

00377



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

Análisis morfológico y microambiental de poblaciones de  
*Blennothrix ganeshii* (Cyanophyceae / Cianoprocariota)  
en la región central de México

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

PRESENTA

YENNY PAOLA BELTRÁN MAGOS

DIRECTOR DE TESIS: DR. GAVIER CARMONA JIMÉNEZ

MÉXICO, D.F.



JUNIO, 2005

m. 346957



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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

## POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS COORDINACIÓN

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Yenny Paola  
Beltrán Magos

FECHA: 12 - agosto - 2005

FIRMA: [Firma]

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez  
Director General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 17 de enero del 2005, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del(a) alumno(a) **Beltrán Magos Yenny Paola** con número de cuenta **97536828** con la tesis titulada: "Análisis morfológico y microambiental de poblaciones de *Blennothrix ganeshii* (Cyanophyceae/Cianoprocariota) en la región central de México", bajo la dirección del(a) Dr. Javier Carmona Jiménez.

Presidente:	Dr. Gustavo Montejano Zurita
Vocal:	Dra. Gloria Vilaclara Fatjó
Secretario:	Dr. Javier Carmona Jiménez
Suplente:	Dr. Alfonso Lugo Vázquez
Suplente:	Dra. Guillermina Alcaraz Zubeldía

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F. a, 30 de mayo del 2005

[Firma]  
Dr. Juan José Morrone Lupi  
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

## **AGRADECIMIENTOS**

Este estudio fue posible gracias al apoyo económico otorgado por el Programa PAPIIT-UNAM proyecto IN-210399 y por las becas brindadas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Dirección General de Estudios de Posgrado (DGEP).

Al Dr. Javier Carmona Jiménez, por creer en mí, por compartir conmigo sus experiencias y su amistad.

A la Dra. Gloria Vilaclara Fatjó y la Dra. Guillermina Alcaraz Zubeldía, por su apoyo y su dedicación, por sus comentarios y sugerencias, pero sobre todo por su confianza al formar parte de este trabajo.

Al Dr. Gustavo Montejano Zurita por brindarme siempre una mano cuando la necesito, por compartir conmigo sus conocimientos y su inigualable entusiasmo por conocer a estos increíbles organismos.

Al Dr. Alfonso Lugo Vázquez por su apoyo en la revisión del manuscrito.

Al Hidrobiólogo Sergio Castillo Sandoval por su invaluable ayuda en la determinación de nutrimentos.

A la Dra. María Aurora Armienta, A. Aguayo, N. Ceniceros y O. Cruz por su colaboración en el análisis de iones mayores.

Al M. en C. Gerardo Rivas Lechuga y la Biól. Miriam Guadalupe Bojorge García por su asesoría en la utilización de paquetes estadísticos.

A Isabel Bieler Antolín y la M. en C. Silvia Espinoza por las facilidades prestadas para la elaboración del material fotográfico.

A las Biólogas Miriam Guadalupe Bojorge García, Mariana Guadalupe Cartagena Alcántara, Rocio Ramírez Rodríguez y Mónica Ramírez Vázquez por su enorme apoyo en el trabajo de campo.

A Enrique, Itzel, Edith, Oscar, Mitchell, Hilda y todos los compañeros que conforman el laboratorio de Fisiología, quienes a través de sus pláticas y su amistad logran que nuestro espacio de trabajo sea un lugar sin igual.

A las personas más importantes en mi vida, mi familia.

A Daniel, quien con su luz y con su magia ilumina mi vida día con día.

## RESUMEN

El género *Blennothrix* pertenece a la familia Oscillatoriaceae, subfamilia Oscillatorioidae, y se caracteriza por la presencia de varios tricomas en una vaina. Los miembros de agua dulce del género *Blennothrix* han sido divididos recientemente en ocho especies (KOMÁREK 1998), con el taxon *B. ganeshii* WATANABE et KOMÁREK reportado para dos cuencas tropicales de la región central de México. Sin embargo, la información anatómica y ambiental es escasa razón por la cual la determinación a nivel específica es incierta. El presente estudio analiza los caracteres taxonómicos, el patrón de distribución y el efecto de las variables microambientales sobre la morfometría en nueve poblaciones de *Blennothrix* de la región central de México. La valoración y análisis de siete poblaciones coincide con la descripción de *B. ganeshii* y dos poblaciones que asignamos *confer* descritas como *B. cf. ganeshii*. La longitud del filamento ( $> 6$  cm), anchura del tricoma ( $> 40$   $\mu\text{m}$ ), longitud celular ( $> 4$   $\mu\text{m}$ ) y la coloración violeta-café de las poblaciones mexicanas extienden la diagnosis de *B. ganeshii* y la confirman como la más robusta de las especies pertenecientes a este género. Los intervalos del diámetro del filamento, anchura del tricoma y espesor de la vaina registrados para *B. cf. ganeshii* no permitieron confirmar la identidad de esta especie. Los sitios de estudio se caracterizaron por presentar temperatura elevada (20.3-33.0 °C); pH de circumneutral a ligeramente alcalino (6.8-7.9); conductividad específica moderada a relativamente elevada para aguas dulces (368-3000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), oxígeno disuelto alto (7.0-8.8  $\text{mg l}^{-1}$ ), mineralización moderada a elevada (11-47  $\text{meq l}^{-1}$ ) y alcalinidad total de 131-250  $\text{mg l}^{-1}$ . La siguiente combinación de características en el microhábitat son las más favorables para el desarrollo de esta especie: moderada velocidad de corriente, baja a media profundidad, baja radiación incidente y arcilla, grava y roca emergente como sustrato. Las variaciones morfométricas registradas en este trabajo y su relación con las variables microambientales revelaron que mayores dimensiones en cuanto a longitud y diámetro de los filamentos y anchura del tricoma se presentan en sitios con baja a media velocidad de corriente y dimensiones pequeñas en sitios con alta velocidad de corriente; sitios con altos valores de radiación incidente presentan los crecimientos con mayores dimensiones en cuanto a diámetro del filamento, anchura del tricoma, número de ramificaciones falsas en un filamento y número de especies epífitas por filamento, mientras que crecimientos con dimensiones menores se presentan en sitios con baja radiación incidente; aquellas poblaciones con mayor espesor de la vaina se localizan en sitios con arcilla como sustrato predominante y los crecimientos con filamentos más largos se encuentran en sitios que presentan con sustrato predominante roca emergente. *B. ganeshii* se desarrolla bajo un amplio intervalo de condiciones microambientales que contribuyen a su amplia distribución espacial y estacional en los ríos de la región central de México.

## ABSTRACT

The genus *Blennothrix* belongs to the family Oscillatoriaceae, subfamily Oscillatorioidae, characterized by the presence of several trichomes in a sheath. Freshwater members of *Blennothrix* have been recently divided into eight species (KOMÁREK 1998), with the taxon *B. ganeshii* WATANABE et KOMÁREK reported for two tropical basins of the central region of Mexico. However, information about anatomical characters and environmental distribution is scarce and species determination is uncertain. This study analyses the taxonomic characters, distributional pattern and the effect of microenvironmental variables over the morphometry of nine populations of *Blennothrix* from the central region of Mexico. The evaluation and analysis of seven populations agree with *B. ganeshii* description and two populations were assigned confer described as *B. cf. ganeshii*. Filament length ( $> 6$  cm), trichome width ( $> 40$   $\mu\text{m}$ ), cellular length ( $>4$   $\mu\text{m}$ ) and violet-brownish color of Mexican populations extend the diagnosis of *B. ganeshii* and confirm it as the biggest species of this genus. Filament diameter, trichome width and sheath thickness ranges recorded for *B. cf. ganeshii* raise objections to confirm the identity of this species. Study sites were characterized by high temperature (20.3-33.0  $^{\circ}\text{C}$ ); circumneutral to slightly alkaline pH (6.8-7.9); moderate to relatively high electric conductivity for freshwater environments (368-3000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), high dissolved oxygen (7.0-8.8  $\text{mg l}^{-1}$ ), moderate to high mineralization (11-47  $\text{meq l}^{-1}$ ) and 131-250  $\text{mg l}^{-1}$  of total alkalinity. The following combination of microenvironmental characteristics are the most favorable to the development of this species: moderate current velocity, low to medium depth, low irradiance and clay, gravel and bedrock as substrate. Morphometric variations registered in this study and their relation with microenvironmental variables revealed that larger dimensions in filament and diameter length and trichome width were present in sites with low to medium current velocity and smaller dimensions in sites with high current velocities; the growths in sites with high irradiance have larger dimensions in filament diameter, trichome width, number of false branching in a filament and number of epiphytic species in a filament, while smaller dimensions are present in sites with low irradiance; those populations with larger sheath thickness are found in sites with clay as the dominant substrate and growths with the largest filaments are found in sites with bedrock as the dominant substrate. *B. ganeshii* develops over a wide range of microenvironmental conditions that contribute to their large spatial and seasonal distribution in central Mexican streams.

## **CONTENIDO**

Introducción	1
Objetivos	3
Área de estudio	6
Materiales y Métodos	11
1. Taxonomía y distribución	11
2. Microhábitat y variación morfológica	12
Resultados	16
1. Taxonomía y distribución	16
1.1. Análisis morfométrico	16
1.2. Análisis morfológico	17
1.3. Ecología y distribución	18
2. Microhábitat y variación morfológica	29
2.1. Comparación de características entre poblaciones	29
2.2. Características de las poblaciones individuales	31
3. Descripción de las poblaciones en la región central de México	43
Discusión	46
Conclusiones	52
Perspectivas	54
Literatura citada	56

Anexo I

64

Taxonomy and distribution of freshwater *Blennothrix ganeshii* Watanabe & Komárek (Oscillatoriaceae, Cyanophyceae) from central Mexico. – *Nova Hedwigia* **80**(3):323-333.

Fe de erratas

76



## INTRODUCCIÓN

Las algas cianoprocariontas son los organismos oxifototróficos más antiguos que existen en la tierra, ya que están presentes desde hace más de tres mil millones de años (LEE 1980). Presentan propiedades fisiológicas especiales, las cuales son escasas o únicas en la biosfera (habilidad de fijar nitrógeno atmosférico, producción de algunos compuestos tóxicos, capacidad de formar depósitos de carbonato de calcio, etc.) y que les permite vivir bajo condiciones extremas (KOMÁREK 1994). Juegan un papel determinante en la generación de oxígeno y materia orgánica para otros organismos por lo que constituyen un papel primordial como productores primarios en diversos ecosistemas (ANAGNOSTIDIS & KOMÁREK 1985).

La taxonomía de las cianoprocariontas es complicada debido en gran parte a la simplicidad morfológica y a la similitud fenotípica presente en la mayoría de sus miembros, razones por las cuales numerosos caracteres morfológicos intergenéricos han resultado ser inestables tanto en la naturaleza como en cultivo (KOMÁREK 1994, CASTENHOLZ 1989 En: KOMÁREK 1998). En las últimas dos décadas, varios rasgos taxonómicos han sido reevaluados. La más reciente propuesta taxonómica (ANAGNOSTIDIS & KOMÁREK 1988) se basa principalmente en caracteres morfológicos, citológicos y desarrollo en los ciclos de vida y enfatiza la importancia de incorporar información de diferentes fuentes (morfológica, biológica, fisiológica, bioquímica, ecológica, etc.) para explicar la variación genética y fenética de las cianoprocariontas (ANAGNOSTIDIS & KOMÁREK 1985, KOMÁREK 1994).

De acuerdo con ANAGNOSTIDIS y KOMÁREK (1988), se reconocen cuatro órdenes dentro de la división Cianoprocarionta con base en el nivel de organización y a la formación de heterocitos: Chroococcales, Oscillatoriales, Nostocales y Stigonematales. El orden Oscillatoriales incluye 43 géneros clasificados en 6 familias. Los miembros de agua dulce y marinos de la familia Oscillatoriaceae se distinguen por presentar: tricomas cilíndricos, rectos o ligeramente ondulados, no constreñidos o constreñidos en las paredes de las células; producción facultativa u obligatoria de vainas unidas a los tricomas o ligeramente

distantes, firmes, algunas veces ligeramente lameladas, de uno a más tricomas por vaina; células discoidales cortas; filamentos con presencia ocasional u obligatoria de ramificaciones falsas; división celular transversal al eje del tricoma en secuencias rápidas; desintegración del tricoma (algunas veces completamente) en hormogonios móviles o en hormocistos inmóviles con la ayuda de necridios (ANAGNOSTIDIS & KOMÁREK 1988). Dentro de las Oscillatoriaceae se distinguen cuatro subfamilias de acuerdo con la frecuencia de ramificaciones falsas y la morfología del filamento. La subfamilia Oscillatorioideae Gomont comprende tres géneros bien caracterizados: *Oscillatoria* Vauch., *Lyngbya* Ag. y *Blennothrix* Kütz. El género de agua dulce y marino *Blennothrix* difiere de los anteriores géneros por la presencia de varios tricomas en una vaina (KOMÁREK 1998). Los miembros de agua dulce del género *Blennothrix* han sido divididos recientemente en ocho especies con base en algunos caracteres morfológicos (constricción de la vaina, color del tricoma, número de tricomas en un filamento, forma de la vaina, crecimiento del talo) y morfométricos (anchura del tricoma, longitud y diámetro del filamento, espesor de la vaina, longitud de la célula) (WATANABE & KOMÁREK 1989, KOMÁREK 1998). Las diferencias entre estas ocho especies se describen en la Tabla 1.

Para México se ha descrito la especie *Blennothrix ganeshii* Watanabe & Komárek (MONTEJANO *et al.* 2000), la cual ha sido nombrada como un componente común de las comunidades adheridas en hábitats sumergidos (litorales y bénticos). VALADEZ-CRUZ *et al.* (1996) reportó esta especie para tres sitios en la Cuenca del Balsas y MONTEJANO *et al.* (2000) y CARMONA *et al.* (2005) describieron la misma especie para la Cuenca Baja del Pánuco.

Los estudios ecológicos acerca de cianoprocariontes se han enfocado en comunidades fitoplanctónicas o aquéllas con importancia económica, y en menor proporción en otros grupos (WHITTON & POTTS 2000). Los estudios acerca de los principales factores involucrados en la distribución espacial y temporal de las Oscillatoriaceae son aún escasos. La información ecofisiológica y particularmente de Oscillatoriaceae de agua dulce se encuentra en trabajos como los de BENNETT & BOGORAD 1973, WYMAN & FAY 1986, NECCHI 1992, PINEVICH *et al.* 1997, YOUNG LEE & YULL RHEE 1999, EHLING-SCHULTZ &

SCHERER 1999, COLES & JONES 2000, ZANINI-BRANCO *et al.* 2001, y KAEBERNICK & ENHILAN 2001, en donde se estudia la respuesta morfológica, fotosintética y fisiológica (curvas de fotosíntesis-irradiancia y concentración de pigmentos) a cambios en la temperatura y radiación incidente; tasa de crecimiento; producción de toxinas y adaptaciones contra los rayos ultravioleta. Los estudios acerca de *Blennothrix* se han orientado a características supraespecíficas (ANAGNOSTIDIS & KOMÁREK 1988, WATANABE & KOMÁREK 1989, VALADEZ-CRUZ *et al.* 1996, KOMÁREK 1998, MONTEJANO *et al.* 2000, KOMÁREK *et al.* 2003) y fotosintéticas en respuesta a la radiación incidente (NECCHÍ 2004), mostrando que la información ecológica es aún escasa.

Observaciones previas (VALADEZ-CRUZ *et al.* 1996, MONTEJANO *et al.* 2000, MONTEJANO-ZURITA *et al.* 2004, CARMONA *et al.* 2005) han evidenciado su amplia distribución en la región central de México, así como su permanencia -en mayor o menor abundancia- a lo largo de todo el año. Razón por la cual el presente trabajo parte de la hipótesis que *Blennothrix ganeshii* es capaz de sobrevivir bajo un amplio intervalo de condiciones ambientales, y que dichas condiciones influyen en la variación morfométrica en esta especie. Por tal motivo, los objetivos del presente trabajo radican en:

Caracterizar el grado de variación morfológica de los caracteres empleados tradicionalmente en la determinación a nivel genérico y específico.

Conocer la distribución de las poblaciones de *B. ganeshii* en la región central.

Determinar las condiciones ambientales y microambientales bajo las cuales se desarrollan los crecimientos de *B. ganeshii*.

Analizar la influencia de las variables microambientales (en un espacio de unos cuantos centímetros) en la morfología de *B. ganeshii*.

Determinar el estatus taxonómico de las poblaciones con base en el conocimiento de su morfología y ecología.

**Tabla 1.** Lista de especies de agua dulce del género *Blennothrix* (FRÉMY 1930, GEITLER 1932, ANAGNOSTIDIS y KOMÁREK 1988, WATANABE Y KOMÁREK 1989, KOMÁREK 1998, CARMONA *et al.* 2005).

Especie y distribución	Talo	Longitud del talo (mm)	Anchura del tricoma ( $\mu\text{m}$ )	Color del tricoma	Número de tricomas en un filamento	Diámetro del filamento ( $\mu\text{m}$ )	Diámetro de la vaina ( $\mu\text{m}$ )	Vaina	Longitud celular ( $\mu\text{m}$ )	Célula apical	Constricción de la pared	Ambiente
1. <i>Blennothrix brebissonii</i> (Kützing <i>ex</i> Gomont) Anagnostidis y Komárek 1988 Francia	fasciculado	----	8-10	azul-verde a amarillo-café	1 a varios	----	----	firme, gruesa, lamelada	2-5	Estrecha con caliptra	(-)	manantiales, riachuelos
2. <i>B. breinii</i> (Nägeli <i>ex</i> Forti) Anagnostidis y Komárek 1988 Croacia y Suiza	fasciculado	----	14-15	----	2-6 (10)	55-75	----	mucilaginosa, lamelada	1/3 a 1/5 diámetro longitud del tricoma	----	----	riachuelos en montañas
3. <i>B. coerulea</i> (Gardner) Anagnostidis y Komárek 1988 Puerto Rico	racimos flotantes	20	24-28	azul-verde	1-4	44-48	----	ligeramente mucilaginosa	2-3	----	(-)	ríos de montaña
4. <i>B. fontana</i> (Jao) Anagnostidis y Komárek 1988 Sur de China	fasciculado	----	22-25	azul-verde	1-4	32-62	713	mucilaginosa, delimitada	----	----	(-)	ríos de montaña

**Tabla 1. (Continuación).**

Especie y distribución	Talo	Longitud del talo (mm)	Anchura del tricoma (µm)	Color del tricoma	Número de tricomas en el filamento	Diámetro del filamento (µm)	Diámetro de la vaina (µm)	Vaina	Longitud celular (µm)	Célula apical	Constricción de la pared	Ambiente
5. <i>B. ganeshii</i> Watanabe et Komárek 1989 Nepal y México	fasciculado	-150	22.3-54	azul-verde a violeta-café	1-4	29.2-100	0.05-14.5	firme, delimitada	1.7-6.7	achatada, ligeramente redondeada	(-)	ríos de montaña, manantiales
6. <i>B. heterotricha</i> (Gomont ex Gomont) Anagnostidis y Komárek 1988 Europa y América del norte	fasciculado, con precipitación de calcio	50	16-19	Verdoso	varios	----	----	mucilaginoso, lamelada	3.4-4.5	atenuada, capitada	(-)	aguas claras estancadas y con corriente
7. <i>B. lauterbachii</i> (Hieron. et Schmidle) Anagnostidis y Komárek 1988 Antártida	matas	----	28	----	1 (2-3)	32	- 4	----	----	----	(-)	aguas con corriente
8. <i>B. ravenelli</i> (Wolle ex De Toni) Anagnostidis y Komárek 1988 América del norte	matas planas	----	12	azul-verde a café- verdoso	1-3	20-25	----	delgada a gruesa, amarillo-café	½ a 1/3 del ancho del tricoma	Cónica	(-)	aguas estancadas

---- = no se tiene registro, (-) = no hay constricción de la pared

## ÁREA DE ESTUDIO

Fueron seleccionadas ocho localidades de la región central de México, de las cuales una se ubica en el estado de Morelos, una en el estado de Hidalgo, una en Tamaulipas y cinco en el estado de San Luis Potosí (Figs 1-8).

### **Los Manantiales, estado de Morelos**

La localidad de “Los Manantiales” se ubica en el municipio de Tlalquiltenango en el estado de Morelos, entre los 18° 55′ 39″ Latitud Norte y 96° 00′ 37″ Longitud Oeste; a una altura de 800 m s.n.m. (Fig. 7). Forma parte de la continuación del manantial conocido como Las Huertas, el cual se considera como de infiltración según la clasificación de manantiales de VASILIEV y ARABADZHI (1981). Cuenta con una topografía accidentada producto de su ubicación en el interior de una cañada y proporciona un aporte de agua constante durante todo el año.

Se compone de pequeñas pozas, cascadas y arroyos que recorren aproximadamente 150 metros antes de desembocar en el río Amacuzac, principal tributario de la Cuenca del Balsas. Cuenta con un clima húmedo y cálido, con una amplia cobertura de vegetación a lo largo de todo el manantial, constituida por selva baja caducifolia (SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO 1981); además, las orillas de las pozas y los arroyos cuentan con vegetación riparia, por lo que se tienen zonas sombreadas tanto al centro como a las orillas del cauce.

La temperatura media anual oscila entre los 25°C, presentando sus valores más altos en el mes de mayo y los más bajos durante los meses de enero y diciembre. La precipitación media anual fluctúa entre los 800 y los 1000 mm, con sus valores máximos en el mes de septiembre y los mínimos durante los meses de diciembre, febrero y marzo (CENTRO ESTATAL DE ESTUDIOS MUNICIPALES DE MORELOS 1988). El sustrato que predomina es la arena y la grava, aunque también se encuentran presentes el lodo y los cantos rodados. En algunas zonas se observó una activa depositación biogénica y precipitación de carbonatos formando estructuras estromatolíticas.

### **Tzindejéh, estado de Hidalgo**

La localidad de Tzindejéh se ubica en el municipio de Ixmiquilpan, entre los 19° 49' 01'' Latitud Norte y 100° 40' 40'' Longitud Oeste y su afluente alimenta la corriente principal del río Tula (Figs 6,7). Forma parte de la Cuenca del Pánuco y al igual que la localidad de Los Manantiales, se considera como un manantial de infiltración según la clasificación de manantiales de VASILIEV y ARABADZHI (1981).

