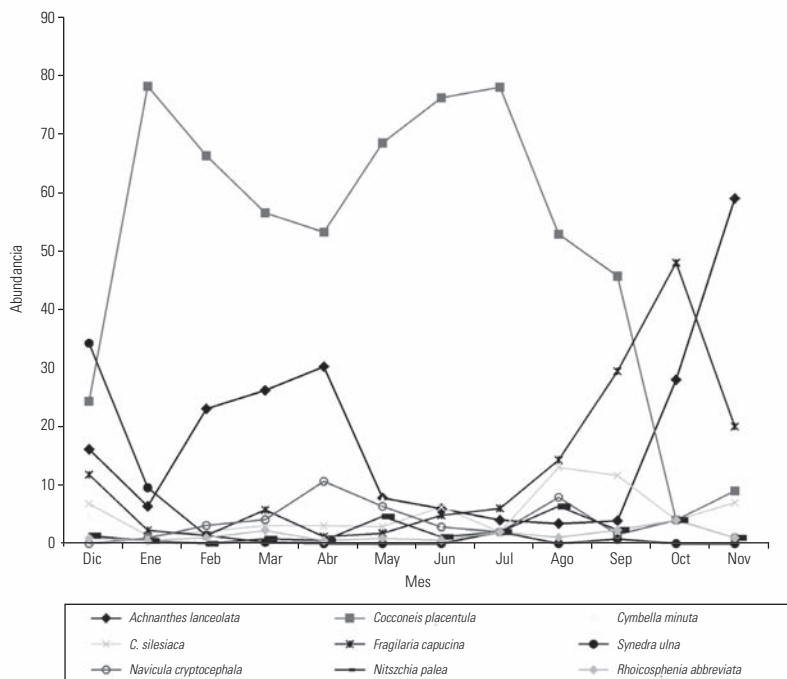


Figura 3. Variación mensual en porcentajes de la abundancia de las especies dominantes en el sitio P1.



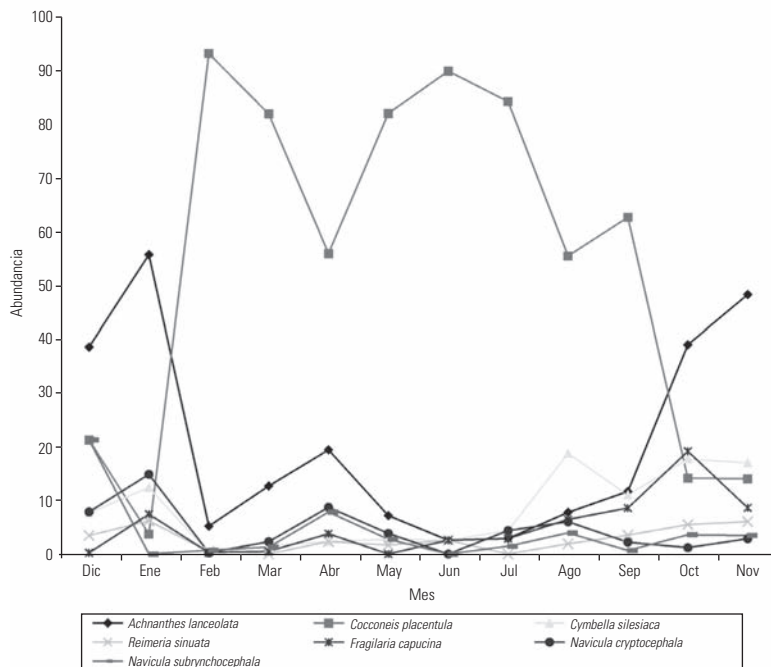


Figura 4. Variación mensual en porcentajes de la abundancia de las especies dominantes en el sitio P2.

*Frustulia romboides*, se consideran especies afines a ambientes nórdico alpinos.