Presenta un clima seco semicálido con lluvias en verano. Su temperatura media anual es de 18.5 °C, presentándose la máxima en junio con 24.7 °C y la mínima en enero con 8.3°C. Tiene una precipitación total anual de 364.6 mm, con una máxima en junio de 66.3 mm y mínima en febrero con apenas 3.3 mm.

Esta zona presenta antiguas rocas sedimentarias marinas, entre las que predominan las calizas. Cuenta con una vegetación constituida por diferentes asociaciones vegetales (bosques de encino, pino y oyamel) (INEGI 1992).

### **La Huasteca Tamaulipeca y Potosina**

El sitio "Las Playitas" se ubica en el estado de Tamaulipas, mientras que las localidades de: "Río Frío, Puente de Dios, Micos, Tambaque y La Garita" se ubican en el estado de San Luis Potosí (Figs 2-5). Todos los sitios se encuentran en la región conocida como La Huasteca, dentro de la Cuenca del río Pánuco (GARCÍA 1973). Desde el punto de vista geográfico, La Huasteca se encuentra ubicada en el límite norte de la región neotropical a 22° 50' y 21° 10' Latitud Norte y a 101° 20' y 98° 30' Longitud Oeste. Fisiográficamente forma parte de la provincia de la Sierra Madre Oriental y, en menor proporción, de la provincia de la llanura costera del golfo norte, encontrándose la mayor parte del área dentro de la subprovincia del carso huasteco. Es una región cárstica de las más extensas del país en donde predominan las rocas calizas, por lo que se observan una gran cantidad de carbonatos disueltos en el agua de los ríos. Dichas rocas, al ser disueltas por el agua, forman sistemas cavernarios y también copiosos manantiales con altos contenidos de carbonatos. Por esta

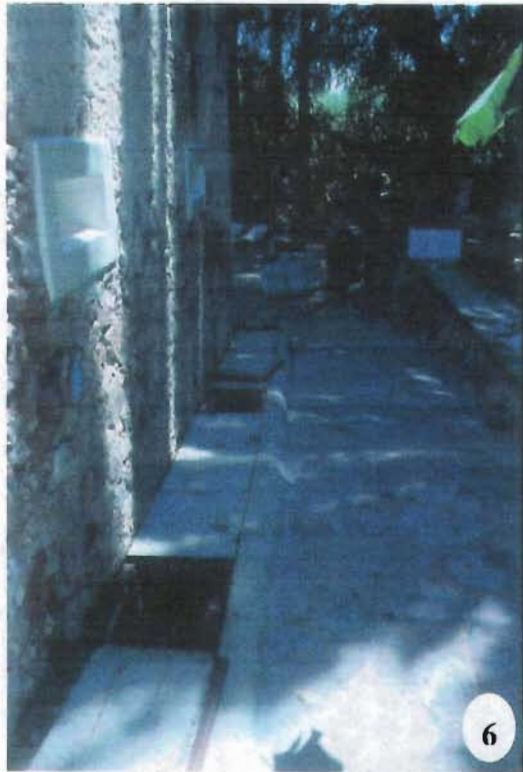
razón, es común encontrar que el substrato predominante en muchas corrientes está constituido por travertino (INEGI 1985, SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS 1971).

El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano, su temperatura media anual oscila entre los 27 a 29 °C, con variaciones de entre 1 a 2 °C de un año a otro.





**Figs 2-5.** Localidades de estudio con poblaciones de *Blennothrix ganeshii*. Fig. 2. Puente de Dios, Fig. 3. Micos, Fig. 4. Tambaque, Fig. 5. La Garita.



**Figs 6-8.** Localidades de estudio con poblaciones de *Blennothrix ganeshii*. Fig. 6. Tzindejéh, Fig. 7. Alcantarilla donde se ubican los crecimientos de *B. ganeshii* en la localidad de Tzindejéh, Fig. 8. Manantiales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Taxonomía y distribución

El trabajo de campo fue llevado a cabo en 8 ríos de primer orden distribuidos en la región central de México (18-23° Latitud Norte, 96-100° Longitud Oeste) en altitudes de entre 30-800 m s.n.m. (Fig. 8). Se utilizó material de herbario recolectado durante el periodo 1994-2004. Fueron muestreadas nueve poblaciones con *Blennothrix ganeshii* (las poblaciones 7 y 9 pertenecen al mismo sitio de colecta pero en diferentes tiempos). Las muestras fueron observadas en vivo, preservadas después de 6 hrs en formaldehído al 4% y depositadas en el herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM (FCME) (HOLMGREN *et al.* 1990). Los valores de temperatura, pH, conductividad específica, profundidad y tipo de substrato fueron registrados en cada sitio de estudio (*sensu* CARMONA 1997). El porcentaje de sombreado y la velocidad de corriente fueron estimados para cada sitio de acuerdo a JOHANSSON (1982) y DE NICOLA *et al.* (1992). Las mediciones morfológicas cuantitativas y cualitativas fueron hechas en 20 réplicas de filamentos; el número de réplicas fue determinado utilizando la ecuación:  $n = (s/Ex)^2$ , donde  $s$  = desviación estándar,  $E$  = error estándar predeterminado (en este caso 0.05) y  $x$  = promedio (SOUTHWOOD 1978). El teñido de las muestras fue realizado con azul alciano al 0.3% en 3% de ácido acético a un pH de 2.5 (SHEATH & COLE 1990). Fue utilizado un microscopio Olympus BX51 equipado con un sistema fotomicrográfico SC35 para realizar observaciones, medidas y fotografías de las muestras. En cada filamento fueron evaluados los caracteres previamente considerados como de importancia taxonómica a nivel genérico y específico en estudios relevantes (FRÉMY 1930, GEITLER 1932, ANAGNOSTIDIS & KOMÁREK 1988, WATANABE & KOMÁREK 1989, KOMÁREK 1998), así como la longitud y el diámetro de los filamentos, anchura del tricoma, ramificaciones y número de tricomas en un filamento (nivel genérico), longitud de las células, espesor y forma de la vaina y la coloración. Las asociaciones entre las poblaciones fueron determinadas por medio de análisis de clúster con el método de grupos promedio sin peso y por medio de análisis de componentes principales de matrices de datos estandarizados (VALENTIN 2000). Los análisis fueron desarrollados con el paquete estadístico STATISTICA v. 6.0. con base en los rasgos morfométricos (anchura del tricoma, diámetro del filamento, espesor de la vaina y longitud celular). Para comparar

promedios entre poblaciones, fueron calculados análisis de varianza de una vía y pruebas de *t* de Student.

## 2. Microhábitat y variación morfológica

La caracterización del microhábitat se realizó de mayo de 2001 a noviembre de 2002, en cuatro localidades seleccionadas con base en la abundancia y permanencia de los crecimientos de *Blennothrix ganeshii* (Manantiales, Tambaque, Micos, Puente de Dios) (Fig. 8). En cada sitio se colectaron tres muestras de agua para determinar los parámetros físico-químicos con base en las técnicas de GREENBERG *et al.* (1985) y ASTM (1989). La determinación de nutrimentos se realizó con el Analizador de Flujo Segmentado en el Laboratorio de Biogeoquímica Acuática del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, a cargo del Hidrobiólogo Sergio Castillo Sandoval. Los nutrimentos evaluados fueron Fósforo reactivo (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) a través del método de reducción del ácido molibdo-fosfórico a fosfomolibdeno azul (0.05-4 µat-g/L intervalo de concentración), nitrógeno como nitritos (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) por medio del método de diazotización con sulfanilamida (0.1-20 µat-g/L intervalo de concentración), nitrógeno como nitratos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) con el método de reducción de cadmio (0.1-20 µat-g/L intervalo de concentración), nitrógeno como amonio (N-NH<sub>3</sub>) por la reacción de Berthelot (azul de endofenol, 0.2-20 µat-g/L intervalo de concentración) y silíceo (SiO<sub>2</sub>) por la conversión del ácido silico a ácido β-silicomolibdico y su reducción a molibdeno azul (0.02-140 µat-g/L intervalo de concentración). El análisis de iones mayores se realizó en el Laboratorio de Química Analítica, UNAM a cargo de la Dra. María Aurora Armienta. Los iones evaluados fueron carbonatos mediante el método de titulación, los cloruros a través del método argentométrico, la dureza con el método titulométrico de EDTA y el sodio y potasio por medio del método espectrofotométrico de absorción atómica. El agua se analizó en tres ocasiones, de septiembre de 2003 a julio de 2004, en los momentos más contrastantes del año: época después de secas, época después de lluvias y época más fría del año, que corresponden a los meses de mayo, noviembre y enero-febrero, respectivamente. Con el objeto de comparar la composición físico-química del agua, se incluyeron dos sitios (Fig. 8) donde no hay registro de poblaciones de *Blennothrix* (Santa Anita y Xilitla), y uno más

donde existe el registro de *Blennothrix* pero no cuenta con el material algal suficiente para realizar un análisis del microhábitat (Tzindejéh).

Cada sitio de colecta consistió de segmentos del río de 10 m de longitud. Todas las observaciones fueron realizadas en substrato natural (arcilla, grava, arena, cantos rodados, macrófitas y rocas emergentes). El análisis del microhábitat fue realizado por medio de la técnica del cuadrante (KREBS 1989, NECCHI 1997, NECCHI *et al.* 1999, VIEIRA & NECCHI 2002, ZANINI-BRANCO *et al.* 1998), que evalúa la influencia de las variables del microhábitat (velocidad de corriente, profundidad, radiación solar subacuática, y el tipo de substrato) sobre las características vegetativas y reproductivas de los crecimientos. Las unidades de muestreo consistieron en círculos de 20 cm de diámetro (área = 314 cm<sup>2</sup>). El tipo y tamaño de las unidades de muestreo fueron definidas a partir de pruebas preeliminares e investigaciones previas (NECCHI *et al.* 1995). El tamaño del muestreo consistió en 10 cuadrantes separados un metro uno de otro y su localización fue determinada por medio de una tabla de números aleatorios. En cada sitio de colecta, un igual número de cuadrantes sin el alga (designados como ausencia) fueron muestreados para evaluar las diferencias en las características del microhábitat en comparación con aquellos con algas.

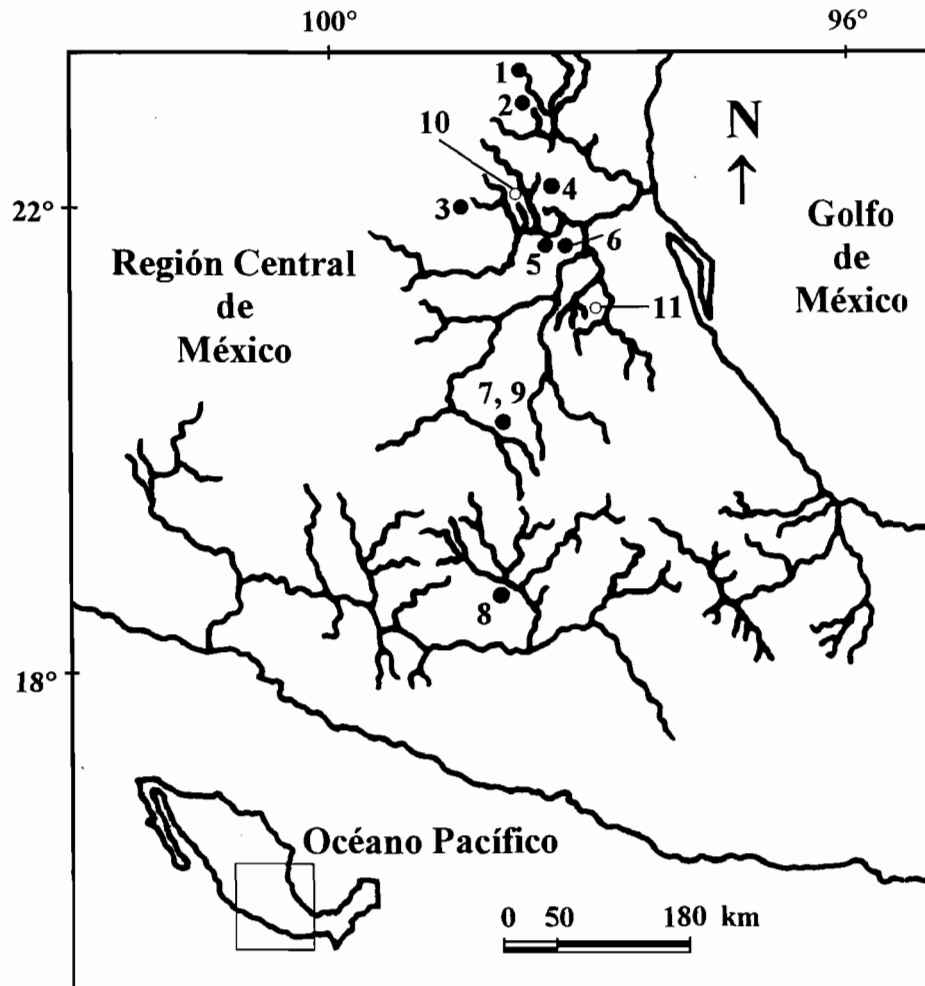
Las siguientes variables ambientales fueron medidas para cada transecto: temperatura, pH, conductividad específica (con el conductímetro marca Conductronic PC-18) y oxígeno disuelto (con el medidor de oxígeno YSI-51B). Las variables del microhábitat fueron medidas en el mismo sitio en el centro de cada unidad de muestreo: velocidad de corriente y radiación solar fueron medidas tan cerca como fue posible al crecimiento algal (2.5 – 18 cm), utilizando respectivamente un medidor de velocidad de corriente Swoffer 2100 y un medidor de cuantos marca Li-Cor LI-1000 con un sensor plano subacuático de radiación fotosintéticamente activa (PAR), la profundidad fue evaluada con el flexómetro, mientras que el tipo de substrato y el porcentaje de cobertura algal se calculó por medio de estimación visual (NECCHI 1997), con un visor de 175 cm<sup>2</sup>.

La colecta y preservación de muestras, el cálculo del número de réplicas y la medición de los caracteres morfológicos se realizaron de acuerdo a lo descrito en el apartado “1. Taxonomía y distribución”.

Para cada población se calculó el valor de amplitud del nicho, el cual se refiere no sólo al hábitat que ocupa el organismo sino que expresa la interrelación del mismo con los factores ecológicos, es decir, la función de una especie en el ecosistema. El nicho regula las adaptaciones estructurales, respuestas fisiológicas y los patrones de comportamiento que están íntimamente ligados a la función dentro del sistema. El cumplimiento de la función por tanto requiere un cierto grado de especialización que se verá reflejado en el cálculo de la amplitud el nicho. Para lo cual se aplicó el índice estandarizado de Levin (KREBS 1989):  $B_A = (B-1) / (n-1)$ , donde  $B = 1 / \sum(p_{xi})^2$ ,  $p_{xi}$  = abundancia relativa (porcentaje de cobertura) de la especie  $x$  en la unidad de muestreo  $i$  ( $x_i / X$ ),  $X = \sum x_i$ , y  $n$  = número total de muestras. Los valores presentan una escala de 0 a 1, donde los valores cercanos a cero indican cierto grado de especialización en el microhábitat y los valores cercanos a uno muestran una especie generalista.

Los valores de sumatoria de iones, dominancia iónica, nitrógeno inorgánico disuelto (NID) y fósforo soluble reactivo (FSR) fueron calculados a partir de los datos de química del agua. La evaluación de las diferencias entre la composición química, cuadrantes presencia y ausencia entre y con otras poblaciones, se determinó por medio de pruebas de  $t$  de Student y análisis de varianza (ANOVA, de una vía), y las asociaciones entre el porcentaje de cobertura y los datos morfométricos con las variables del río fueron calculadas con el coeficiente de correlación “ $r$ ” de Pearson. Las pruebas fueron desarrolladas con el paquete estadístico STATISTICA v. 6.0.

Los caracteres morfológicos y morfométricos evaluados en ambos apartados se reunieron en una descripción que incluye los valores de todas las poblaciones estudiadas, así como las condiciones microambientales bajo las cuales se desarrollan los crecimientos de *Blennothrix ganeshii*.



**Fig. 1.** Ubicación de los sitios de estudio, con presencia de poblaciones de agua dulce de *Blennothrix ganeshii*, en la región central de México (●). 1) Las Playitas, 2) Río Frío, 3) Puente de Dios, 4) Micos, 5) Tambaque, 6) La Garita, 7,9) Tzindejéh, 8) Los Manantiales. Ubicación de los sitios donde se analizó agua, sin presencia de poblaciones de *B. ganeshii* (○). 10) Santa Anita, 11) Xilitla.

## RESULTADOS

### 1. Taxonomía y distribución

#### 1.1 Análisis morfométrico

Los crecimientos colectados en el sitio 8 (Los Manantiales) presentaron los filamentos más largos (2.0-15.0 cm), mientras que los crecimientos del sitio 9 (Tzindejéh) tuvieron los filamentos más cortos (0.4-3.0 cm). Los crecimientos pertenecientes a diferentes sitios (variación espacial) presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en cuanto a la longitud del filamento. Los máximos valores en cuanto al diámetro del filamento (55.5-75.0  $\mu\text{m}$ ) se presentaron en los sitios 3 y 6 (Puente de Dios y La Garita), mientras que los mínimos (32.4-57.1  $\mu\text{m}$ ) se registraron en el sitio 9 (Tzindejéh). El diámetro del filamento mostró diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) a nivel espacial. El crecimiento colectado en el sitio 3 (Puente de Dios) presentó las vainas más anchas (5.0-11.0  $\mu\text{m}$ ), mientras que en el sitio 9 (Tzindejéh) se registró el crecimiento con las vainas más delgadas (1.2-4.3  $\mu\text{m}$ ). Los crecimientos colectados en los diferentes sitios mostraron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) en cuanto al espesor de la vaina. En el sitio 6 (La Garita), se colectaron los crecimientos con mayor anchura del tricoma (40.0-50.0  $\mu\text{m}$ ), mientras que en el sitio 9 (Tzindejéh) se encontraron aquellos crecimientos con el tricoma más angosto (22.3-43.9  $\mu\text{m}$ ). Se detectaron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) en la anchura del tricoma de los crecimientos pertenecientes a diferentes sitios. El crecimiento colectado en el sitio 5 (Tambaque) presentó las células más largas (3.0-6.7  $\mu\text{m}$ ), mientras que en los sitios 4 y 7 (Micos y Tzindejéh) se registraron los crecimientos con las células más cortas (2.2-4.5  $\mu\text{m}$ ). Se registraron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) en cuanto a la longitud de las células de los crecimientos colectados en los diversos sitios. Los crecimientos de los sitios 3 y 8 (Puente de Dios y Los Manantiales) presentaron el mayor número de tricomas en un filamento (1-3), mientras que en las demás sitios sólo se registraron como máximo 2 tricomas en un filamento (Tabla 2).

Los análisis de clúster y de componentes principales incluyen a la especie tipo de *Blennothrix fontana*, la cual es la especie más relacionada tanto morfológica como



ecológicamente a *B. ganeshii*. El resto de las especies del género *Blennothrix* de agua dulce difieren en cuanto a su morfología y morfometría con *Blennothrix ganeshii*. Los estudios anteriores muestran cuatro grupos distintos (Figs 9, 10). El grupo 1 contiene la especie tipo de *B. fontana*, el grupo 2 contiene a la especie tipo de *B. ganeshii*, el grupo 3 contiene siete poblaciones con algunas medidas que se encuentran por encima del intervalo de tamaño descrito previamente para *B. ganeshii*, el grupo 4 corresponde a las poblaciones de Tzindejéh. El análisis de varianza y las pruebas de *t* de Student entre grupos muestran diferencias significativas en cuanto a la longitud y diámetro del filamento, espesor de la vaina, anchura del tricoma y longitud celular ( $p < 0.01$ ) (Tabla 2).

## 1.2. Análisis morfológico

Las características morfológicas de nuestras poblaciones fueron consistentes en las nueve poblaciones y pueden resumirse como: matas macroscópicas de color azul-verde a violeta-café que crecen sobre diferentes substratos (Figs 11-12, 29-30), compuestas de filamentos con crecimiento isopolar y ramificaciones falsas dispersas de tipo *Coleodesmium* (Figs 13-14, 31-32). Los filamentos se observan, en ocasiones, con longitudes superiores a 10 cm, con orientación más o menos paralela. Las células presentan un contenido granular homogéneo y las células apicales están achatadas y ligeramente redondeadas (Figs 15, 33), en ocasiones con una pared celular un poco más gruesa que las demás, sin caliptra, pero ocasionalmente con remanentes de las paredes de las células necridiales (Figs 16, 34). Las vainas son firmes, incoloras, usualmente lameladas, ciertas zonas con lamelación transversal debido a la constricción del eje longitudinal, particularmente en el ápice de las vainas (Figs 17-18, 35-36). La lamelación en la superficie externa de la vaina está caracterizada por varias capas paralelas que desprenden capas sencillas y acumulan pequeñas partículas de detritus (Fig. 19). Las paredes de la vaina llegan a variar notablemente en cuanto a su grosor y, en ocasiones, presenta calcificación en la superficie (Fig. 20). La formación de hormogonios se inicia con el desarrollo de una o varias células necridiales, en el extremo o a lo largo de todo el tricoma (Figs 21-22, 37-39). Cada hormogonio forma su propia vaina dentro de la vaina madre y crece paralelo al tricoma original, posteriormente se libera por uno de los extremos del filamento o bien se

desarrollan formando ramificaciones falsas de tipo *Coleodesmium* (Figs 23-26, 40-42). En ciertas ocasiones la célula apical del hormogonio se encuentra vacía (Fig. 27). La vaina exhibe una fuerte tinción con azul-alciano, evidencia de la presencia de polisacáridos sulfatados (Fig. 28) los cuales han sido encontrados en otras especies de Oscillatoriaceae de agua dulce (DE PHILIPIS *et al* 2001).