Las diatomeas más abundantes y frecuentes en ambos puntos de recolecta fueron *Achnanthes lanceolata*, *Cocconeis placentula*, *Navicula cryptocephala* y *Cymbella silesiaca* (Tabla 4). McIntire (1964) reconoce a estas especies como dominantes

en zonas de corrientes rápidas, mientras que McIntire (1968) registra que la velocidad de corriente tiene un efecto positivo sobre *A. lanceolata*, *C. placentula*, *N. cryptocephala*, *Synedra ulna* y *Gomphonema parvulum*. Dentro de las especies antes mencionadas, *A. lanceolata* y *C. placentula* coincidieron con los resultados de Kawecka & Elorant (1987) quienes las han descrito como componentes abundantes en ríos de alta monta-

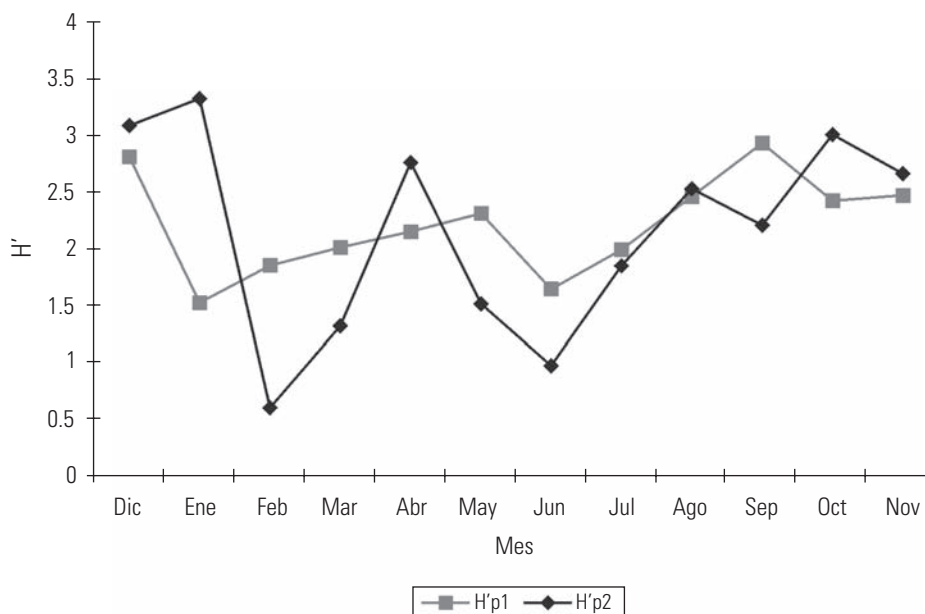


Figura 5. Variación mensual del índice de diversidad (H'i) en los dos puntos de colecta.

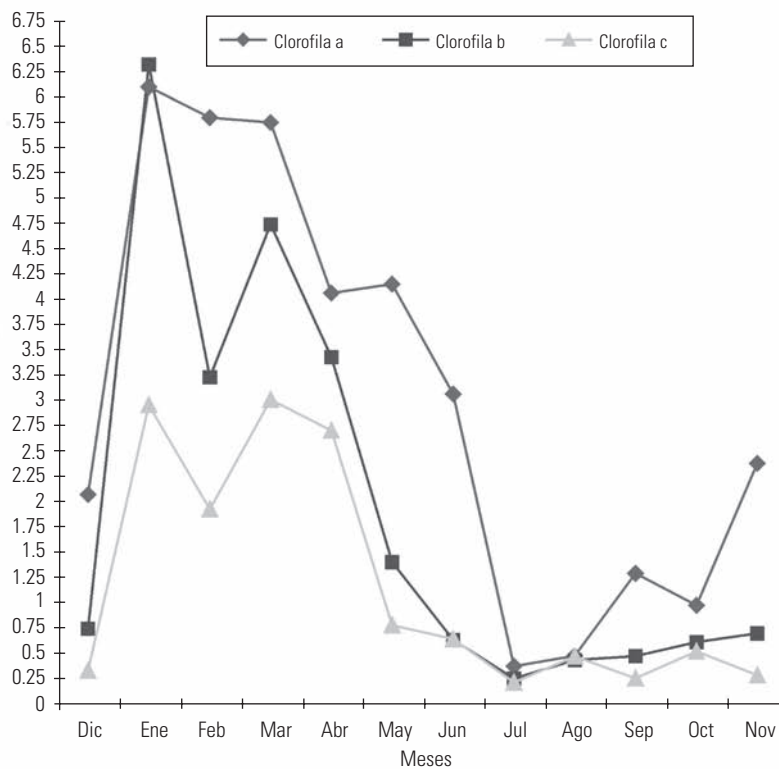


Figura 6A. Variación mensual de la concentración de clorofilas en el sitio P1.

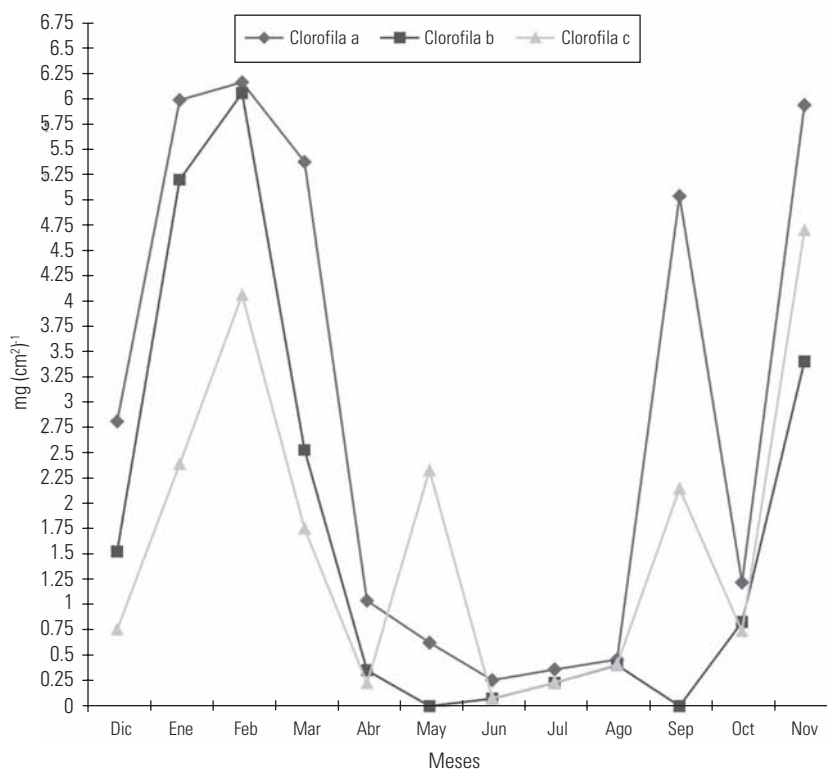


Figura 6B. Variación mensual de la concentración de clorofilas en el sitio P2.

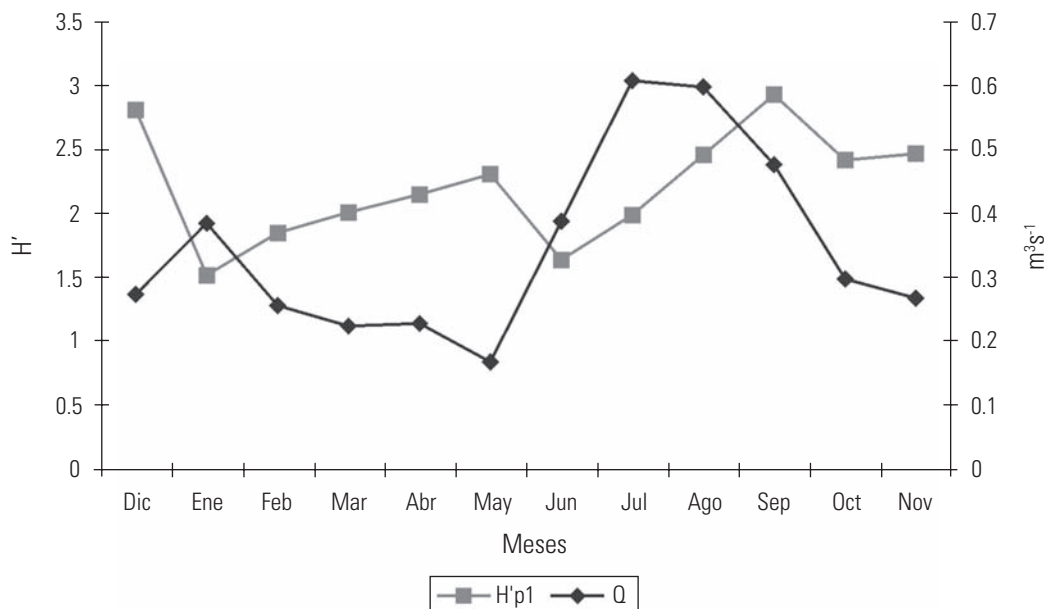


Figura 7. Variación del índice de diversidad (H'i) en el sitio P1 vs. variación de la descarga (Q) m³s-1.