### 1.3. Ecología y Distribución

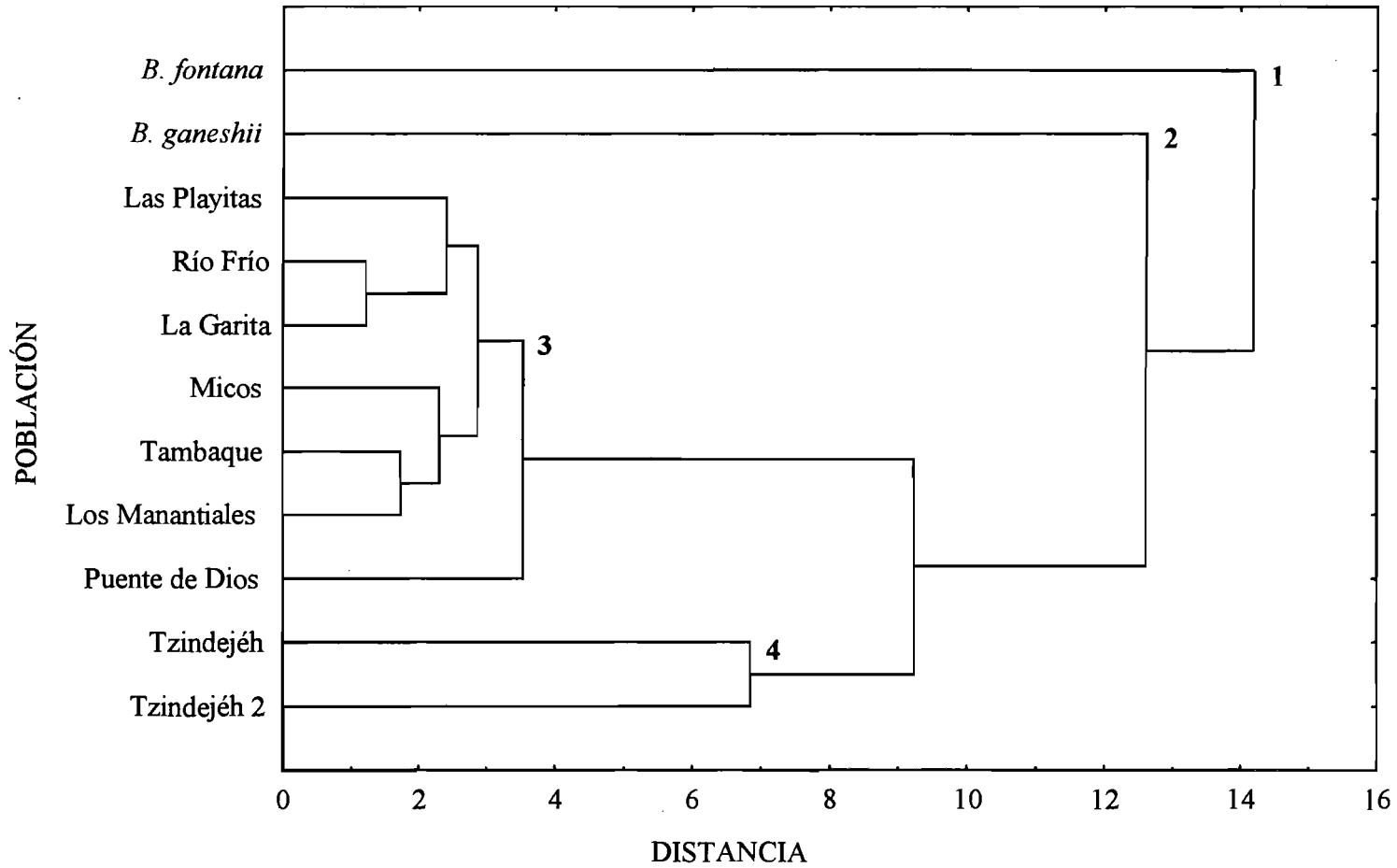
Las localidades se caracterizan por presentar un clima que va de húmedo tropical con inviernos secos (% de lluvia invernal menor a 5), semihúmedo tropical con inviernos secos (% de lluvia invernal entre 5 y 10.2), a seco semicálido con lluvias en verano (GARCÍA 1973, HERNÁNDEZ-CERDA & CARRASCO-ANAYA 2004). Su vegetación está constituida por selva baja caducifolia, selva alta perennifolia y por diferentes asociaciones vegetales (bosques de encino, pino y oyamel) (SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO 1981, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA 1985, SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO 1985, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA 1992) (Tabla 4).

Las poblaciones de *Blennothrix ganeshii* fueron encontradas en ríos de primer orden que cuentan con temperaturas cálidas (23.6-33.0 °C), aguas dulces de pH neutro a ligeramente alcalino (7-7.5), conductividad específica moderada a relativamente alta (368 – 1530  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), poca profundidad (5-50 cm) y de baja a alta velocidad de corriente del agua, en segmentos del río sombreados o abiertos, y en substratos rocosos o sobre troncos de árboles caídos (Tabla 3). Los filamentos de *B. ganeshii* fueron utilizados como substrato por varias especies de Cyanophyceae epífitas tales como *Chamaecalyx swirenkoi*, *Stichosiphon sansibaricus*, *Xenococcus bicudo* y *X. willei*. Las poblaciones de *B. ganeshii* se encontraron mezcladas con *Chara canescens*, *Cladophora* sp., *Vaucheria* sp., *Spirogyra* sp., y *Lyngbya* sp., y estuvieron asociadas con ciertas algas rojas, tales como: *Thorea hispida*, *Hildenbrandia angolensis*, y el estado *Chantransia* de *Batrachospermum*.

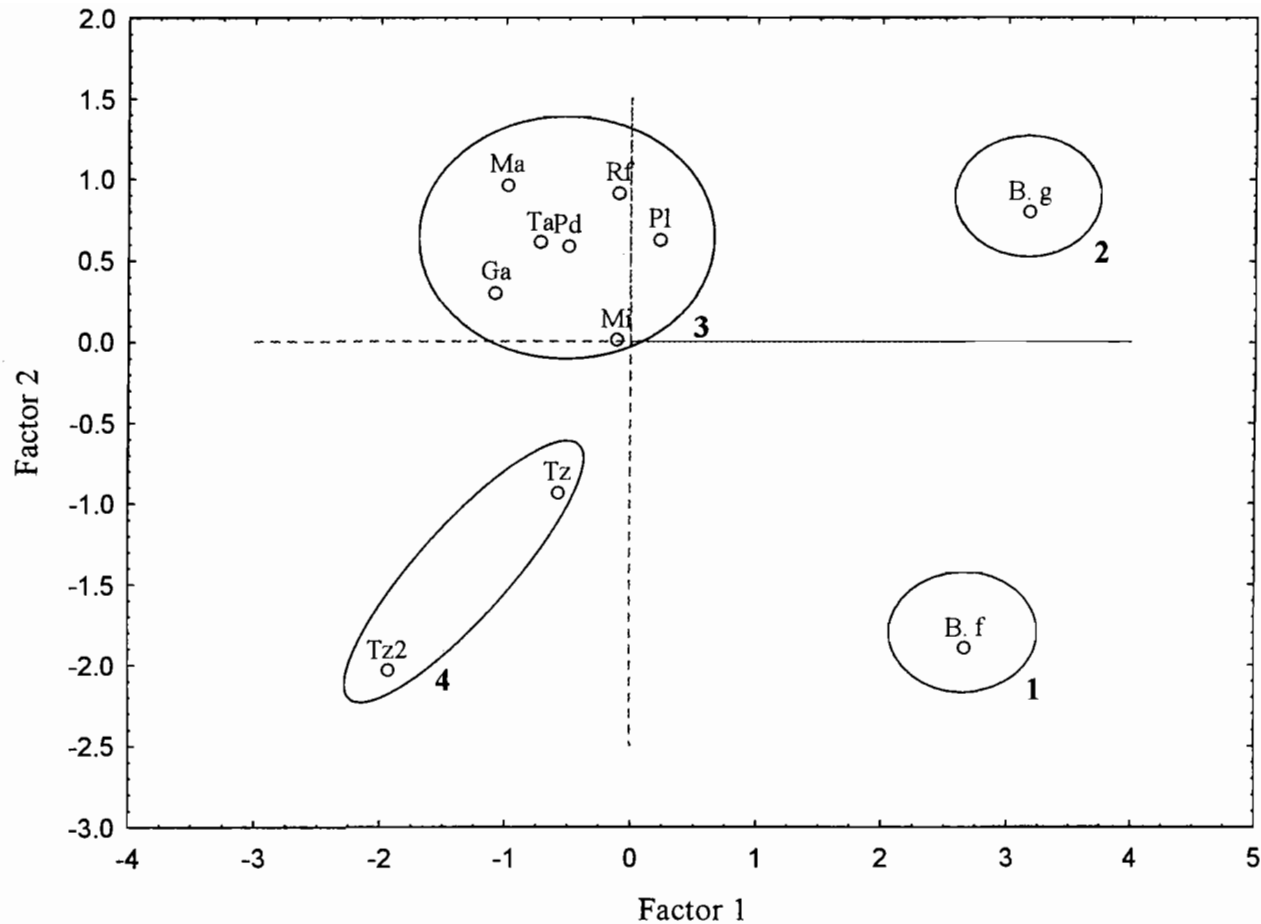
**Tabla 2.** Características de las poblaciones de agua dulce del género *Blennothrix* del sur de China (Komárek, 1998), Nepal (Watanabe y Komárek, 1989; Komárek, 1998) y la Región Central de México. Las medidas están dadas en micrómetros (excepto donde se indica) y representan el intervalo, media y desviación estándar.

Población	Talo	Longitud de los filamentos (cm)	Anchura del tricoma	Color del tricoma	Número de tricomas en un filamento	Diámetro del filamento	Espesor de la vaina	Forma de la vaina	Longitud celular
<i>Especies tipo</i>									
<i>B. fontana</i> Sur de China	Fasciculado	----	22-25	Azul-verde	1-4	32-62	7-13	Gelatinizada, delimitada	----
<i>B. ganeshii</i> Nepal	Fasciculado	6.0	32-40	Azul-verde	1-4	46-100	-10(12)	Firme, delimitada	1.3-4
<i>Poblaciones mexicanas</i>									
1. PA3707 Las Playitas	Fasciculado	2.8-7.0 5.4±2.2	37.5-48.7 44.7±2.3	Violeta-café	1-2	55.0-68.0 61.1±3.8	3.2-8.2 6.0±1.2	Firme, lamelada	2.7-4.5 3.4±0.5
2. PA3717 Río Frio	Fasciculado	2.5-8.0 4.9±2.4	41.7-48.0 45.4±2.0	Violeta-café	1-2	55.0-69.5 61.5±4.1	5.0-8.5 6.6±1.3	Firme, lamelada	3.0-4.5 3.6±0.4
3. PA3780 Puente de Dios	Fasciculado y matas	1.0-7.5 3.3±1.5	36.2-45.7 42.1±2.7	Violeta-café	1-3	56.5-75.0 62.6±6.2	5.0-11.0 7.3±1.6	Firme, lamelada	2.7-5.0 3.6±0.5
4. PA3887 Micos	Fasciculado y matas	0.4-5.5 2.2±1.1	38.0-48.1 44.1±2.8	Violeta-café	1-2	53.2-68.4 59.1±4.1	3.8-8.1 5.7±1.2	Firme, lamelada, calcificada	2.2-3.8 3.0±0.5
5. PA3874 Tambaque	Fasciculado	1.5-7.5 4.1±1.6	37.5-47.0 40.6±2.5	Violeta-café	1-2	52.5-67.5 57.9±4.3	4.0-9.5 6.4±1.3	Firme, lamelada	3.0-6.7 4.1±0.8
6. PA3880 La Garita	Fasciculado	2.0-3.0 2.3±0.4	40.0-50.0 45.6±2.7	Violeta-café	1-2	55.5-75.0 62.7±4.7	5.0-9.0 6.6±1.1	Firme, lamelada, calcificada	3.0-5.0 3.8±0.5
7. PA3554 Tzindejéh	Fasciculado	2.5-4.5 3.5±0.7	33.9-41.8 37.3±2.2	Violeta-café	1-2	45.2-56.5 49.4±3.6	3.3-6.7 4.9±0.8	Firme, lamelada	2.2-4.5 3.3±0.6
8. BALE s/n Los Manantiales	Fasciculado y matas	2.0-15.0 5.3±2.7	38.0-46.4 42.0±2.5	Violeta-café	1-3	50.7-67.4 58.9±4.7	4.5-9.6 6.6±1.3	Firme, lamelada	2.5-4.3 3.4±0.4
9. PA4209 Tzindejéh 2	Fasciculado	0.4-3.0 1.9±0.8	22.3-43.9 35.1±4.9	Azul-verde	1-2	32.4-57.1 43.3±6.0	1.2-4.3 2.7±0.7	Firme, lamelada	2.4-4.8 3.6±0.9

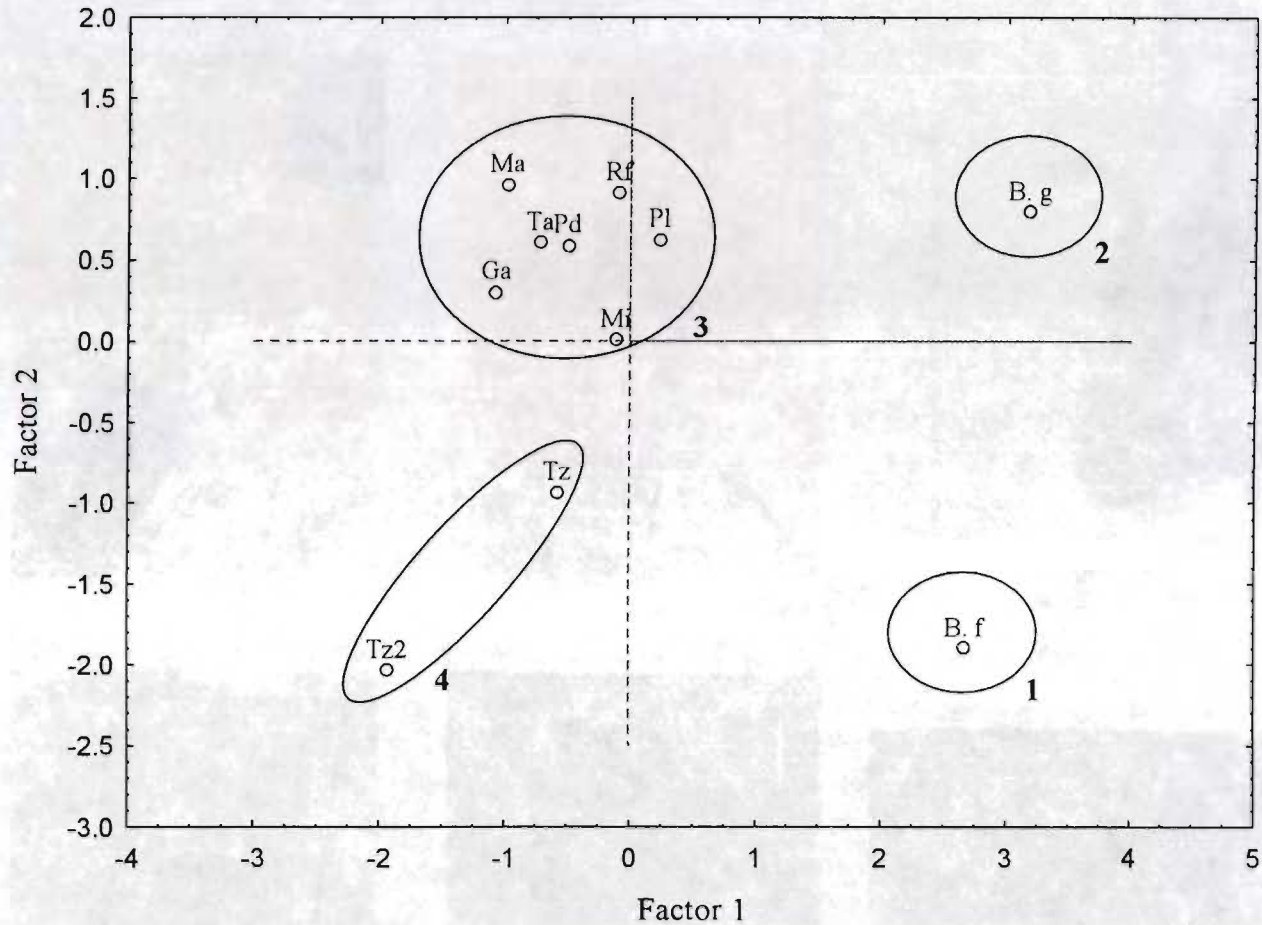
s/n = sin número



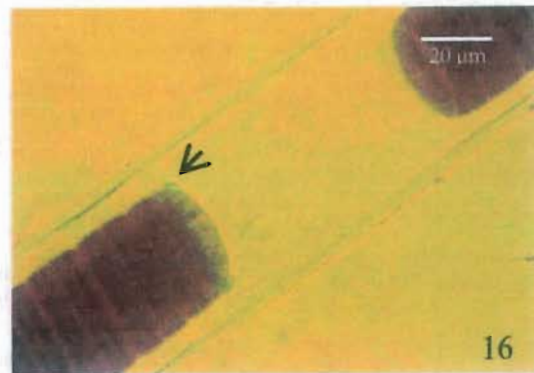
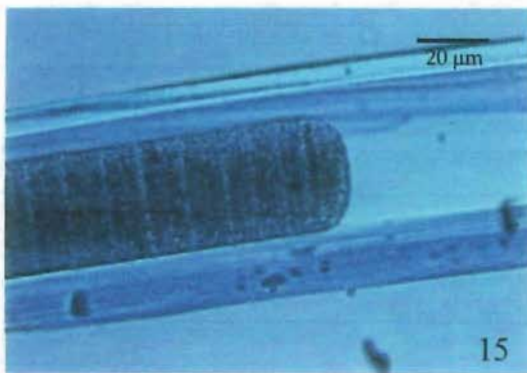
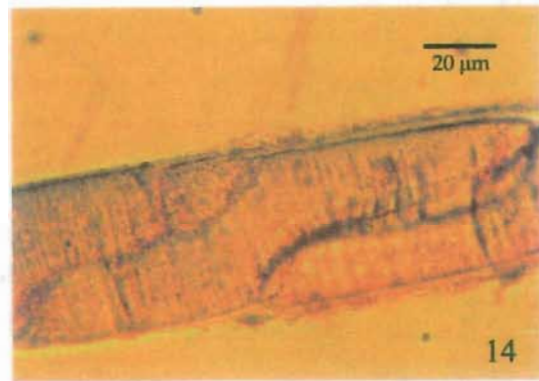
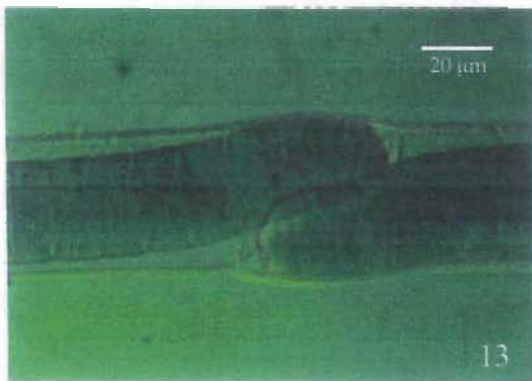
**Fig. 9.** Diagrama de clúster mostrando las especies tipo *Blennothrix fontana* y *B. ganeshii*, así como dos grupos de poblaciones de *B. ganeshii*. El grupo 1 contiene la especie tipo *B. fontana*, el grupo 2 contiene la especie tipo *B. ganeshii*, el grupo 3 contiene siete de las nueve poblaciones estudiadas y el grupo 4 presenta las dos poblaciones de Tzindejéh.



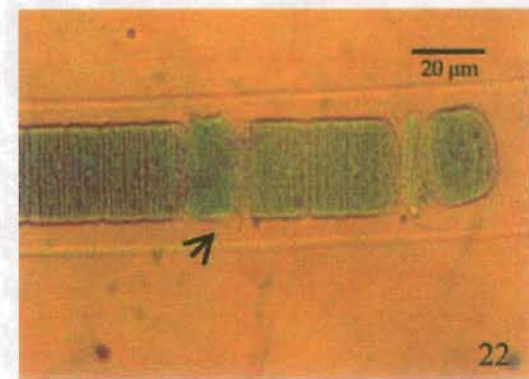
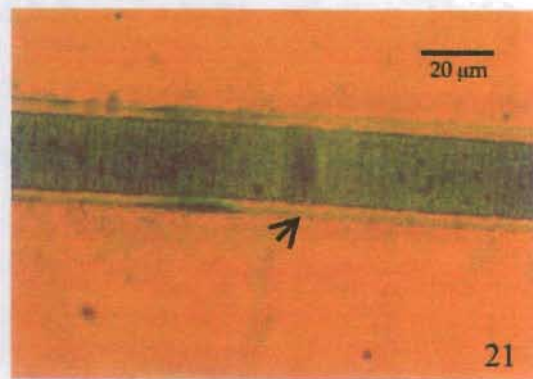
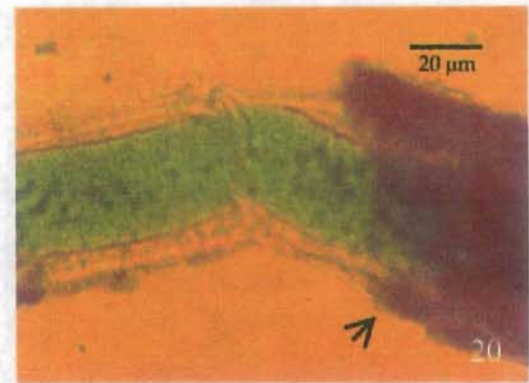
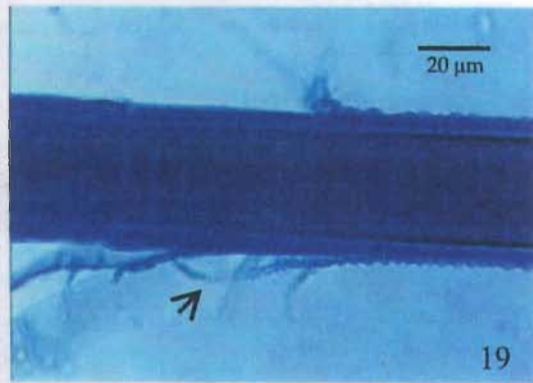
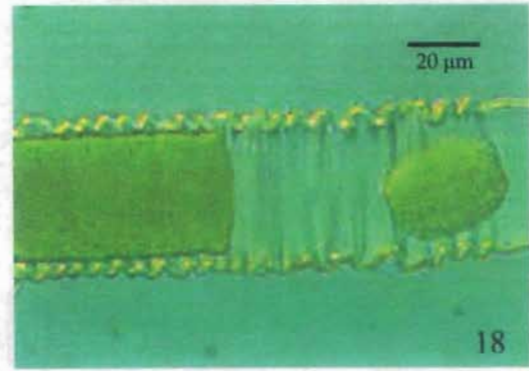
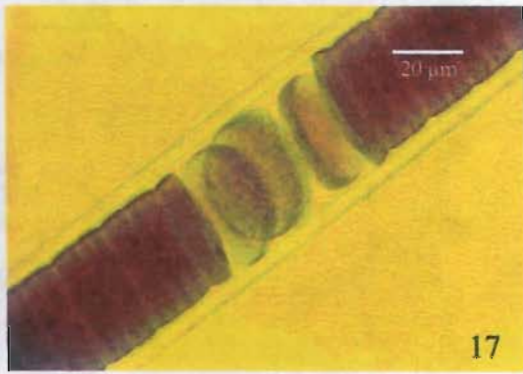
**Fig. 10.** Análisis de componentes principales mostrando las especies tipo *Blennothrix fontana* y *B. ganeshii*, así como dos grupos de poblaciones de *Blennothrix ganeshii*. El grupo 1 contiene la especie tipo *B. fontana*, el grupo 2 contiene la especie tipo *B. ganeshii*, el grupo 3 contiene siete de las nueve poblaciones estudiadas, y el grupo 4 presenta las dos poblaciones de Tzindejéh. B.f=*Blennothrix fontana*, B.g=*Blennothrix ganeshii*, Pl=Playitas, Rf=Río Frío, Ga=La Garita, Mi=Micos, Ta=Tambaque, Ma=Los Manantiales, Pd=Puerto de Dios, Tz=Tzindejéh, Tz2=Tzindejéh 2.