ña, *A. lanceolata* ha sido reportada para lugares bien aireados, como componente importante en zonas alpinas y subárticas, que puede permanecer en épocas de bajas temperaturas (Dam *et al.*, 1994) y prefiere velocidades de corriente fuertes, ya que se pueden adherir al sustrato por medio de la valva con rafe (Keithan & Lowe, 1985 en: Soininen, 2004) o a través del mucílago subapical (Roemer *et al.* 1984 y Rosowski *et al.*, 1986 ambos en: Soininen, 2004). *Cocconeis placentula* se ha reportado como epífita (adherida por su valva con rafe) a plantas acuáticas y otros objetos

(Patrick & Reimer, 1966) en sitios con oxigenación moderada y en aguas corrientes (Dam *et al.*, 1994).

En este estudio se observó que la asociación de *Achnanthes lanceolata* y *Cocconeis placentula* se presentó en ambos puntos de recolecta, pero en P1 ambas especies presentaron un comportamiento similar a lo largo del año, lo cual corrobora lo registrado por McIntire (1964), mientras que en P2 estas mismas especies presentaron un comportamiento diferencial, pues

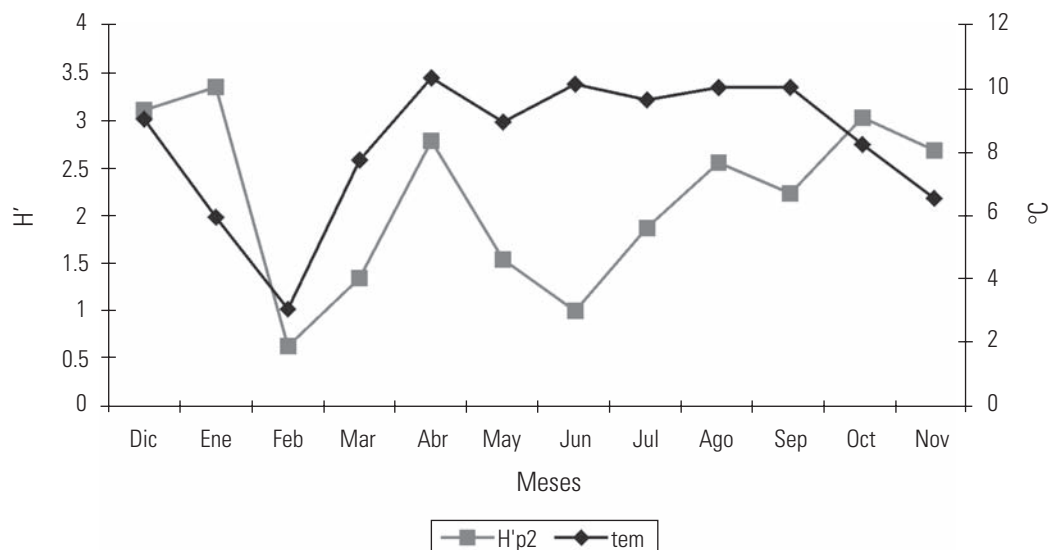


Figura 8. Variación del índice de diversidad (H'i) en el sitio P2 vs. variación de la temperatura °C.

*Cocconeis placentula* estuvo presente durante todo el año, y tuvo en ambos microambientes la mayor abundancia promedio con respecto a las otras especies en la época de lluvia, lo que sugiere que su distribución no está restringida al patrón de velocidad (Soininen, 2004). No obstante, en el presente estudio esta especie se vio favorecida con las condiciones microambientales de P2, al igual que *Achnanthes lanceolata* (Fig. 6).