**Fig. 10.** Análisis de componentes principales mostrando las especies tipo *Blennothrix fontana* y *B. ganeshii*, así como dos grupos de poblaciones de *Blennothrix ganeshii*. El grupo 1 contiene la especie tipo *B. fontana*, el grupo 2 contiene la especie tipo *B. ganeshii*, el grupo 3 contiene siete de las nueve poblaciones estudiadas, y el grupo 4 presenta las dos poblaciones de Tzindejéh. B.f=*Blennothrix fontana*, B.g=*Blennothrix ganeshii*, Pl=Playitas, Rf=Río Frío, Ga=La Garita, Mi=Micos, Ta=Tambaque, Ma=Los Manantiales, Pd=Puerto de Dios, Tz=Tzindejéh, Tz2=Tzindejéh 2.

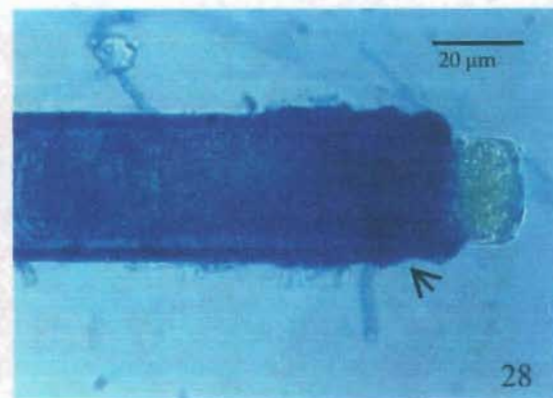
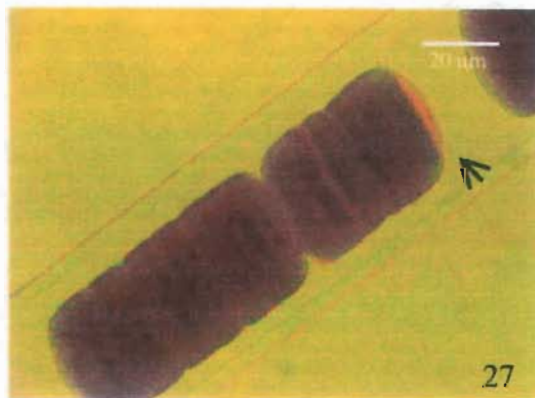
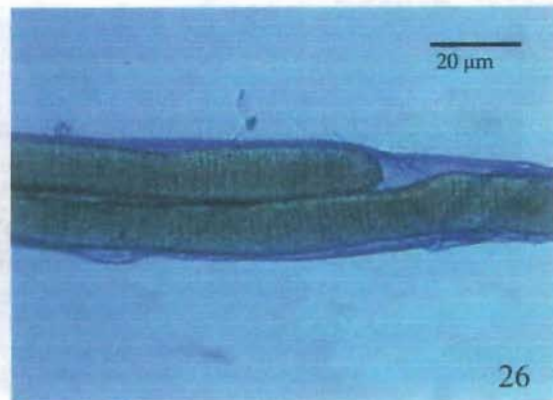
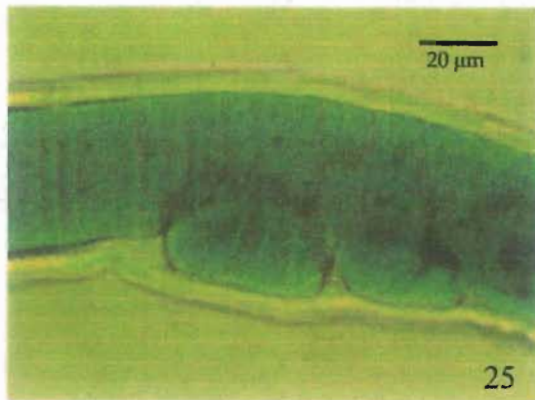
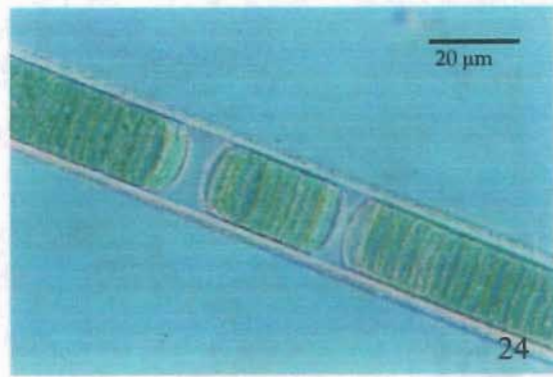
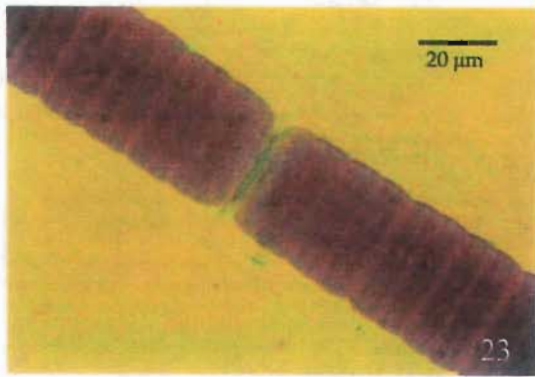


**Figs 11-16.** Caracteres morfológicos y morfométricos de *Blennothrix ganeshii* en las poblaciones del grupo 3. 11) Crecimientos en forma de matas (punta de flecha). 12) Matas compuestas de filamentos de color violeta-café. 13-14) Filamentos con ramificaciones falsas de tipo *Coleodesmium* (FCME PA3887, FCME BALE s/n). 15) Célula apical (FCME PA3874). 16) Remanentes de las paredes de las células necridiales (punta de flecha) (FCME BALE s/n).

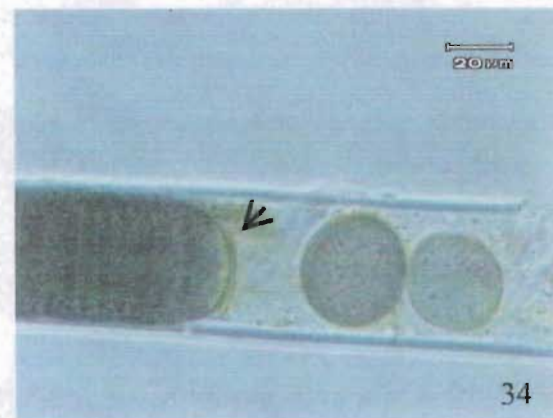
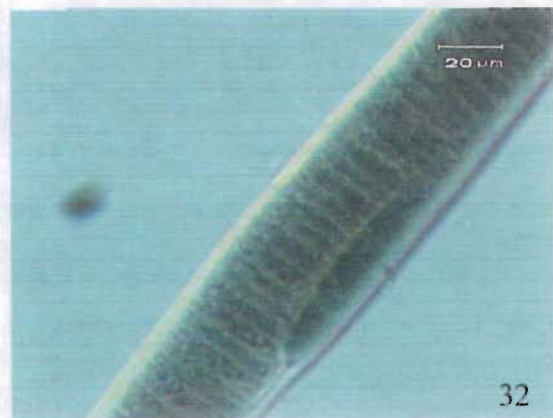
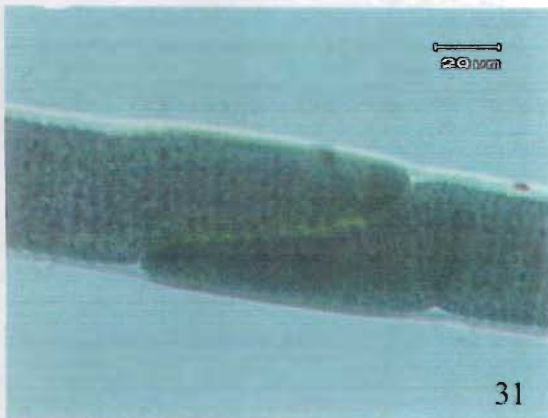


**Figs 17-22.** Caracteres morfológicos y morfométricos de *Blennothrix ganeshii* en las poblaciones del grupo 3. 17) Vaina firme (FCME BALE s/n). 18) Constricción de la vaina (FCME PA3707). 19) Desprendimiento de capas procedentes de la vaina (punta de flecha) (FCME PA3874). 20) Calcificación en la superficie de la vaina (punta de flecha) (FCME BALE s/n). 21-22) Formación de células necridiales (punta de flecha) (FCME BALE s/n, FCME PA3880).

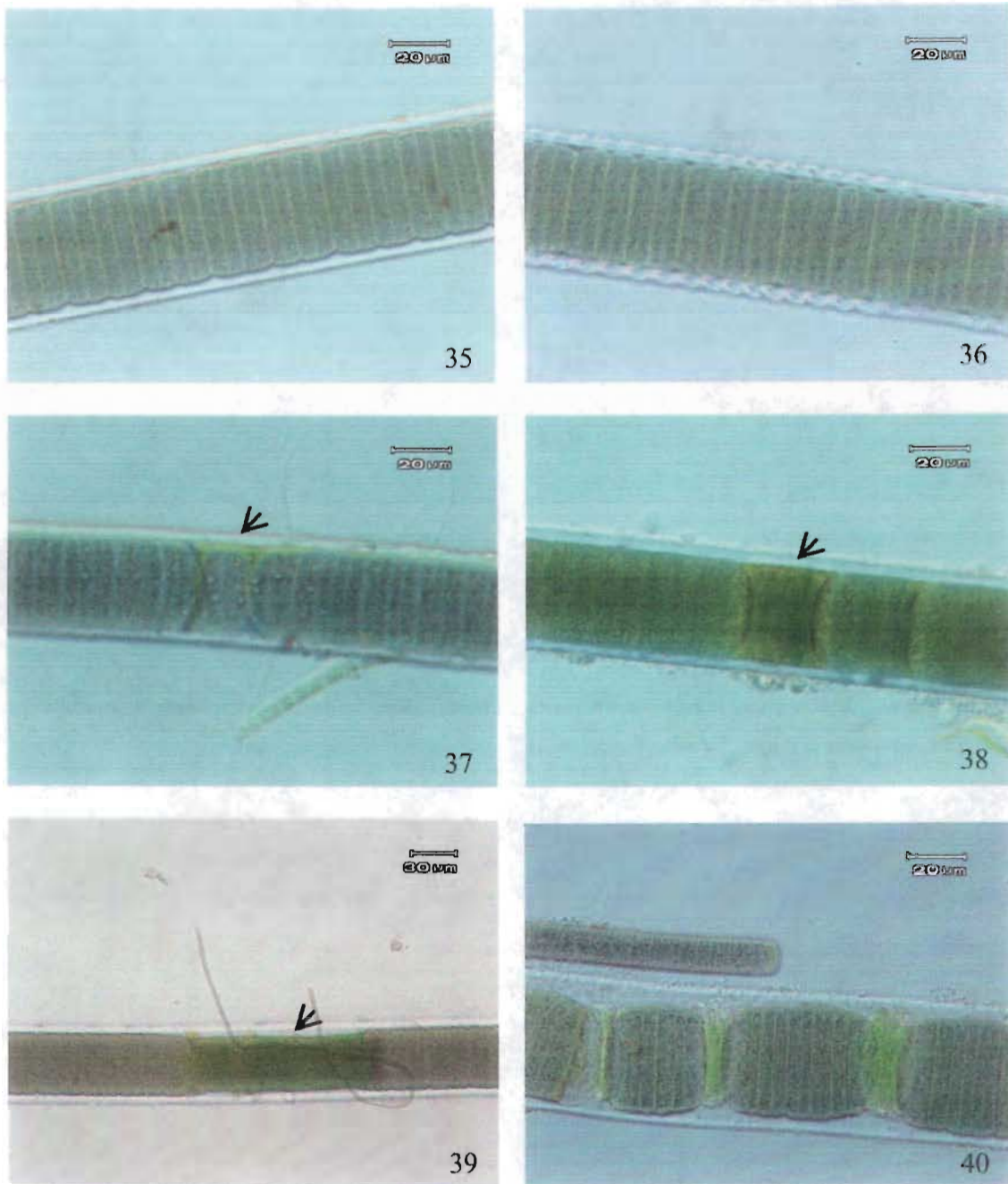




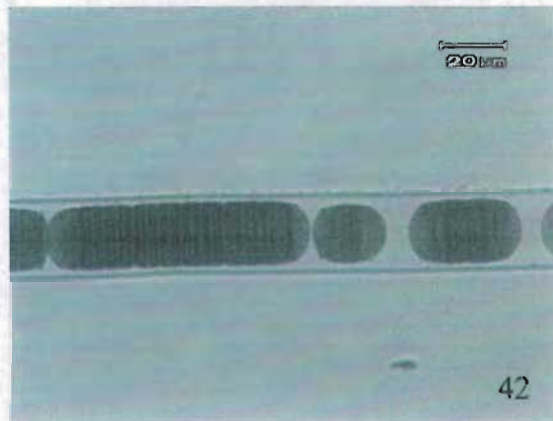
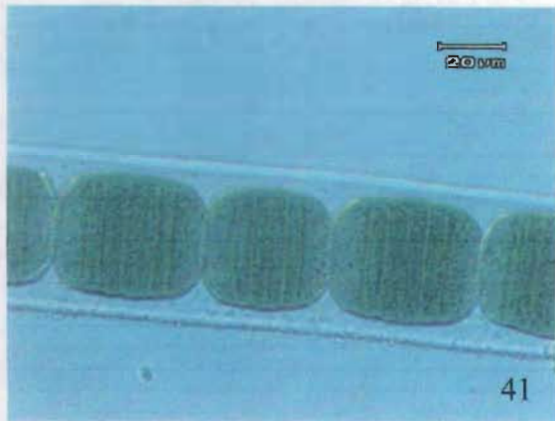
**Figs 23-28.** Caracteres morfológicos y morfométricos de *Blennothrix ganeshii* en las poblaciones del grupo 3. 23) Formación de hormogonios (FCME BALE s/n). 24) Desintegración del tricoma por medio de hormogonios (FCME BALE s/n). 25-26) Crecimiento de los hormogonios paralelamente al tricoma original (FCME PA3880, FCME BALE s/n). 27) Célula vacía (punta de flecha) (FCME BALE s/n). 28) Vaina teñida con azul-alciano (punta de flecha) (FCME PA3707).



**Figs 29-34.** Caracteres morfológicos y morfométricos de material vivo de *Blennothrix* cf. *ganeshii* en la población de Tzindejéh (grupo 4) (FCME PA4209). 29) Crecimientos en forma de matas (punta de flecha). 30) Matas compuestas de filamentos de color azul-verde entrelazados con un estado Chantransia (punta de flecha). 31-32) Filamentos con ramificaciones falsas de tipo *Coleodesmium*. 33) Célula apical. 34) Remanentes de las paredes de las células necridiales (punta de flecha).



**Figs 35-40.** Caracteres morfológicos y morfométricos de material vivo de *Blennothrix* cf. *ganeshii* en la población de Tzindejéh (grupo 4) (FCME PA4209). 35) Vaina firme. 36) Constricción de la vaina. 37-39) Formación de células necridiales (punta de flecha). 40) Formación de hormogonios.



**Figs 41-42.** Caracteres morfológicos y morfométricos de material vivo de *Blennothrix* cf. *ganeshii* en la población de Tzindejéh (grupo 4) (FCME PA4209). 41) Formación de hormogonios. 42) Desintegración del tricoma por medio de hormogonios.

**Tabla 3.** Características físicas y químicas de ríos que presentan poblaciones de agua dulce del género *Blennothrix* de la región central de México. Las mediciones de profundidad corresponden al máximo valor registrado.

Población y fecha de colecta	Temperatura (°C)	pH	Conductividad específica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Profundidad (cm)	Sombreado <sup>a</sup>	Velocidad de corriente <sup>b</sup>	Substrato <sup>c</sup>	Especies epífitas y asociadas
1. Las Playitas 12.v.1997	24.7	7.0	420	50	A,B	Baja	2	<i>Thorea hispida</i> (Thore) Desvaux, <i>Cladophora</i> sp.
2. Río Frio 12.v.1997	25.9	7.0	368	20	C	Baja	2	<i>T. hispida</i> , <i>Cladophora</i> sp.
3. Puente de Dios 10.i.1998	26.7	7.0	1438	15	C	Intermedia	1	<i>Xenococcus willei</i> Garder, <i>Stichosiphon sansibaricu</i> (Hieronimus) Drouet et Daily, <i>Hildenbradia angolensis</i> Welwitsch ex Westr & West, <i>Vaucheria</i> sp.
4. Micos 08.xii.1999	26.5	7.5	655	25	B,C	Intermedia	1	<i>X. willei</i> , <i>Chara</i> sp., <i>T. hispida</i>
5. Tambaque 07.xii.1999	23.6	7.5	702	10	B	Baja	2	<i>X. willei</i> , <i>T. hispida</i> , <i>Spirogyra</i> sp.
6. La Garita 07.xii.1999	23.5	7.5	714	30	C	Baja	1,2	<i>Cladophora</i> sp.
7. Tzindejéh 17.xi.1994	33.0	7.5	649	5	B	Alta	2	Estado "Chantransia"
8. Los Manantiales 15.v.2001	28.9	7.0	1530	20	B,C	Baja	1, 3	<i>Chamaecalyx swirenkoi</i> (Sirsov) Komárek et Anagnostidis, <i>Xenococcus bicudo</i> Montejano, Gold et Komárek, <i>Chara canescens</i> Loiseleus-Deslongchamps, <i>Vaucheria</i> sp.
9. Tzindejéh 2 05.vii.2004	32.0	7.1	796	30	B	Alta	1	Estado "Chantransia", <i>Lyngbya</i> sp.

<sup>a</sup> A = abierto, B = parcialmente sombreado, C = sombreado.

<sup>b</sup> Velocidad de corriente: baja =  $0.1-35 \text{ cm s}^{-1}$ ; intermedia =  $35-60 \text{ cm s}^{-1}$ ; alta =  $60-198 \text{ cm s}^{-1}$ .

<sup>c</sup> 1 = predominantemente roca emergente, 2 = predominantemente canto rodado, 3 = predominantemente troncos de árboles.

s/n = sin número

## 2. Microhábitat y variación morfológica

Las características ambientales y de composición química de los sitios de estudio se encuentran resumidas en la Tabla 4. Los cinco sitios en donde se registró la presencia de *Blennothrix ganeshii* (Manantiales, Tambaque, Micos, Puente de Dios y Tzindejéh) fueron de agua dulce ( $0.4\text{-}2.3\text{ g l}^{-1}$  Sólidos Disueltos Totales), con pH que va de circumneutro a ligeramente alcalino ( $7.1\text{-}7.8$ ); una temperatura relativamente elevada ( $20.3\text{-}33.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), conductividad específica ( $617\text{-}3000\text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ ) y oxígeno disuelto ( $7.0\text{-}8.8\text{ mg l}^{-1}$ ) altos, mineralización moderada a elevada ( $11\text{-}47\text{ meq l}^{-1}$ ) y alcalinidad total de  $131\text{-}250\text{ mg l}^{-1}$ . La proporción de Redfield (NID:FSR), mostró una limitación por fósforo ( $\text{P-PO}_4=0.005\text{-}0.03\text{ mg l}^{-1}$ ) (STEINMAN & MULHOLLAND 1996). Los primeros cuatro sitios presentaron una dominancia de calcio/sulfato, mientras que el quinto sitio (Tzindejéh), presentó una dominancia de sodio/bicarbonato. No se registró ninguna diferencia significativa entre la composición química de los primeros cuatro sitios (Manantiales, Tambaque, Micos y Puente de Dios) y el sitio 6 (Santa Anita). El sitio 7 (Xilitla) presentó menor temperatura ( $16.0\text{-}19.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), oxígeno disuelto elevado ( $10.2\text{ mg l}^{-1}$ ), menor contenido iónico ( $6\text{ meq l}^{-1}$ ) y una dominancia de calcio/bicarbonato. Una alta concentración de sílice disuelto ( $8\text{-}70\text{ mg Si-SiO}_2\text{ l}^{-1}$ ) registró en todos los sitios de estudio. Los valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto obtenidos a partir del análisis de microhábitat fueron muy similares a los datos obtenidos a partir del registro de la composición fisico-química del agua de las localidades (Tablas 4, 5).

### 2.1. Comparación de características entre poblaciones

Algunas diferencias significativas fueron encontradas entre los cuadrantes “presencia” y “ausencia”: profundidad en los cuadrantes del sitio 4 (Puente de Dios) ( $F = 2.2, p < 0.05$ ), radiación incidente en los cuadrantes del sitio 3 (Micos) ( $F = 6.7, p < 0.01$ ), y substrato predominante (arcilla) en los cuadrantes del sitio 1 (Manantiales) ( $F = 1.0, p < 0.01$ ).

Las características del microhábitat de los cuadrantes muestreados con presencia de algas se resumen en la Tabla 5 y la Fig. 43. La velocidad de corriente varió

significativamente entre los cuadrantes del sitio 1 y los cuadrantes de los sitios 2 y 3 ( $F = 1.2 - 31.2, p < 0.05$ ), con los menores valores registrados en el sitio 1 ( $3 - 23 \text{ cm s}^{-1}$ ) y los mayores en el sitio 3 ( $7 - 124 \text{ cm s}^{-1}$ ). La variación en la profundidad fue significativamente diferente entre los cuadrantes del sitio 2 y los cuadrantes de los sitios 1, 3 y 4 ( $F = 2.5-6.0, p < 0.001$ ), con los menores valores en los cuadrantes del sitio 4 (1-15 cm) y los mayores valores en los cuadrantes del sitio 2 (26-54 cm). La radiación incidente varió significativamente entre los cuadrantes de los sitios 2 y 3 ( $F = 16.3, p < 0.001$ ), con los menores valores en el sitio 3 ( $0.04-6.1 \text{ } \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) y los mayores valores en el sitio 1 ( $24.8 - 1425.8 \text{ } \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Las variaciones en el sustrato predominante fueron muy amplias entre los distintos sitios de estudio: la arcilla fue el sustrato dominante en los cuadrantes del sitio 1 (Manantiales); los cantos rodados en los cuadrantes de los sitios 2 y 4 (Tambaque y Puente de Dios), y la grava en los cuadrantes del sitio 3 (Micos).

El porcentaje de cobertura porcentual, las variables morfométricas y la amplitud del nicho de las cuatro poblaciones se resumen en la Tabla 6 y Figs 44-45. El ANOVA no reveló ninguna diferencia significativa para el porcentaje de cobertura porcentual entre las cuatro poblaciones (promedio = 20.5-28.5). Se obtuvieron diferencias significativas altas ( $F = 1.1-530.8, p < 0.05$ ) para la longitud del filamento en todos los sitios de estudio, con los menores valores en la población del sitio 3 (promedio = 2.2 cm) y los mayores en la población del sitio 1 (promedio = 4.7 cm). Se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones de los sitios 2 y 4 ( $F = 2.1, p < 0.05$ ) en el diámetro del filamento, con los menores valores en la población del sitio 4 (promedio = 55.0  $\mu\text{m}$ ) y los mayores valores en la población del sitio 2 (promedio = 59.2  $\mu\text{m}$ ). La anchura del tricoma varió significativamente entre la población del sitio 4 y las poblaciones de los sitios 2 y 3 ( $F = 1.1, p < 0.05$ ), con los menores valores en la población del sitio 4 (promedio = 39.5  $\mu\text{m}$ ) y los mayores valores en la población del sitio 2 (promedio = 42.7  $\mu\text{m}$ ). El espesor de la vaina registró diferencias significativas en las poblaciones de todos los sitios ( $F = 1.2-5.7, p < 0.05$ ), excepto entre poblaciones de los sitios 3 y 4, con los menores valores en la población del sitio 3 (promedio = 4.7  $\mu\text{m}$ ) y los mayores valores en la población del sitio 2 (promedio = 6.6  $\mu\text{m}$ ). La longitud de las células varió significativamente entre la población

del sitio 1 y las poblaciones de los sitios 2, 3 y 4 ( $F = 1.9-2.7$ ,  $p < 0.05$ ), con los menores valores en la población del sitio 1 (promedio =  $3.5 \mu\text{m}$ ) y los mayores valores en las poblaciones de los sitios 2, 3 y 4 (promedio =  $4.2 \mu\text{m}$ ). Para el número de ramificaciones falsas en un filamento se registraron diferencias significativas entre las poblaciones de los sitios 2 y 4 ( $F = 1.0$ ,  $p < 0.05$ ), con los menores valores en la población del sitio 4 (promedio =  $0.4$ ) y los mayores valores en la población del sitio 1 (promedio =  $1.7$ ). El número de hormogonios en un filamento registró diferencias significativas entre las poblaciones del sitio 2 y las poblaciones de los sitios 1, 3 y 4 ( $F = 5.0-27.3$ ,  $p < 0.05$ ), con los menores valores en la población del sitio 2 (promedio =  $5.1$ ) y los mayores valores en las poblaciones de los sitios 1,3 y 4 (promedio =  $15.4-19.8$ ). Algunas diferencias significativas fueron encontradas en el número de especies epífitas en un filamento entre las poblaciones de los sitios 1 y 2 ( $F = 1.1$ ,  $p < 0.05$ ), con los menores valores en la población del sitio 1 (promedio =  $2.4$ ) y los mayores valores en la población del sitio 2 (promedio =  $3.9$ ). Los valores de amplitud del nicho fueron relativamente altos en las poblaciones de los sitios 1 y 2 ( $B_A = 0.73-0.77$ ), las poblaciones de los sitios 3 y 4 mostraron valores bajos ( $B_A = 0.24-0.39$ ) (Tabla 6).

## 2.2. Características de las poblaciones individuales

Los valores obtenidos a partir del Coeficiente de correlación  $r$  de Pearson se presentan en las Tablas 7 y 8. En la población del sitio 1, la velocidad de corriente estuvo negativamente correlacionada con el número de especies epífitas en un filamento ( $r = 0.73$ ,  $p < 0.05$ ). La radiación incidente estuvo positivamente correlacionada con el diámetro del filamento y la anchura del tricoma ( $r = 0.83-0.88$ ,  $p < 0.05$ ). El substrato predominante (arena) estuvo positivamente correlacionado con el espesor de la vaina ( $r = 0.71$ ,  $p < 0.05$ ) y negativamente correlacionado con el número de hormogonios ( $r = 0.68$ ,  $p < 0.05$ ). Las variables morfométricas presentaron las siguientes correlaciones: el diámetro del filamento estuvo positivamente correlacionado ( $r = 0.88$ ,  $p < 0.05$ ) con la anchura del tricoma y el espesor de la vaina estuvo negativamente correlacionado ( $r = 0.63$ ,  $p < 0.05$ ) con el número de hormogonios en un filamento.



En la población 2, la radiación incidente estuvo positivamente correlacionada ( $r = 0.64, p < 0.05$ ) con el número de ramificaciones falsas en un filamento. Entre las variables morfométricas, se encontró la siguientes correlación: el diámetro del filamento estuvo positivamente correlacionado ( $r = 0.77, p < 0.05$ ) con la anchura del tricoma.

En la población del sitio 3, la profundidad estuvo negativamente correlacionada ( $r = 0.67-0.68, p < 0.05$ ) con la longitud celular y el porcentaje de cobertura. El substrato predominante (grava) estuvo correlacionado positivamente ( $r = 0.78, p < 0.05$ ) con la longitud celular y negativamente correlacionado ( $r = 0.65, p < 0.05$ ) con el número de especies epífitas en un filamento. Se encontró una correlación positiva ( $r = 0.93 p < 0.05$ ) entre el diámetro del filamento y el anchura del tricoma, así como una correlación negativa ( $r = 0.73, p < 0.05$ ) entre la longitud celular y el número de especies epífitas en un filamento.

En la población del sitio 4, la velocidad de corriente se encontró correlacionada negativamente ( $r = 0.72-0.78, p < 0.05$ ) con la longitud y el diámetro del filamento, así como con la anchura del tricoma y el número de especies epífitas en un filamento. La profundidad estuvo negativamente correlacionada ( $r = 0.75-0.86, p < 0.05$ ) con el número de especies epífitas en un filamento y el porcentaje de cobertura. La radiación incidente estuvo positivamente correlacionada ( $r = 0.70-0.97, p < 0.05$ ) con el diámetro del filamento, la anchura del tricoma, el número de especies epífitas en un filamento y el porcentaje de cobertura. El substrato predominante (roca emergente) estuvo positivamente correlacionado ( $r = 0.74, p < 0.05$ ) con la longitud del filamento. Entre las variables morfométricas, se encontraron las siguientes correlaciones: la longitud del filamento estuvo positivamente correlacionada ( $r = 0.65-0.72, p < 0.05$ ) con el número de ramificaciones falsas y el número de especies epífitas en un filamento. El diámetro del filamento estuvo positivamente correlacionado ( $r = 0.63-0.95, p < 0.05$ ) con la anchura del tricoma, la longitud celular y el número de especies epífitas en un filamento. El espesor de la vaina estuvo positivamente correlacionado ( $r = 0.73, p < 0.05$ ) con el número de hormogonios en un filamento. La anchura del tricoma estuvo positivamente correlacionado ( $r = 0.67-79, p < 0.05$ ) con la longitud celular y el número de especies epífitas en un filamento. El

número de ramificaciones falsas en un filamento estuvo positivamente correlacionado ( $r = 0.70, p < 0.05$ ) con el número de especies epífitas presentes en un filamento.

Un alto número de especies epífitas (6-11) fue registrado en todos los sitios de estudio, con algunas especies en común: *Terpsinoë musica*, *Chamaecalyx swirenkoi*, *Xenococcus willei*, estado “Chantransia” (3 sitios), *Chamaesiphon confervicolus*, y *Compsogon coeruleus* (2 sitios) (Tabla 5).

**Tabla 4.** Características climáticas y químicas de los sitios de muestreo. Las medidas representan el intervalo, media y desviación estándar.

Localidades y ubicación	Altitud (m s.n.m.)	Clima	Precipitación (mm al año)	Temperatura (°C)	Sumatoria de iones (meq l <sup>-1</sup> )	Dominancia iónica	pH	SDT (g l <sup>-1</sup> )	K <sub>25</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	OD (mg l <sup>-1</sup> )	NID (mg l <sup>-1</sup> )	FSR (mg l <sup>-1</sup> )
<b>Sitio 1</b> Manantiales 18° 55' N 96° 00' O	800	A w <sub>0</sub> (w)	800-1000	29.0-29.7 29.3±0.03	47	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >Na <sup>+</sup> >K <sup>+</sup>	7.1-7.7 7.4±0.3	1.51-1.60 1.55±0.06	1703-1763 1727±31	7.8	0.032-203 135±117	0.01-0.03 0.02±0.01
<b>Sitio 2</b> Tambaque 21° 41' N 99° 02' O	150	(A) C (m) (w)	1500	22.5-24.4 23.5±0.9	28	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >Na <sup>+</sup> >K <sup>+</sup>	7.3-7.7 7.5±0.2	0.46-1.64 1.21±0.65	674-2360 1568±847	8.3-8.5 8.4±0.1	152-344 237±98	0.007-0.016 0.01±0.004
<b>Sitio 3</b> Micos 22° 05' N 99° 09' O	120	(A) C (m) (w)	1500	20.3-24.3 22.5±2.0	20	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >Na <sup>+</sup> >K <sup>+</sup>	7.2-7.8 7.5±0.3	0.49-0.77 0.66±0.15	704-948 844±125	8.4-8.8 8.6±0.2	139-196 173±30	0.005-0.014 0.01±0.004
<b>Sitio 4</b> Puente de Dios 21° 55' N 99° 24' O	450	(A) C (m) (w)	1500	23.2-26.5 25.0±1.6	38	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >Cl <sup>-</sup> >CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >Na <sup>+</sup> >K <sup>+</sup>	7.6-7.7 7.6±0.05	0.64-2.32 1.51±0.84	908-3000 1885±1052	8.2-8.8 8.5±0.4	131-195 161±32	0.007-0.020 0.012±0.007
<b>Sitio 5</b> Tzindejéh 19° 49' N 100° 40' O	796	B s <sub>1</sub> k w	3.3-66.3	32-33 32.5±0.7	11	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> >CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup>	7.1-7.5 7.3±0.2	0.44	617-618 617.5±0.7	7.0	203-206 204±2	0.024-0.025 0.024±0.0007
<b>Sitio 6</b> Santa Anita 21° 58' N 99° 11' O	160	(A) C (m) (w)	1500	24.6	28	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >Na <sup>+</sup> >K <sup>+</sup>	6.7-7.0 6.8±0.1	0.88-1.01 0.96±0.07	1032-1209 1125±88	6.2-8.2 7.2±1.4	181-271 217±47.9	0.007-0.018 0.010±0.005
<b>Sitio 7</b> Xilitla 21° 23' N 98° 58' O	465	(A) C (m) (w)	1500	16.0-19.8 17.9±2.6	6	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >Na <sup>+</sup> >K <sup>+</sup>	7.8-8.0 7.9±0.1	0.19-0.22 0.20±0.02	269-400 334±92	10.2	102-137 119±23	0.007-0.010 0.008±0.002

SDT = Sólido disuelto total, K<sub>25</sub> = Conductividad específica, OD = Oxígeno disuelto, NID = Nitrógeno inorgánico disuelto, FSR = Fósforo soluble reactivo.

A w<sub>0</sub> (w) = Húmedo tropical, inviernos secos (% de lluvia invernal menor de 5), (A) C (m) (w) = Semihúmedo tropical, inviernos secos (% de lluvia invernal entre 5 y 10.2), B s<sub>1</sub> k w = Seco semicálido con lluvias en verano.

**Tabla 5.** Características de los sitios de estudio donde fue realizado el análisis de microhábitat. Las medidas representan el intervalo, media y desviación estándar.

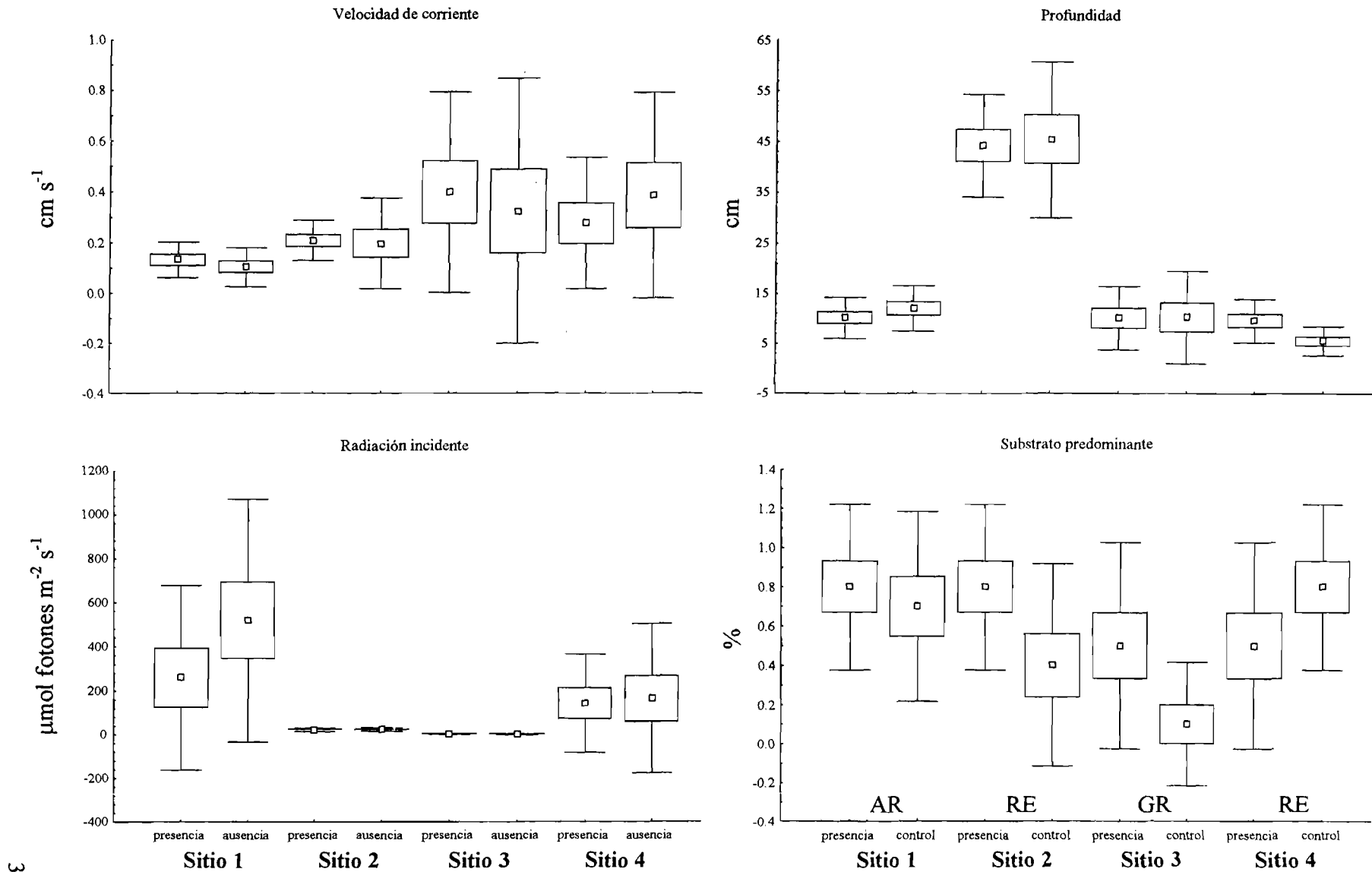
Localidades y fecha de colecta	T (°C)	Conductividad específica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	pH	Oxígeno disuelto ( $\text{mg l}^{-1}$ )	Velocidad de corriente * ( $\text{cm s}^{-1}$ )	Profundidad* (cm)	Radiación incidente * ( $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Substrato (%)	Algas epifitas
<b>Sitio 1</b> Manantiales 15.v.01	29.5	1900	7.0	8.1	3 - 23 $13.1 \pm 7.0$	5 - 17 $10.1 \pm 4.1$	24.8 - 1425.8 $258.8 \pm 419.3$	AR=66 GR=16 AN= 8 RE= 8	<i>Chamaecalyx swirenkoi</i> , <i>Xenococcus bicudoii</i> , <i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg, <i>Eunotia</i> sp., <i>Fragilaria</i> sp., <i>Gomphonema</i> sp.
<b>Sitio 2</b> Tambaque 07.xi.02	22	410	7.2	8.2	3 - 31 $20.8 \pm 7.9$	26 - 54 $44.2 \pm 10.1$	16.1 - 41.8 $22.2 \pm 7.8$	RE=72 GR=18 AN= 9	<i>Chamaesiphon confervicolus</i> A. Braun., <i>Xenococcus willei</i> , <i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i> , <i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg, <i>Eunotia</i> sp., <i>Audouinella meiospora</i> (Skuja) Garbary, estado <i>Chantransia</i> , <i>Compsopogon coeruleus</i> (C. Agardh) Montagne
<b>Sitio 3</b> Micos 08.xi.02	23	545	6.9	8.8	7 - 124 $39.8 \pm 39.4$	1 - 20 $10.1 \pm 6.3$	0.04 - 6.1 $3.3 \pm 1.9$	GR=29 AN=23 AR=23 RE=11 MA=11	<i>Chamaecalyx swirenkoi</i> , <i>Xenococcus willei</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Synedra ulna</i> (Nitzsche) Ehrenberg var. <i>ulna</i> , <i>Terpsinoë musica</i> , <i>Audouinella meiospora</i> , estado <i>Chantransia</i> , <i>Compsopogon coeruleus</i>
<b>Sitio 4</b> Puente de Dios 09.xi.02	22.5	653	6.8	8.2	1 - 72 $27.6 \pm 25.7$	1 - 15 $9.6 \pm 4.3$	4.7 - 617.3 $143.4 \pm 224.3$	RE=35 AN=21 CR=21 GR=14 AR= 7	<i>Chamaecalyx swirenkoi</i> , <i>Chamaesiphon confervicolus</i> , <i>Xenococcus willei</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i> , <i>Gomphonema</i> sp., <i>Surirella linearis</i> W. Smith, <i>Synedra ulna</i> var. <i>ulna</i> , <i>Terpsinoë musica</i> , <i>Audouinella</i> sp., estado <i>Chantransia</i>

Tabla 5. (Continuación).

Localidades y fecha de colecta	T (°C)	K <sub>25</sub> (μS cm <sup>-1</sup> )	pH	Oxígeno disuelto (mg l <sup>-1</sup> )	Velocidad de corriente * (cm s <sup>-1</sup> )	Profundidad* (cm)	Radiación incidente * (μmol fotones m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Substrato (%)	Algas epífitas
<b>Sitio 5</b> Tzindejéh 05.vii.04	32	796	7.1	7	30 - 190 106±48	9 - 30 17.9±6.5	9.4 - 2378 597.1±828.9	RE=100	---
<b>Sitio 6</b> Santa Anita	25	1508	7.9	5	110	---	67.2	---	---
<b>Sitio 7</b> Xilitla	18.9	388	7.9	4.4	0	---	52.9	---	---

Los sitios 1-5 presentan crecimientos de *Blennothrix ganeshii*, mientras que los sitios 6 y 7 carecen de ellos.