La condiciones microambientales en P1 favorecieron la permanencia de *Cocconeis placentula*, *Achnanthes lanceolata*, *Fragilaria capucina*, *Cymbella silesiaca*, *Achnanthes minutissima* y *Rhoicosphenia abbreviata* a lo largo del año, con los siguientes promedios anuales de abundancia: 249, 91, 31, 21, 7 y 7 ind/cm<sup>2</sup> respectivamente y en la temporada de lluvias: 154, 11, 31, 25, 7 y 3 ind/cm<sup>2</sup> respectivamente, mientras que en P2 los promedios anuales de abundancia para *C. placentula*, *A. lanceolata*, *C. silesiaca* y *Nitzschia palea* fueron 321, 106, 43 y 7 ind/cm<sup>2</sup> respectivamente y en la temporada de lluvias: 189, 27, 46 y 6 ind/cm<sup>2</sup> respectivamente. Lo anterior sugiere que además de existir diferencia en la abundancia de las especies y la riqueza específica entre ambos puntos de recolecta, las especies reportadas en este trabajo se vieron favorecidas por las condiciones microambientales presentes en P2.

La diferencia en la estructura de las comunidades de diatomeas presentes en P1 y P2, estuvo relacionada a las distintas expresiones del talo: tamaño, rugoso o liso que tuvo *Prasiola mexicana* resultado de la interacción con las condiciones microambientales particulares de cada sitio de recolecta. Las variables microambientales medidas no fueron significativas en relación con la diversidad de diatomeas, por lo que los cambios en ésta pueden deberse a otros factores como intensidad luminosa, nutrimentos o incluso por la interacciones entre especies.

La poca variación que presentó la riqueza en la zona inclinada (P1), con respecto a la variación de la riqueza en la zona de remanso (P2) (Fig. 2), puede deberse a que se trata de diatomeas principalmente epífitas, que son capaces de adherirse fuertemente al sustrato a través de toda su valva y también a que las variaciones microambientales a lo largo del año son menores en P1, mientras que en P2 se encontraron especies con una mayor diversidad en formas de vida (epipsámica, epífitas y edáficas) como resultado de la alta variabilidad microambiental, además de que muchas de estas especies no poseen la capacidad de fijarse fuertemente al sustrato, y por ello tienen mayor posibilidad de ser removidas ante un aumento en la descarga (Tabla 4).

En la zona de remanso (P2), pareciera que las condiciones microambientales tienden a ser más estables, sin embargo, no lo son debido a que su flujo de agua varía desde 0.0 m s<sup>-1</sup> hasta los 0.9 m s<sup>-1</sup> (Tabla 3) y además, los talos de *Prasiola mexicana* quedan expuestos al aire durante el periodo de estiaje y sometidos al depósito de sedimento que ocurre sobre los crecimientos de *P.*

*mexicana* en algunos meses, esto puede favorecer la presencia de especies epipsámicas y aerófilas y por otro lado afectar la existencia de otras especies al disminuir la disponibilidad de luz.

La baja diversidad en la zona inclinada puede ser explicada hasta cierto punto por la descarga (Q), con la que presenta una relación negativa, es decir, que los meses con menor diversidad (junio y julio) corresponden con los de mayor descarga (Q) (Fig. 7). Una mayor descarga implica que los crecimientos de *P. mexicana* disminuyan su talla o bien sean arrancados por la fricción del agua, al igual que sus especies epífitas. Las especies que lograron permanecer en estos meses fueron: *Achnanthes lanceolata*, *A. minutissima*, *Cocconeis placentula*, *Cymbella minuta*, *C. silesiaca*, *Fragilaria capucina* y *Navicula cryptocephala* las cuales han sido registradas en zonas de corriente fuerte. La relación observada entre la temperatura y la diversidad en P2 (Fig. 8), sobre todo en los meses con las temperaturas más bajas en el año, puede deberse a que en este período los crecimientos de *Prasiola mexicana* se encuentran expuestos a cambios bruscos en la temperatura ambiental, a diferencia de P1, en donde los crecimientos están sumergidos, lo que amortigua dichos cambios.

Los factores ambientales que afectan a *Prasiola mexicana* repercuten en la estructura comunitaria de diatomeas asociadas a ésta (epífitas, epipsámicas y edáficas), y estos varían de acuerdo a las condiciones microambientales en que se encuentren. Las variables ambientales y microambientales propuestas en la literatura (Rott y Pfister, 1988; Padiśák, 1993 y Mosisch y Bum, 1997) como factores importantes que inciden en la estructura de la comunidad, en este trabajo no presentaron una relación significativa con la diversidad de diatomeas, por lo que se considera, que se deben incorporar medidas finas de luz (fotosintéticamente activa), la evaluación del depósito de sedimentos con mayor precisión, así como la evaluación detallada de la relación de la expresión del talo (textura, color y talla) de *Prasiola mexicana* con la diversidad y composición de diatomeas asociadas a ésta.