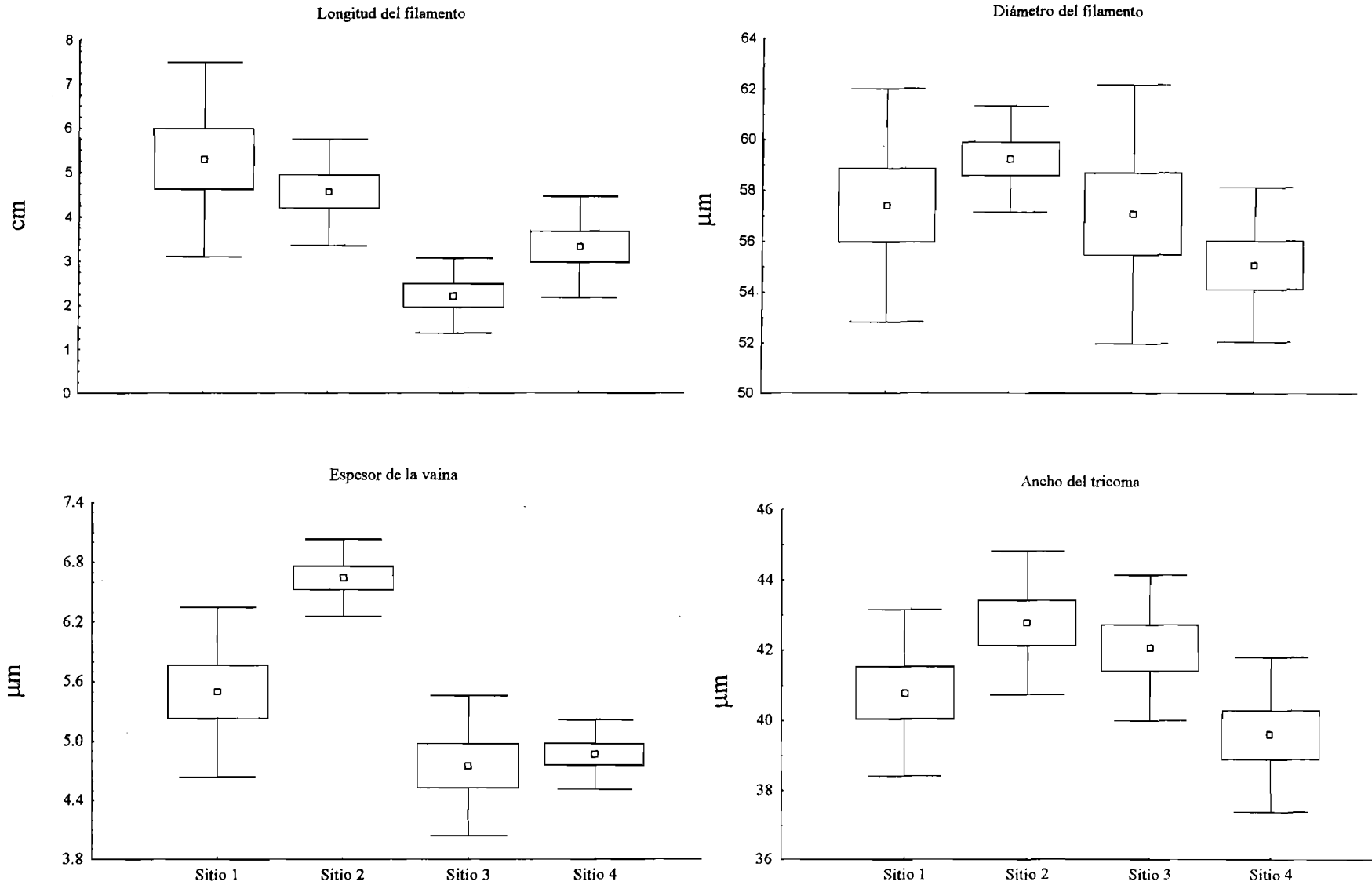
Abreviaciones: T = temperatura, K<sub>25</sub> = conductividad específica, AR = arcilla, GR = grava, AN = arena, RE = roca emergente, MA = macrófitas, CR = canto rodado, --- = ausencia de algas epífitas. \*Los valores representan mínimo, máximo, media y desviación estándar, calculados de las mediciones tomadas en los cuadrantes con *B. ganeshii*. (n = 10).



**Fig. 43.** Valores de velocidad de corriente, profundidad, irradiancia y substrato predominante (AR=arcilla, RE=roca emergente y GR=grava) (promedio  $\pm$  desviación estándar) para las poblaciones de *Blennothrix* dentro de los cuadrantes (presencia y control) en los cuatro sitios estudiados. (n cuadrantes, n=10). Numeración de los sitios de acuerdo a la Tabla 2.

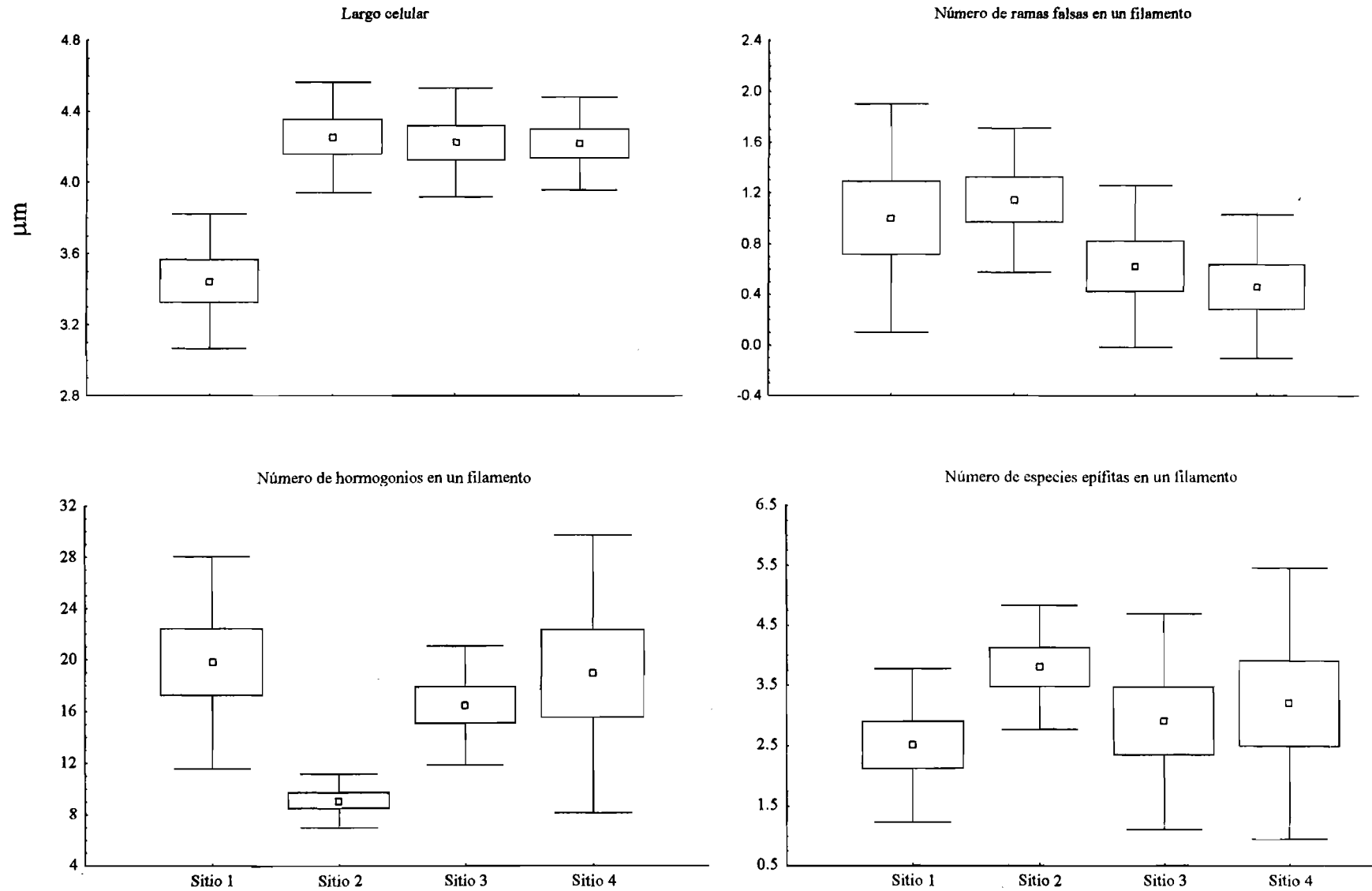
**Tabla 6.** Abundancia, variables morfométricas (intervalo, media  $\pm$  desviación estándar) y amplitud del nicho para las cuatro poblaciones de *Blennothrix ganeshii* dentro de los cuadrantes en los sitios de estudio.

	Poblaciones			
	Sitio 1 Manantiales	Sitio 2 Tambaque	Sitio 3 Micos	Sitio 4 Puente de Dios
Abundancia, porcentaje de cobertura (%)	5 - 40 20.5 $\pm$ 12.1	5 - 85 28.5 $\pm$ 23.9	1 - 90 26.2 $\pm$ 29.9	1 - 100 20.7 $\pm$ 31.6
Longitud del filamento(cm)	2.0- 15.0 4.7 $\pm$ 1.9	1.3 - 7.5 4.5 $\pm$ 1.2	0.4 - 4.4 2.2 $\pm$ 0.8	1.0 - 7.5 3.3 $\pm$ 1.1
Diámetro del filamento ( $\mu$ m)	41.9 - 76.0 58.2 $\pm$ 3.9	40.7 - 75.4 59.2 $\pm$ 2.0	29.2 - 83.0 57.0 $\pm$ 5.0	44.0 - 85.7 55.0 $\pm$ 3.0
Anchura del tricoma ( $\mu$ m)	31.6 - 51.8 41.1 $\pm$ 2.1	34.5 - 50.0 42.7 $\pm$ 2.0	36.0 - 54.0 42.0 $\pm$ 2.0	32.0 - 48.1 39.5 $\pm$ 2.2
Espesor de la vaina ( $\mu$ m)	2.4 - 10.0 5.7 $\pm$ 0.8	3.7 - 13.1 6.6 $\pm$ 0.3	0.05 - 14.5 4.7 $\pm$ 0.7	1.5 - 8.0 4.8 $\pm$ 0.3
Longitud celular ( $\mu$ m)	2.5 - 6.0 3.5 $\pm$ 0.1	2.5 - 6.2 4.2 $\pm$ 0.2	2.0 - 6.7 4.2 $\pm$ 0.3	1.7 - 6.7 4.2 $\pm$ 0.2
Número de ramificaciones falsas en un filamento	0 - 6 1.7 $\pm$ 2.9	0 - 4 1.1 $\pm$ 0.5	0 - 3 0.6 $\pm$ 0.6	0 - 6 0.4 $\pm$ 0.5
Número de hormogonios en un filamento	4 - 49 19.8 $\pm$ 8.2	2 - 27 5.1 $\pm$ 4.3	0 - 54 15.4 $\pm$ 6.6	0 - 52 18.9 $\pm$ 10.7
Número de especies epifitas en un filamento	1 - 5 2.4 $\pm$ 1.2	3 - 6 3.9 $\pm$ 1.1	1 - 7 2.8 $\pm$ 1.7	1 - 6 3.0 $\pm$ 2.2
Amplitud del nicho ( $B_A$ )	0.73	0.77	0.39	0.24



39 **Fig. 44.** Longitud y diámetro del filamento, espesor de la vaina y anchura del tricoma (promedio  $\pm$  desviación estándar) para las poblaciones de *Blennothrix ganeshii* en los cuatro sitios de estudio. (n réplicas, n =20).





**Fig. 45.** Longitud celular, número de ramas falsas en un filamento, número de hormogonios en un filamento y número de especies epífitas en un filamento para las poblaciones de *Blennothrix ganeshii* en los cuatro sitios de estudio. ( $n_{\text{réplicas}}$ ,  $n=20$ ).

**Tabla 7.** Coeficiente de correlación  $r$  de Pearson entre variables ambientales y caracteres morfológicos y morfométricos para las muestras pertenecientes a los cuatro sitios de estudio con presencia de *Blennothrix ganeshii*.  $p < 0.05$ ,  $n = 10$

Variables	“versus”	Caracteres	1 Manantiales	2 Tambaque	3 Micos	4 Puente de Dios
Velocidad de corriente	vs.	longitud del filamento	0.05	0.22	-0.05	<b>-0.78*</b>
		diámetro del filamento	0.55	-0.02	-0.15	<b>-0.72*</b>
		espesor de la vaina	-0.16	-0.45	0.33	0.20
		anchura del tricoma	0.57	0.26	-0.25	<b>-0.74*</b>
		longitud celular	0.18	-0.39	-0.16	-0.51
		número de ramificaciones	0.20	0.55	0.23	-0.52
		número de hormogonios	0.10	-0.53	-0.06	0.30
		número de spp epífitas	<b>-0.73*</b>	-0.29	0.20	<b>-0.75*</b>
		porcentaje de cobertura	-0.32	-0.21	-0.43	-0.55
		Profundidad	vs.	longitud del filamento	0.11	-0.16
diámetro del filamento	0.33			0.23	-0.45	-0.43
espesor de la vaina	0.27			0.16	-0.28	-0.06
anchura del tricoma	0.30			0.23	-0.31	-0.54
longitud celular	0.04			-0.16	<b>-0.67*</b>	0.07
número de ramificaciones	0.24			0.06	-0.29	-0.29
número de hormogonios	-0.32			-0.38	-0.48	0.45
número de spp epífitas	-0.50			0.33	0.12	<b>-0.75*</b>
porcentaje de cobertura	-0.10			0.50	<b>-0.68*</b>	<b>-0.86*</b>
Radiación incidente	vs.			longitud del filamento	-0.08	0.57
		diámetro del filamento	<b>0.83*</b>	0.22	-0.11	<b>0.70*</b>
		espesor de la vaina	-0.25	0.22	-0.08	-0.03
		anchura del tricoma	<b>0.88*</b>	0.35	-0.19	<b>0.72*</b>
		longitud celular	0.39	0.10	0.14	0.19
		número de ramificaciones	-0.31	<b>0.64*</b>	0.24	0.51
		número de -hormogonios	0.56	-0.12	-0.13	-0.54
		número de spp epífitas	-0.40	-0.34	-0.17	<b>0.76*</b>
		porcentaje de cobertura	-0.32	-0.27	-0.01	<b>0.97*</b>
		Substrato	vs.	longitud del filamento	0.24	-0.26
diámetro del filamento	-0.48			0.03	0.25	0.21
espesor de la vaina	<b>0.71*</b>			-0.32	0.18	-0.13
anchura del tricoma	-0.29			0.14	0.02	0.21
longitud celular	0.29			-0.38	<b>0.78*</b>	0.50
número de ramificaciones	0.59			0.04	0.50	0.56
número de hormogonios	<b>-0.68*</b>			-0.46	0.33	0.08
número de spp epífitas	0.21			0.15	<b>-0.65*</b>	0.19
porcentaje de cobertura	0.57			0.21	0.45	-0.08

\* = estadísticamente significativo

**Tabla 8.** Coeficiente de correlación  $r$  de Pearson entre caracteres morfológicos y morfométricos para las muestras pertenecientes a los cuatro sitios de estudio con presencia de *Blennothrix ganeshii*.  $p < 0.05$ ,  $n=10$

Caracteres	Caracteres	1 Manantiales	2 Tambaque	3 Micos	4 Puente de Dios	
Longitud del filamento	diámetro del filamento	-0.32	-0.43	0.42	0.59	
	espesor de la vaina	0.05	-0.01	0.20	0.23	
	anchura del tricoma	-0.03	-0.18	0.31	0.57	
	longitud celular	0.24	0.33	0.54	0.54	
	número de ramificaciones	0.53	0.58	-0.13	<b>0.72*</b>	
	número de hormogonios	0.22	0.31	0.27	0.05	
	número de spp epífitas	0.34	-0.39	-0.50	<b>0.65*</b>	
Diámetro del filamento	espesor de la vaina	0.13	0.06	0.33	-0.12	
	anchura del tricoma	<b>0.88*</b>	<b>0.77*</b>	<b>0.93*</b>	<b>0.95*</b>	
	longitud celular	0.56	-0.24	0.55	<b>0.63*</b>	
	número de ramificaciones	-0.33	0.20	-0.38	0.38	
	número de hormogonios	0.25	-0.21	0.21	-0.28	
	número de spp epífitas	-0.57	-0.15	-0.59	<b>0.69*</b>	
	Espesor de la vaina	anchura del tricoma	0.16	0.08	0.28	-0.20
longitud celular		0.33	0.41	0.32	-0.15	
número de ramificaciones		0.40	-0.47	0	-0.06	
número de hormogonios		<b>-0.63*</b>	0.19	0.05	<b>0.73*</b>	
número de spp epífitas		-0.03	-0.11	-0.35	-0.10	
Anchura del tricoma		largo celular	0.47	-0.48	0.37	<b>0.67*</b>
		número de ramificaciones	-0.01	0.26	-0.59	0.41
	número de hormogonios	0.22	-0.33	0.11	-0.34	
	número de spp epífitas	-0.49	-0.11	-0.47	<b>0.79*</b>	
	Longitud celular	número de ramificaciones	-0.13	-0.01	0.04	0.35
número de hormogonios		0.37	0.56	0.59	-0.09	
número de spp epífitas		0.05	-0.21	<b>-0.73*</b>	0.39	
Número de ramificaciones	número de hormogonios	-0.41	-0.24	-0.11	-0.14	
	número de spp epífitas	-0.21	-0.25	0.20	<b>0.70*</b>	
Número de hormogonios	número de spp epífitas	0.07	-0.35	-0.16	-0.31	

\* = estadísticamente significativo

### 3. Descripción de las poblaciones en la región central de México

*Blennothrix ganeshii* Watanabe & Komárek Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. B. 15: 74, 1989. (Figs 11-28)

Alga macroscópica violeta-café formando matas de filamentos con uno a dos, raramente tres tricomas y ramificaciones falsas de tipo *Coleodesmium*, poco frecuentes. Filamentos de 0.4-15 cm de longitud y 29.2-85.7  $\mu\text{m}$  de diámetro; anchura del tricoma de 31.6-54.0  $\mu\text{m}$ . Células de 1.7-6.7  $\mu\text{m}$  de longitud; células apicales achatadas y ligeramente redondeadas, algunas veces con pared celular algo gruesa, sin caliptra, pero ocasionalmente con remanentes de células necridiales en la pared del hormogonio. Vaina firme e incolora de 0.05-14.5  $\mu\text{m}$  de espesor, usualmente lamelada y con lamelación transversal debido a la constricción en el eje longitudinal, particularmente en la parte terminal de la vaina; de la superficie de la vaina se desprenden capas. Los tricomas se desintegran en hormogonios con un número diferente de células por medio de células necridiales y son producidos ya sea en la parte terminal de los tricomas o por la desintegración del tricoma completo; los hormogonios son liberados de las vainas, o bien crecen paralelos o perpendiculares dentro de la vaina madre.

*Blennothrix* cf. *ganeshii* (Figs 29-42)

Alga macroscópica azul-verde formando matas de filamentos entrelazados con un estado Chantransia; con uno o dos tricomas y ramificaciones falsas de tipo *Coleodesmium*, poco frecuentes. Filamentos de 0.4-4.5 cm de longitud y 32.4-57.1  $\mu\text{m}$  de diámetro; anchura del tricoma de 22.3-43.9  $\mu\text{m}$ . Células de 2.2-4.8  $\mu\text{m}$  de longitud; células apicales achatadas y ligeramente redondeadas, sin caliptra, pero ocasionalmente con remanentes de células necridiales en la pared del hormogonio. Vaina firme e incolora de 1.2-6.7  $\mu\text{m}$  de espesor, usualmente lamelada y con lamelación transversal debido a la constricción en el eje longitudinal, particularmente en la parte terminal de la vaina. Los tricomas se desintegran en hormogonios con un número diferente de células por medio de células necridiales y son producidos ya sea en la parte terminal de los tricomas o por la desintegración del tricoma

completo; los hormogonios son liberados de las vainas por uno de los extremos del filamento o bien crecen paralelos o perpendiculares dentro de la vaina madre.

Ecología: Constituye un componente común en la región central de México en ríos de agua dulce de primer orden que presentan las siguientes características: clima que va de húmedo tropical con inviernos secos < 5% [A w0 (w)], semihúmedo tropical con inviernos secos 5-10.2% [(A) C (m) (w)] a seco semicálido con lluvias en verano [B s<sub>1</sub> k w]; vegetación constituida por selva baja caducifolia, selva alta perennifolia y por diferentes asociaciones vegetales (bosques de encino, pino y oyamel) (GARCÍA 1973, SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO 1981, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA 1985, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA 1992, HERNÁNDEZ-CERDA & CARRASCO-ANAYA 2004); temperatura elevada (20.3-33.0 °C); pH de circumneutral a ligeramente alcalino (6.8-7.9); conductividad específica moderada a relativamente elevada para aguas dulces (368-3000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) y oxígeno disuelto alto (7.0-8.8  $\text{mg l}^{-1}$ ).

*B. ganeshii* se encuentra bajo un amplio intervalo de condiciones microambientales: profundidad (1–54 cm), radiación incidente (0.04-1425.8  $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), velocidad de corriente (3-124  $\text{cm s}^{-1}$ ) y tipo de substrato (arcilla, grava, arena, rocas emergentes, macrófitas y cantos rodados). Sin embargo, nuestros resultados sugieren que la siguiente combinación de características en el microhábitat son las más favorables para el desarrollo de esta especie en los ríos muestreados: moderada velocidad de corriente, baja a media profundidad, baja radiación incidente, y arcilla, grava y roca emergente como substrato.

Las poblaciones examinadas son (la numeración corresponde a la Tabla 2 y Fig. 1): (1) Tamaulipas, Ciudad Mante, Las Playitas, coll. J. Carmona, 12.v.1997 (FCME PA3707); (2) Río Frío, coll. J. Carmona, 12 v.1997 (FCME PA3717); (3) San Luis Potosí, Tamasopo, Puente de Dios, coll. E. Cantoral, 10.i.1998 (FCME PA3780); (4) Valles, Micos, coll. Y. Beltrán, 08.xii.1999; (5) Aquismón, Tambaque, coll. M. Ramírez, 07.xii.1999 (FCME PA3874); (6) La Garita, coll. M. Ramírez, 07.xii.1999 (FCME PA3880); (7 y 9) Hidalgo, Ixmiquilpan, Tzindejéh, coll. J. Carmona, 17.xi.1994 (FCME

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir del estudio de la morfometría nos indican la formación de cuatro grupos distintos: uno donde se ubica la especie tipo de *B. fontana* (grupo 1), otro donde se encuentra la especie tipo de *B. ganeshii* (grupo 2), uno más que agrupa siete poblaciones de la región central de México (grupo 3) y el último que contiene a las dos poblaciones de Tzindejéh (grupo 4). Todo ello nos lleva a dos posibles respuestas:

a) La primera, que los grupos 2, 3 y 4 pertenecen a *B. ganeshii* y que los factores ambientales podrían explicar la variación morfométrica. Por ejemplo, las poblaciones del grupo 4 se registraron en el sitio que presentó la mayor velocidad de corriente, la cual puede tener un efecto negativo sobre las dimensiones celulares (longitud y diámetro del filamento, anchura del tricoma y espesor de la vaina).

Los grupos 3 y 4 presentaron traslapes en color, número de tricomas en un filamento, diámetro del filamento y espesor de la vaina con la descripción de *Blennothrix fontana*. Sin embargo, ésta última presenta tricomas entrelazados, vaina mucilaginosa sin constricciones y anchura del tricoma considerablemente menor (KOMÁREK 1998). Con respecto a la coloración, observamos que una misma población puede presentar distintas tonalidades. Tal variación puede ser atribuida a una posible adaptación cromática como respuesta al amplio gradiente de luz a la que está expuesta ( $0.04-1425.8 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). De acuerdo con PALINSKA *et al.* (1996), la amplia diversidad morfológica observada en cianoprocaritas tanto en la naturaleza como en cultivos no necesariamente refleja diversidad genética.

b) La segunda respuesta es que los caracteres morfométricos del grupo 4 corresponden a una especie nueva. Esto podría indicarnos la presencia de especies crípticas, es decir, poblaciones que han sido identificadas bajo el mismo nombre utilizando criterios fenéticos y han resultado ser diferentes a nivel molecular (CASAMATTA *et al.* 2003); por lo cual es necesario incorporar otras fuentes de información de tipo fisiológico y molecular.

Dos rasgos morfológicos importantes fueron observados en todas las poblaciones. Primeramente, las ramificaciones no se presentan frecuentemente y varían en número de 1 a 2 ramas por filamento (raramente 3), y segundo, la presencia de lamelación transversal que desprende capas de la superficie de la vaina (Figs 13, 14 y 19). La presencia de uno a cuatro tricomas por filamento ha sido reportado como un carácter taxonómico importante para esta especie (WATANABE & KOMÁREK 1989). No es común que se presenten ramificaciones falsas, en general sólo un tricoma está presente en cada filamento, lo que la asemeja al género *Lyngbya* (WATANABE & KOMÁREK 1989). Algunas ramas fueron encontradas en ciertos filamentos donde se encontraban presentes dos a tres tricomas, confirmando la determinación de las poblaciones como miembros del género *Blennothrix*.

Las poblaciones mexicanas de *B. ganeshii* se encuentran ampliamente distribuidas en la región central de México, abarcando cuatro estados de la República (Morelos, Hidalgo, Tamaulipas, y San Luis Potosí), dos cuencas hidrológicas (Balsas y Pánuco) y veinticuatro localidades, para los cuales ha sido reportada en trabajos anteriores (GOLD-MORGAN *et al.* 1994, MONTEJANO *et al.* 1993, GOLD-MORGAN *et al.* 1996, VALADEZ-CRUZ 1996, MONTEJANO *et al.* 2000, MONTEJANO-ZURITA *et al.* 2004, CARMONA *et al.* 2005). Esta amplia distribución es el principal motivo por el cual tanto sus características climáticas como su vegetación varían notablemente. No obstante, todos los sitios con crecimientos de *Blennothrix ganeshii* en la región central de México se caracterizan por la presencia de aguas cálidas (20.3-33.0°C), dulces, con pH circumneutral a ligeramente alcalino (6.8-7.9), moderados a relativamente altos valores de conductividad (368-3000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), profundidades bajas (1-54 cm), y un amplio intervalo de velocidades de corriente (3-124  $\text{cm s}^{-1}$ ), radiación incidente (0.04-1425.8  $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y tipos de sustratos (arcilla, grava, arena, rocas emergentes, macrófitas, cantos rodados y troncos de árboles). De la información ambiental reportada anteriormente para esta especie se tiene que la especie tipo se encontró sobre un sustrato rocoso y en un ambiente con valores de pH (8.0) similares a los registrados en la región central de México, no obstante los datos de temperatura del agua fueron más bajos (17°C) (WATANABE & KOMÁREK 1989), mientras que la población de *B. ganeshii* ubicada en Brasil presentó factores ambientales muy similares a los descritos en el presente trabajo (aguas duras, temperatura del

agua=23.3±1.3°C, radiación incidente en un día nublado o parcialmente nublado=300±190  $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  y velocidad de corriente=26±10  $\text{cm s}^{-1}$ ) (NECCHI 2004).

En los sitios con *B. ganeshii* se encontraron especies asociadas que han sido descritas para ambientes calcáreos de regiones tropicales o subtropicales del mundo y en las cuales se ha reconocido una amplia variación morfométrica, entre las que se encuentran: *Hildenbrandia angolensis*, *Thorea hispida* y *Xenococcus willei* (MONTEJANO *et al.* 2000, CARMONA & NECCHI 2001, CARMONA *et al.* 2002, CARMONA *et al.* 2004).

De los resultados obtenidos a partir del análisis de microhábitat se tiene que los sitios de estudio 1 a 4 (Manantiales, Tambaque, Micos y Puente de Dios) corresponden a ambientes de aguas duras de regiones tropicales con una composición química similar. El sitio 5 (Tzindejéh), también con presencia de crecimientos de *B. ganeshii* aunque con dimensiones menores, registró condiciones químicas distintas a las de los primeros cuatro sitios, presentando valores inferiores de sulfatos y conductividad específica. La ausencia de *B. ganeshii* en el sitio 6 (Santa Anita) no se debe a una cuestión química, ya que comparte la misma química del agua que los sitios 1-4. Los bajos valores de conductividad y proporción de sulfatos registrada en el sitio 7 (Xilitla) podrían influir en la ausencia de *Blennothrix* en el mismo. Tomando en cuenta los datos anteriores, es factible considerar que la conductividad específica y la dominancia de sulfatos en el medio pudieran ser un factor que determina la presencia de *B. ganeshii* en los cuerpos de agua; resultando en un crecimiento inconspicuo en el sitio 5 (Tzindejéh) y la ausencia del mismo en el sitio 7 (Xilitla). Sin embargo, esta variación en la presencia de crecimientos con base a la química del agua necesita ser resuelta por medio de la elaboración de cultivos, en donde se pruebe el efecto de distintos medios de cultivo (p.e. diferentes concentraciones de sulfatos) sobre la morfología de esta especie.

*Blennothrix ganeshii* se encuentra bajo un amplio intervalo de condiciones microambientales: profundidad (1–54 cm), radiación incidente (0.04-2378  $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), velocidad de corriente (3-190  $\text{cm s}^{-1}$ ) y tipo de substrato (arcilla, grava, arena,



rocas emergentes, macrófitas y cantos rodados). El escaso número de diferencias significativas encontradas entre los cuadrantes presencia y ausencia confirman la capacidad de *B. ganeshii* para adaptarse a distintas condiciones microambientales. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que la siguiente combinación de características en el microhábitat son las más favorables para el desarrollo de esta especie en los ríos muestreados: moderada velocidad de corriente, baja a media profundidad, baja radiación incidente y arcilla, grava y roca emergente como substrato. Los datos microambientales registrados en las poblaciones de la región central de México concuerdan con la información sobre radiación incidente ( $300 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y velocidad de corriente ( $26 \text{ cm s}^{-1}$ ) descritas para la misma especie en Brasil (NECCHI 2004).

Se observó que la velocidad de corriente tiene un efecto sobre ciertos caracteres morfométricos (longitud y diámetro de los filamentos y anchura del tricoma), mayores dimensiones se presentan en sitios con baja a media velocidad de corriente ( $\leq 31 \text{ cm s}^{-1}$ ) y dimensiones pequeñas en sitios con alta velocidad de corriente ( $\geq 72 \text{ cm s}^{-1}$ ). De acuerdo con la literatura, varias poblaciones de algas filamentosas de ríos han resultado ser variables bajo diferentes situaciones de corriente de agua: *Phormidium tenue* (MENGHINI) GOMONT (Cyanophyceae), *P. retzii* GOMONT (Cyanophyceae), *Schizotrix fasciculata* (NÄGELI) GOMONT (Cyanophyceae), *Batrachospermum delicatum* (SKUJA) NECCHI & ENTWISLE (Rhodophyceae) (NECCHI 1997), *Stigeoclonium helveticum* VISCHER (Chlorophyceae) (BRANCO & NECCHI 1998), *Composopogon coeruleus* (BALBIS) MONTAGNE (Rhodophyceae) (NECCHI et al. 1999), *Nitella subglomerata* A. BRAUN (Chlorophyceae) (MCINTIRE 1964, ROTT & PFISTER 1988, ZANINI-BRANCO et al. 2001, VIEIRA & NECCHI 2002). Por otro lado, la vaina firme presente en *Blennothrix ganeshii* podría reducir el flujo directo del agua y el efecto de rompimiento; presentando un comportamiento similar al de los filamentos de Batrachospermaceae (Rhodophyceae) (SHEATH & HAMBROOK 1988). La variación de los caracteres morfométricos evaluados en el análisis del microhábitat concuerda con los resultados obtenidos a partir del análisis de "Taxonomía y distribución".

*B. ganeshii* puede ser considerada como una especie particularmente adaptada a bajas intensidades lumínicas (promedio  $\leq 258.8 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Continuamente se

encuentra en ambientes que cuentan con alta cobertura de vegetación y a pesar de que recibe radiaciones incidentes que sobrepasan  $1000 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  su duración es de sólo breves segundos. WHITTON y POTTS (2000) encontraron que varias Oscillatoriaceae están adaptadas a crecer bajo intensidades de luz bajas. La presencia de vegetación riparia explica la baja variación en la radiación incidente ( $0.04\text{-}41.8 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) registrada en los sitios 2 y 3 y la alta variación de la radiación incidente encontrada ( $4.7\text{-}1425.8 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en los sitios 1 y 4, donde ha sido encontrada una correlación positiva entre los altos valores de radiación incidente y algunos caracteres morfométricos (diámetro del filamento y anchura del tricoma), morfológicos (número de ramificaciones falsas por filamento y número de especies epífitas por filamento) y la cobertura porcentual. Algunas matas endolíticas de cianoprocarotas son capaces de evadir los altos niveles de radiación incidente a través de la migración de los tricomas dentro o fuera de la vaina de una manera diurna. Este mecanismo podría explicar la presencia de nuestras poblaciones en sitios con una elevada variación de la radiación incidente, así como la correlación positiva entre el substrato predominante (arcilla) y el espesor de la vaina. La correlación positiva encontrada entre el substrato predominante (roca emergente) y la longitud del filamento pudiera ser explicada por su capacidad de crecer en texturas rugosas (calizas), las cuales favorecen su adherencia al substrato (DUDLEY & D'ANTONIO 1991). Sin embargo, esta población se desarrolla en una variedad de substratos, incluyendo la posibilidad de crecer enredada en macrófitas.

Constituye un componente importante de las matas de cianoprocarotas ya que puede funcionar como substrato para otras especies de algas. La amplitud del nicho ( $0.24\text{-}0.77$ ) registrada en los sitios de muestreo puede caracterizar a *B. ganeshii* como una especie generalista, con un amplio intervalo de tolerancia para una variedad de condiciones microambientales; similar a otras especies de ecosistemas lóticos: *Batrachospermum macrosporum* ( $0.74$ ), *Batrachospermum delicatulum* ( $0.44\text{-}0.64$ ), estado Chantrya de *Batrachospermum* spp. ( $0.19\text{-}0.62$ ) (NECCHI 1997), *Stigeoclonium helveticum* ( $0.65\text{-}0.84$ ) (ZANINI-BRANCO & NECCHI 1998), *Compsopogon coeruleus* ( $0.70\text{-}0.83$ ) (NECCHI *et al.* 1999), *Chara guairensis* ( $0.60\text{-}0.99$ ), *Nitella subglomerata* ( $0.74\text{-}0.89$ ), *Nitella* sp. ( $0.76$ ) (VIEIRA & NECCHI 2002).

La variación en las condiciones del microhábitat reportada en este trabajo contribuye a su amplia distribución en los ríos de la región central de México, tanto espacial –es una especie bien representada y extensamente distribuida en dos cuencas hidrológicas-, así como estacionalmente –puede encontrarse a lo largo de todo el año- (VALADEZ *et al.* 1996, MONTEJANO *et al.* 2000, CARMONA *et al.* 2005). La información acerca de la distribución ecológica de las especies complementa el conocimiento taxonómico con datos acerca de los requerimientos de *Blennothrix ganeshii*, situación que es muy importante para la taxonomía del género. Sin embargo, se observan variaciones tanto en la composición físico-química como en los caracteres morfométricos que necesita ser resuelta por medio de cultivos y estudios fisiológicos.

## CONCLUSIONES

La valoración y análisis de siete poblaciones con características adscritas al género *Blennothrix* permitió reconocer a *B. ganeshii* (WATANABE & KOMÁREK 1989, KOMÁREK 1998) y dos poblaciones por confrontar nombradas como *B. cf. ganeshii*. Los siguientes caracteres morfológicos fueron importantes para identificar las poblaciones a nivel genérico: presencia obligatoria de vainas con uno a varios tricomas, abertura apical de la vaina, forma discoidal de las células, división centripeta y en secuencias rápidas de las mismas, formación de hormogonios con la ayuda de células necridiales y filamentos con ramificaciones falsas dispersas de tipo *Coleodesmium*. Los caracteres empleados para diferenciar nuestras poblaciones a nivel específico fueron: la presencia de tricomas que corren paralelos, vaina constreñida y el anchura del tricoma superior a 36  $\mu\text{m}$ . Los intervalos del diámetro del filamento, anchura del tricoma y espesor de la vaina registrados para *B. cf. ganeshii* no permitieron confirmar la identidad de esta especie. La longitud del filamento ( $> 6$  cm), anchura del tricoma ( $> 40$   $\mu\text{m}$ ), longitud celular ( $> 4$   $\mu\text{m}$ ) y la coloración violeta-café de las poblaciones mexicanas extienden la diagnosis de *B. ganeshii* y la confirman como la más robusta de las especies pertenecientes a este género.

Las poblaciones de *B. ganeshii* de la región central de México son las terceras descritas en el mundo (VALADEZ *et al.* 1996, KOMÁREK *et al.* 1996, MONTEJANO *et al.* 2000, NECCHI 2004, CARMONA *et al.* 2005), después de las poblaciones tipo ubicadas en Nepal (WATANABE & KOMÁREK 1989). Todos los sitios de estudio con presencia de crecimientos de *B. ganeshii*, presentaron características ambientales similares: temperatura elevada (20.3-33.0 °C), pH de circumneutral a ligeramente alcalino (6.8-7.9), moderados a relativamente altos valores de conductividad específica (368-3000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) y oxígeno disuelto altos (7.0-8.8  $\text{mg l}^{-1}$ ) y, a pesar de estar presente bajo un amplio intervalo de condiciones microambientales, los resultados obtenidos a partir del análisis del microhábitat sugieren que *B. ganeshii* se desarrolla preferencialmente bajo las siguientes características: moderada velocidad de corriente, baja a media profundidad, baja radiación incidente, y arcilla, grava y roca emergente como substrato.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la amplia variación registrada en algunas características morfométricas puede ser explicada por el efecto de ciertos factores ambientales; sin embargo, de acuerdo con la propuesta de KOMÁREK (1985, 1994) debe considerarse la necesidad de llevar a cabo estudios sobre la plasticidad fisiológica en cianoprocariontes, así como análisis moleculares que indiquen su afinidad genética.

## PERSPECTIVAS

Con base en los resultados obtenidos se plantean a futuro las siguientes líneas de investigación:

- Realizar análisis moleculares de las poblaciones de *Blennothrix ganeshii* de la región central de México con el fin de corroborar o enmendar su identidad taxonómica.
  
- Evaluar el efecto de la radiación incidente, el fotoperiodo, la temperatura y velocidad de corriente sobre la morfología, morfometría y fisiología (cambio en la concentración de pigmentos y registro de la eficiencia fotosintética) de *B. ganeshii*.
  
- Conocer el efecto de la fisico-química del agua sobre la fisiología de *B. ganeshii*. Este estudio tiene la finalidad de evaluar de qué manera afecta la concentración en el agua de iones como los sulfatos, sobre la distribución, presencia, permanencia, cobertura y fisiología de *B. ganeshii*; cómo es que esta alga regula los cambios estacionales en la concentración de iones disueltos en el medio; la influencia que ejercen los cambios en la química del agua sobre la proporción de materia orgánica y carbonatos; el tipo de estructura cristalina de carbonato de calcio que es precipitado por *Blennothrix*; la diversidad de especímenes mineralógicos que precipitan junto con el carbonato de calcio; las implicaciones de la precipitación de algún compuesto sobre la fisiología del alga; así como el tipo de depositación que ocurre en *B. ganeshii* (biogénica o mecánica).
  
- Determinar la presencia de algún tipo de actividad biológica en los filamentos de *B. ganeshii*, desde aleloquímicos hasta propiedades farmacológicas, mediante la realización de pruebas anti-inflamatorias, antivirales y antifúngicas. Con este estudio se pretende saber si *Blennothrix* contiene compuestos que presentan algún tipo de actividad biológica, tales como actividad anti-inflamatoria, antioxidante, contra patógenos, etc., que permitan no sólo determinar sus repercusiones a nivel fisiológico, sino también comprender su funcionamiento dentro del hábitat.

Los estudios anteriores pretenden incrementar el conocimiento biológico de las especies de algas que se encuentran en el país y, al mismo tiempo, tienen como objetivo diseñar una metodología que permita su extrapolación a otros grupos de algas con crecimiento visible de ambientes continentales, con la finalidad de emplear este conocimiento como base en trabajos enfocados en aspectos biotecnológicos y/o sobre el manejo y utilización sustentable del recurso.

## LITERATURA CITADA

ANAGNOSTIDIS, K. & KOMÁREK, J. (1985): Modern approach to the classification system of cyanophytes 1. Introduction. – *Arch. Hydrobiol./Algol. Stud.* **38/39**: 291-302.

ANAGNOSTIDIS, K. & KOMÁREK, J. (1988): Modern approach to the classification system of cyanophytes 3. Oscillatoriales. – *Arch. Hydrobiol./Algol. Stud.* **50/53**: 327-472.

ASTM (1989): *Annual Book at ASTM Standards*. Standards Worldwide, PA. USA.

BENNETT, A. & BOGORAD, L. (1973): Complementary chromatic adaptation in a filamentous blue-green alga. – *J. Cell Biol.* **58**:419-435.

CARMONA, J. (1997): Estudio florístico (taxonómico-ecológico-biogeográfico) de las rodófitas de agua dulce en la región central de México. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

CARMONA, J. & O. NECCHI JR. (2001): Systematics and distribution of freshwater *Thorea* (Batrachospermaceae, Rhodophyta) from central Mexico and southeastern Brazil. – *Phycol. Res.* **49**(3):231-240.

CARMONA-JIMÉNEZ, J., G. MONTEJANO-ZURITA & J. GONZALEZ-GONZALEZ. (2002): Taxonomía y distribución de *Hildenbrandia* Nardo, 1834 (Hildenbrandiales, Rhodophyta) de agua dulce en la región central de México. – *Hidrobiológica* **12**:7-14.

CARMONA-JIMÉNEZ, J., G. MONTEJANO-ZURITA & E.A. CANTORAL-URIZA. (2004): The distribution of Rhodophyta in streams of Central Mexico. – *Arch. Hydrobiol./Algol. Stud.* **114**:39-52.



CARMONA, J., Y. BELTRÁN-MAGOS, & L. COLLADO-VIDES. (2005): Taxonomy and distribution of freshwater *Blennothrix ganeshii* Watanabe & Komárek (Oscillatoriaceae, Cyanophyceae) from central Mexico. – *Nova Hedwigia* **80** (en prensa).

CASAMATTA, D.A., M.L. VIS & R.G. SHEATH. (2003): Cryptic species in cyanobacterial systematics: a case study of *Phormidium retzii* (Oscillatoriales) using RAPD molecular markers and 16S rDNA sequence data. – *Aquatic Botany* **77**:295-309.

CENTRO ESTATAL DE ESTUDIOS MUNICIPALES DE MORELOS. (1988): *Los municipios de Morelos*. – 137 pp., Secretaría de gobernación y Gobierno del Estado de Morelos. México.

COLES, J.F. & JONES, R.C. (2000): Effect of temperature on photosynthesis-light response and growth of four phytoplankton species isolated from a tidal freshwater river. – *J. Phycol.* **36**:7-16.

DE NICOLA, D.M., K. D. HOAGLAND & S. C. ROEMER. (1992): Influences of canopy cover on spectral irradiance and periphyton assemblages in a prairie stream. – *J.N. Amer. Benthol. Soc.* **11**: 391-404.

DE PHILIPIS R., C. SILI, R. PAPERI & M. VINCENZINI. (2001): Exopolysaccharide-producing cyanobacteria and their possible exploitation. A review.- *J. Appl. Phycol.* **13**: 293-299.

DUDLEY, T. L. & D'ANTONIO, C. M. (1991): The effects of substrate texture, grazing, and disturbance on macroalgal establishment in streams. – *Ecology* **72**(1):297-309.

EHLING-SCHULTZ, M. & SCHERER, S. (1999): UV Protection in Cyanobacteria. – *Eur. J. Phycol.* **34**:329-338.

FREMY, P. (1930): Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française. – *Arch. Bot.* **3**, mém. **2**: 1-508.

GARCIA, E. (1973): *Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. - 246 pp., Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

GEITLER, L. (1932): Cyanophyceae. – En: Rabenhorst's (Ed) : *Kryptogamen Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. – 1196 pp., Akademische Verlagsgesellschaft m.b.H, Leipzig.

GOLD-MORGAN, M., G.Z. MONTEJANO & J. KOMAREK. (1994): Freshwater epyphitic Cyanoprocaryotes from central Mexico. –*Arch. Protistenk.* **144**:383-405.

GOLD-MORGAN, M., G.Z. MONTEJANO & J. KOMAREK. (1996): Freshwater epyphitic Chamaesiphonaceae from central Mexico. –*Arch. Hydrobiol./Algol. Stud.* **83**:257-271.

GREENBERG, TRUSSELL & CLESCERI (1985): *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 16<sup>th</sup> ed. APHA, Washington, D.C.

HERNÁNDEZ-CERDA, M.E. & CARRASCO-ANAYA, G. (2004): Climatología. – En: Luna, I., Morrone, J.J. & Espinosa, D. (Eds): *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. – p. 63-108., Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

HOLMGREN, P. K., N. H. HOLMGREN & L. C. BARNETT (1990): *Index Herbariorum Part I. The Herbaria of the World*, 8<sup>th</sup> edition. –New York: New York Botanical Garden.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (1985): *Síntesis Geográfica del Estado de San Luis Potosí*. – 186 pp., Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI.), México.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (1992): *Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo*. – 134 pp., Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), México.

JOHANSSON, C. (1982): Attached algal vegetation in running waters of Jamtland, Sweden. – *Acta Phytogeogr. Suec.* 71:1-80.

KAEBERNICK, M. & ENHILAN, B.A. (2001): Ecological and molecular investigations of cyanotoxin production. – *FEMS Microbiology Ecology* 35:1-9.

KOMÁREK, J. (1985): Modern approach to the classification system of cyanophytes. 1- Introduction. – *Arch. Hydrobiol. /Algol. Stud.* 38/39: 291-302.

KOMÁREK, J. (1994): Current trends and species delimitation in cyanoprokaryote taxonomy. – *Arch. Hydrobiol. /Algol. Stud.* 75: 11-29.