De acuerdo con la información disponible y con los datos presentados en el presente estudio, se puede concluir que el comportamiento de las diatomeas estuvo directamente relacionado con sustrato, en este caso, diferentes características de los talos de *P. mexicana*, debido a que el modelo de regresión lineal múltiple mostró una relación directa entre el incremento de la biomasa de *P. mexicana* (evaluada en clorofila b y peso seco libre de ceniza) y el aumento de la diversidad de diatomeas. Por consiguiente podemos decir que las condiciones microambientales determinan la expresión de *Prasiola mexicana* como talos lisos en zona de deslizamiento con poco sedimento y diatomeas principalmente epífitas, o talos rugosos en zona de remanso con mucho sedimento y especies de diatomeas asociadas con diferentes formas de vida como epífitas, epipsámicas y edáficas

y por ello no sólo los factores microambientales son los que determinan directamente la expresión de las diatomeas en su conjunto, sino también los factores que modifican las características morfológicas de los talos de *Prasiola mexicana*.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por el proyecto CONACYT J-33930-V. La primera autora contó con apoyo de beca del programa PROBETEL-UNAM y CONACYT. A la M. en C. Michele Gold Morgan, por la revisión del inglés. Al Biól. Edgar Juárez Arriaga por la edición de figuras. Al apoyo parcial UNAM, Programa Transdisciplinario en Investigación y Desarrollo para Facultades y Escuelas, Macroproyecto: Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano.

## REFERENCIAS

- ABOAL, M., M.A. PUIG & G. SOLER, 1996. Diatom assemblages in some Mediterranean temporary streams. *Archive für Hydrobiologie*. 136 (4): 509-527.
- ALLAN, D.J. 1996. *Stream Ecology Structure and function of running water*. Champam & Hall. London. 388 p.
- BATARBEE, R. 1986. Diatom analysis. pp. 527-569. *In: E.B Berglund. Hanbook of Holocene Paleocology an Paleohydrology*. Jonh While & Sons Ltd., New York.
- BOJORGE-GARCÍA, M.G. 2002. Ecología de comunidades algales en una localidad del río La Magdalena, D.F. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 46 p.
- BURKHOLDER, J.M. 1996. Interactions of benthic algae with their substrata. Chapter 6. *In: Stevenson, R.J., M.L. Bothwell y R.L. Lowe (Eds). Algal ecology, freshwater benthic ecosystems*. Academic Press, San Diego, USA. 753 p.
- CANTORAL U., E.A. 1997. Diatomeas (Bacillariophyceae) de ambientes lóticos en la cuenca baja de la Huasteca Potosina. Tesis doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 201 p.
- DAM, H. (VAN), A. MERTENS & J. SINKEL, 1994. A code checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Acuatic Ecology* 28 (1): 117-133.
- DARLEY W.M. 1982. *Algal Biology: A physiological approach*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London. 168 p.
- ESPINOSA, G.F. & J. SARUKHÁN, 1997. *Manual de malezas del Valle de México*. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México. 407 p.
- GARCÍA E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Instituto de Geografía, UNAM. 246 p.
- GHOSH, M. & J.P. GAUR, 1998. Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities. *Aquatic Botany* 60: 1-10.
- HART, D.D & C.M. FINELLI, 1999. Physical-Biological Coupling in Streams: The Pervasive Efects of Flow on Benthic Organisms. *Annual Review Ecology Systematic* 30: 363-395.
- HAUER, R.F. & G.A. LAMBERTI, 1996. *Methods in Stream Ecology*. Academic Press, USA. 674 p.
- KAWECKA, B. & P. ELORANT, 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 Hydrobiologica* 29 (4): 403-415.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1986. 2/1. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. *In: Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig y 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 y 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 y 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 y D. Mollenhauer (Eds.). Sübwasserflora von Mitteleuropa*. G. Fischer Verlag, Stuttgart. 88 Tafeln mit 2048 Figuren. 437 pp.
- MAGURRAN, A., 1988. *Ecological diversity and its measurements*. Croom IEM. 179 p.
- 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.
- MCINTIRE, C.D., 1968. Structural characteristics of benthic algal communities in laboratory streams. *Ecologia* 49: 20-537.
- MOSISCH, T.D & BUM, 1997. Temporal patterns or rainforest stream epilithic algae in relation to flow-related disturbance. *Aquatic Botany* 58: 181-193.
- NOVELO M., E., 1998. Floras ficológicas del valle de Tehuacán, Puebla, México. Tesis doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 599 p.
- PADISÁK, 1993. The influence of different disturbance-frequencies on the species richness diversity and equitability of phytoplankton in Shallow Lakes. *Hydrobiologia*. 249:135-156.

- PAN, Y., R.J. STEVENSON, B.H. HILL, P.R. KAUFMAN & A.T. HERLIHY. 1999. Spatial patterns and ecological determinants of benthic algal assemblages in Mid-Atlantic streams, USA.
- 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 p.
- RAMÍREZ, V.M., Y. BELTRÁN, M. BOJORGE, J. CARMONA, E.A. CANTORAL-URIZA & F. VALADEZ. 2001. Flora algal del Río La Magdalena, Distrito Federal, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 68: 51-73.
- RAMÍREZ, V.M. & E. CANTORAL. 2003. Flora algal de ríos templados en la zona occidental de la cuenca del Valle de México. *Anales Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*, 74 (2): 143-194.
- RAMÍREZ, R.R. & J. CARMONA. 2005. Taxonomy and distribution of freshwater *Prasiola* (Prasiolales, Chlorophyta) in central Mexico. *Cryptogamie Algologie* 26 (2): 177-188.
- RAVEN, J.A. & A.M. JOHNSTON. 1991. Photosynthetic inorganic carbon assimilation by *Prasiola stipitata* (Prasiolales, Chlorophyta) under emersed and sumersed conditions: relationship to the taxonomy of *Prasiola*. *British Phycological Journal* 26: 247-257.
- RINDI, F., M.D. GUIRY, R.P. BARBIERO & F. CINELLI. 1999. The marine and terrestrial Prasiolales (Chlorophyta) of Galway city, Ireland: a morphological and ecological study. *Journal of Phycology*. 6: 469-482.
- ROTT, E. & P. PFISTER. 1988. Natural epilithic algal communities in fast-flowing mountain streams and rivers and some man-induced changes. *Verh. International Verein. Limnology* 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.
- SCARSBROOK, M.R & C.R. TOWNSEND. 1993. Stream community structure in relation to spatial and temporal variation: a habitat templet study of two contrasting New Zealand streams. *Freshwater Biology* 29: 395-410.
- SHERWOOD, A.R., D.J. GARBARY & R.G. SHEATH. 2000. Assessing the phylogenetic position of the Prasiolales (Chlorophyta) using rbcL and 18S Rrna gene sequence data. *Phycologia* 39 (2): 139-146.
- SIQUEIROS, D A, O.S. IBARRA & S.D. LOYA. 1985. Una aproximación a la estructura florística de las diatomeas epifitas de *Zostera marina* y sus variaciones temporales, en Bahía falsa, San Quintín, B.C. *Ciencias Marinas* 11(3): 69-88.
- SOININEN, J. 2004. Assesing the current related heterogeneity and diversity patters of benthic diatom communities in a turbid and a clear water river. *Aquatic ecology* 38: 495-501.
- STOERMER, E.F. & J.P. SMOL. 1999. *The diatoms: applications for the environmetal and earth sciences.* Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom. 469 p.
- VANNOTE, R.L., G.W. MINSHALL, K.W. CUMMINS, J.R. SEDELL & C.E. CUSHING. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Science* 37:130-137
- WEITZEL, R.L. 1979. *Periphyton measurements and applications, Methods and Measurements of Periphyton Communities. A review.* ASTM STP 690. R.L. Weitzel, (Ed.). American Society for Testing and Materials pp. 3-33.
- WHITTON, B.A. 1975. *River Ecology.* Blacwell Scientific Publications. Oxford. 725 p.

*Recibido:* 27 de julio de 2005.

*Aceptado:* 22 de junio de 2006.