KOMÁREK, J. (1998): Validity of the genus *Blennothrix* Kütz. 1843, and its position in the Oscillatoriacean cyanoprokaryotes. – *Anais IV Congreso Latino-Americano, II Reuniao Ibero-Americana y VII Reunião Brasileira. Conservação da biodiversidade e Novas Tecnologias: Promesas e Perigos* 1: 341-352.

KOMÁREK, J., G. MONTEJANO, M. GOLD-MORGAN & R. TAVERA. (1996): Taxonomic identity and distribution of tropical cyanoprokaryotes (Cyanophyta, Cyanobacteria): An example from central Mexico. – *Nova Hedwigia* 112: 49-54.

KOMÁREK, J., J. KOMÁRKOVÁ & H. KLING. (2003): Filamentous cyanobacteria. – En: Wehr, J.D. & Sheath, R.G. (Eds): *Freshwater Algae of North America*. – p. 117-196, Academic Press, London.

KREBS, C.J. (1989): *Ecological methodology*. - 654 pp., Harper & Row, New York.

LEE, R. E. (1980): *Phycology*. -478 pp., Cambridge University Press, U.S.A.

MCINTIRE, C.D. (1966): Some effects of current velocity on periphyton communities in laboratory streams. – *Hydrobiologia* 27:559-570.

MONTEJANO, G., M. GOLD & J. KOMÁREK. (1993): Freshwater epiphytic Cyanoprocaryotes from central Mexico. – *Arch. Protistenk.* 143:237-247.

MONTEJANO, G., J. CARMONA-JIMÉNEZ & E.A. CANTORAL-URIZA. (2000): Algal communities from calcareous springs and streams in La Huasteca, central México: A synthesis, - En: Munawar, M., S.G. Lawrence, I.F. Munawar y D.F. Malley (Eds): *Aquatic Ecosystems of México: Status and Scope*. – p. 135-149., Ecovision World Monograph Series. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.

MONTEJANO-ZURITA, G., E.A. CANTORAL-URIZA & J. CARMONA-JIMÉNEZ. (2004): Algas de ambientes lóticos en la cuenca baja del río Pánuco – En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinoza (Eds): *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. – p. 111-126., Las Prensas de Ciencias, México, D.F.

NECCHI JR., O. (1992): Macroalgae dynamics in a spring in São Paulo State, southeastern Brazil. – *Arch. Hydrobiol./Algol. Stud.* 124:489-499.

NECCHI JR., O. (1997): Microhabitat and plant structure of *Batrachospermum* (Batrachospermales, Rhodophyta) populations in four streams of São Paulo State, southeastern Brazil. – *Phycol. Res.* 45:39-45.

NECCHI JR., O. (2004): Light-related photosynthetic characteristics of lotic macroalgae. – *Hydrobiologia*. 525:139-155.

NECCHI JR., O., BRANCO, L.H.Z. & BRANCO, C.C.Z. (1995): Comparison of three techniques for estimating periphyton abundance in bedrock streams. – *Arch. Hydrobiol./Algol. Stud.* 134:393-402.

NECCHI JR., O., BRANCO, C.C.Z. & GOMES, R.R.V. (1999): Microhabitat and plant structure of *Compsopogon coeruleus* (Compsopogonaceae, Rhodophyta) populations in streams from São Paulo State, southeastern Brazil. – *Cryptogamie, Algologie* **20**(2):75-87.

PALINSKA, K. A., LIESACK, W., RHEL, E. & KRUMBEIN, W. E. (1996): Phenotype variability of identical genotypes: the need for a combined approach in cyanobacterial taxonomy demonstrated on *Merismopedia*-like isolates. – *Arch. Microbiol.* **166**:224-233.

PINEVICH, A., MATTHIJS, C.P., AVERINA, S.G. & GAVRILOVA, O.V. (1997): Picocyanophyte (cyanobacterium) from the boreal inland waters accumulates phycoerythrin as a major biliprotein. – *Arch. Hydrobiol./Algol. Stud.* **87**:99-108.

ROTT, E. & PFISTER, P. (1988): Natural epilithic algal communities in fast-flowing mountain streams and rivers and some man-induced changes. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **23**:1320-1324.

SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS. (1971): Jefatura de irrigación y control de ríos. Dirección de Hidrología, México. – *Bol. Hidrol.* **44**:(I-03.10).

SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. (1981): *Síntesis geográfica del Estado de Morelos*. - 110 pp., Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México.

SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. (1985): *Síntesis geográfica del Estado de México*. - 174 pp., Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México.

SHEATH, R. G. & HAMBROOK, J. A. (1988): Mechanical adaptations to flow in freshwater red algae. – *J. Phycol.* **24**:107-111.

SHEATH, R. G. & K. M. COLE. (1990): Differential alcian-blue staining in freshwater Rhodophyta. –*Brit. Phycol. Bull.* **25**: 281-285.

SOUTHWOOD, T. R. E. (1978): *Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations*. – 524 pp., Chapman and Hall, New York.

STEINMAN, A.D. & MULHOLLAND, P.J. (1996): Phosphorus limitation, uptake, and turnover in stream algae. - En: Hauer, F.R. & Lamberti, G.A. (Eds): *Methods in Stream Ecology*. – p. 161-189, Academic Press, San Diego, California; Academic Press Limited, London.

VALADEZ-CRUZ, F., CARMONA-JIMÉNEZ, J. & CANTORAL-URIZA, E.A. (1996): Algas de ambientes lóticos en el estado de Morelos, México. – *Anal. Inst. Biol. México, Ser. Bot.* **67**(2): 227-282.

VALENTIN, J. L. (2000): *Ecología numérica. Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. –Interciência, Rio de Janeiro.

VASILIEV, Y.M. & M.S. ARABADZHI. (1981): *Geología general e histórica*. – 404 pp., Editorial Mir. Moscú.

VIEIRA, JR.J. & NECCHI, JR.O. (2002): Microhabitat and plant structure of Characeae (Chlorophyta) populations in streams from São Paulo State, southeastern Brazil. - *Cryptogamie, Algologie* **23**(1):51-63.

WATANABE, M. & J. KOMÁREK. (1989): New *Blennothrix*-species (Cyanophyceae / Cianobacteria) from Nepal. –*Bull. Natl. Sci. Mus. Ser. B.* **15**(3): 67-79.

WHITTON, B.A. & POTTS, M. (2000): *The ecology of cyanobacteria. Their diversity in time and space*. - 699 pp., Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

WYMAN, M. & FAY, P. (1986): Underwater light climate and the growth and pigmentation of planktonic blue-green algae (Cyanobacteria). I. The influence of light quality. – *Proc. Roy. Soc. London B.* **227**:367-380.

YOUNG LEE, D. & YULL RHEE, G. (1999): Kinetics of growth and death in *Anabaena flos-aquae* (Cyanobacteria) under light limitation and supersaturation. – *J. Phycol.* **35**:700-709.

ZANINI-BRANCO, C.C. & NECCHI, JR. O. (1998): Microhabitat and morphometric variation of two Chaetophoracean (Chaetophorales, Chlorophyta) species in tropical streams of southeastern Brazil. – *Phycol. Res.* **46**: 169-174.

ZANINI-BRANCO, L.H., O. NECCHI JR. & C.C. Zanini-Branco. (2001): Ecological distribution of Cyanophyceae in lotic ecosystems of São Paulo State. – *Rev. Bras. Bot.* **24**(1):99-108.

**Taxonomy and distribution of freshwater *Blennothrix ganeshii* Watanabe et Komárek (Oscillatoriaceae, Cyanophyceae) from central Mexico**

by

Javier Carmona Jiménez<sup>1\*</sup>, Yenny Beltrán Magos and Ligia Collado-Vides<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias  
Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria  
A.P. 70-620, Coyoacán, 04510, México, D.F.

With 12 figures and 2 tables

Jiménez, J.C., Y.B. Magos & L. Collado-Vides (2005): Taxonomy and distribution of freshwater *Blennothrix ganeshii* Watanabe et Komárek (Oscillatoriaceae, Cyanophyceae) from central Mexico. - Nova Hedwigia 80: 323-333.

**Abstract:** The genus *Blennothrix* belongs to the family Oscillatoriaceae (subfamily Oscillatorioideae), differing from others in the subfamily by the presence of several trichomes in a sheath. Freshwater members of *Blennothrix* have been recently divided into eight species (Komárek 1998), with the taxon *B. ganeshii* Watanabe et Komárek reported from three sites in two tropical basins of the central region of Mexico. However, information on anatomical (vegetative and reproductive) characters and environmental distribution is scarce and species determination is uncertain. This study analyses the anatomical structure of *Blennothrix* populations distributed in different sites along the central tropical region of Mexico in order to determine the taxonomic status of the studied populations. Eight populations were sampled, with concurrent environmental data recorded. Morphological characters previously considered to be of taxonomic importance, as well as complementary features such as algal mat length, filament diameter, trichome width, length of cells, and thickness and shape of the sheath were measured in several filaments of each sample. Our results showed that all the observed populations in the central region of Mexico fit within the circumscription of *B. ganeshii* (Watanabe & Komárek 1989, Komárek 1998). However, two important morphological features were observed in all populations. First, branches were rarely present and varying in frequency from 1 to 3 trichomes per filament. Second, the presence of a transverse lamellation due to constriction in the longitudinal axis of the sheath was observed. Some morphological characters described for this species were extended.

**Key words:** *Blennothrix*, Cyanophyceae, Mexico, Oscillatoriaceae, springs, streams.

\* Author for correspondence, Fax: (52) 5622-4828; e-mail: jcyj@hp.fciencias.unam.mx



## Introduction

The freshwater and marine family Oscillatoriaceae is distinguished by: cylindrical trichomes with short, discoid cells; facultative or obligatory production of sheaths joined to the trichome, which are firm, sometimes slightly lamellated, containing one or more trichomes; filaments occasionally or obligately false-branched in ensheathed filaments; motile hormogonia or immotile hormocytes which develop by means of necridia formation (Anagnostidis & Komárek 1988). There are four distinguishable subfamilies within Oscillatoriaceae according to the frequency of false branching and filament morphology. The subfamily Oscillatorioideae Gomont is comprised of three well-characterized genera. The freshwater and marine genus *Blennothrix* (containing the former species of *Hydrocoleum* sine typo) differs from the other genera by the presence of several trichomes in a sheath. Freshwater members of *Blennothrix* have been recently divided into eight species (Komárek 1998).

*Blennothrix ganeshii* Watanabe et Komárek has been reported from Mexico, from three sites in the Balsas Basin (Valadez-Cruz et al. 1996). Montejano et al. (2000) listed this same species as a common component of the Mexican Tropical Panuco Basin. However, information on anatomical (vegetative and reproductive) characters and environmental distribution is scarce and the species determination is uncertain. The purpose of this study is to analyse the morphological structures of *Blennothrix* populations distributed in different environmental and geographic sites along the central tropical region of Mexico in order to characterize the degree of morphological plasticity and determine the taxonomical status of the studied populations.

## Material and methods

Eight populations of *Blennothrix ganeshii* were sampled from the central region of Mexico (18-23° N, 99-100° W) in altitudes from 30-800 m (Fig. 1). The samples were observed alive, preserved after 6 hrs in 4% formaldehyde and deposited in the herbarium FCME (Holmgren et al. 1990). Temperature, pH, depth and type of substratum were recorded at each sampling site (sensu Carmona 1997). Shading and current velocity were estimated for each sampling site following Johansson (1982) and De Nicola et al. (1992). Quantitative and qualitative morphological measurements were made in 20 replicated filaments; the number of replicates was determined using the equation:  $n = (s/Ex)^2$ , where  $s$  = standard deviation,  $E$  = predetermined standard error (in this case 0.05) and  $x$  = average (Southwood 1978). Staining was done with 0.3% Alcian-Blue in 3% acetic acid at pH 2.5 (Sheath & Cole 1990). A BX51 Olympus microscope equipped with a SC35 photomicrographic system was used for observations, measurements, and pictures of samples. In each filament characters previously considered to be of taxonomic importance at generic and specific levels in relevant studies were measured (Frémy 1930, Geitler 1932, Anagnostidis & Komárek 1988, Watanabe & Komárek 1989, Komárek 1998), as well as algal mat length, filament diameter, trichome width, branching and number of trichomes in a filament (generic level), length of cells and thickness and shape of the sheath. Associations among populations were determined by cluster analysis with the unweighted group average method and by principal coordinates analysis (PCO) from a standardized data matrix (Valentin 2000). The analyses were performed with the STATISTICA statistical package based on morphometric features (trichome width, filament diameter, sheath thickness and cellular length). To compare means among populations, one-way analysis of variance and Student's  $t$ -test were also calculated.

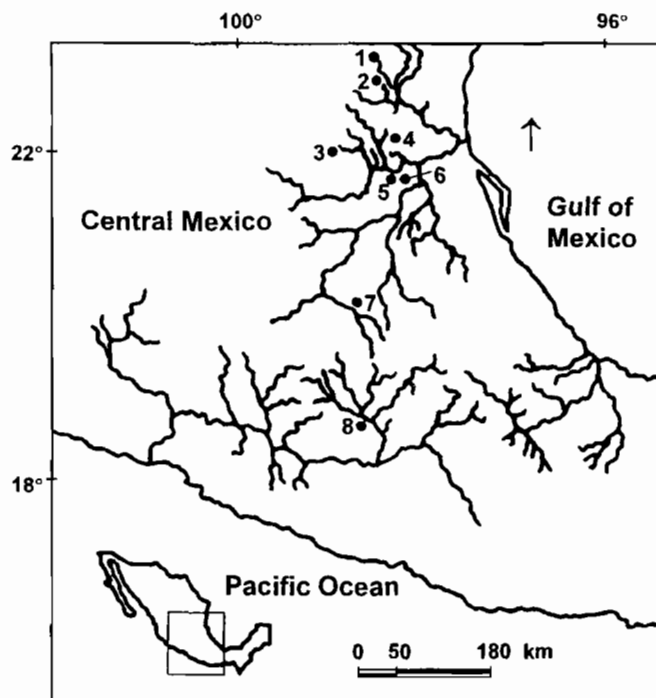


Fig. 1. Location of the study regions in Central Mexico with indications of the sites with freshwater populations of *Blennothrix ganeshii* (•).

## Results and discussion

### Morphological analysis

The cluster analysis and PCO show two distinct groups (Figs 2, 3). Group 1 contains seven populations with relatively large measurements often beyond the size range of previously described *B. ganeshii* and group 2 contains the Tzindejéh population, which has the smallest dimensions of trichome width, filament diameter and sheath thickness (Table 1). Analysis of variance and Student's *t*-tests were not significant in one or more characters ( $p < 0.05$ ). The general characteristics of our populations are: macroscopic violet-brownish algal mats growing on different substrates, mats composed of sparsely branched filaments with false branching (*Coleodesmium*-type) (Fig. 4). Filaments grew up to 10 cm long, and were more or less parallel. Cells had fine, homogeneously granular content and end cells were flattened and slightly rounded (Fig. 5), sometimes with slightly thicker outer cell wall, without calyptra, but occasionally with remains of necridic cell walls (Fig. 6). Sheaths were firm, colorless, usually lamellated; zones often occur with transverse lamellation due to constriction in the longitudinal axis, particularly at the ends of sheaths (Fig. 7). The lamellation in the outer sheath surface was characterized by several parallel layers which shed single layers and accumulate small detritus particles (Figs 8, 9). Trichomes

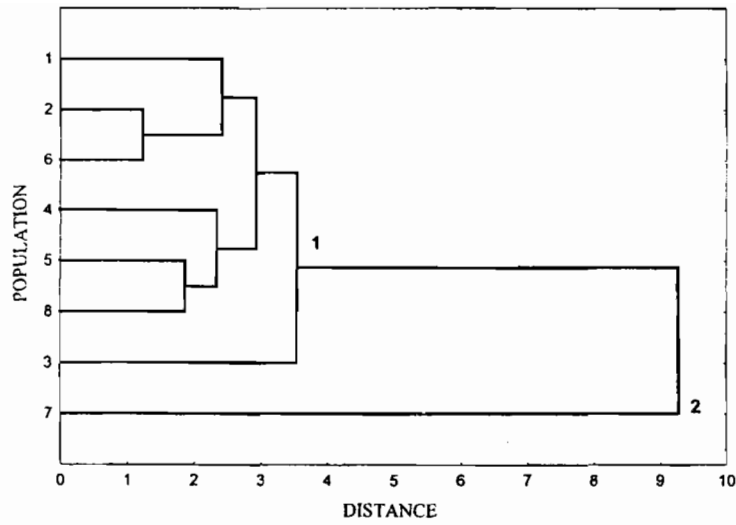


Fig. 2. Cluster diagram showing two groups of *Blennothrix* populations analysed. Group 1 contains seven populations and group 2 contain one population. The population numbers correspond to those shown in Table 1.

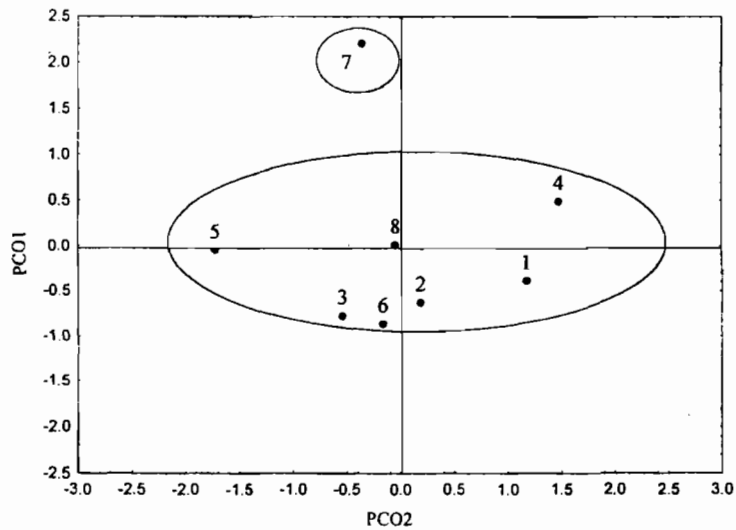
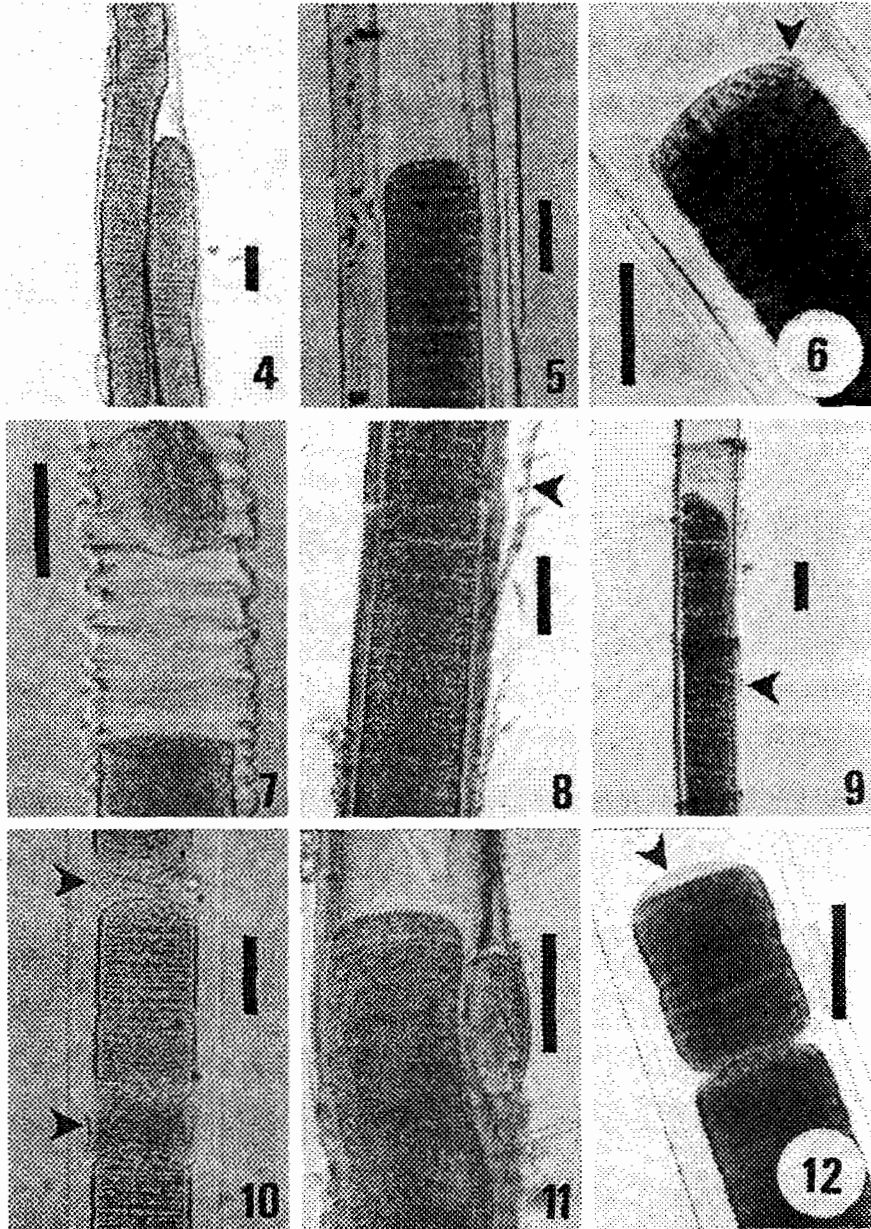


Fig. 3. Principal Coordinates Analysis (PCO) scatter plot of Mexican populations of freshwater *Blennothrix* showing two groups. The population numbers correspond to those shown in Table 1.

Table 1. Characteristics of freshwater populations of *Blennothrix* from S. China, Nepal and Central Mexico. Measurements are in micrometers (unless otherwise specified) and represent range, average and standard deviation.

Population	Thallus	Filament length (cm)	Trichome width	Trichome color	Number of trichomes in a filament	Filament diameter	Sheath thickness	Sheath	Cellular length
Holotype populations									
<i>B. fontana</i> S. China	Fasciculate	–	22-25	Blue-green	1-4	32-62	7-13	Gelatinizing, delimited	–
<i>B. ganeshii</i> Nepal	Fasciculate	6.0	32-40	Blue-green	1-4	46-100	-10 (12)	Firm, delimited	1.3-4.0
Mexican populations									
1.PA3707 Las Playitas	Fasciculate	7.0	37.5-48.7 44.7±2.3	Violet-brownish	1-2	55.0-68.0 61.1±3.8	3.2-8.2 6.0±1.2	Firm, lamellated	2.7-4.5 3.4±0.5
2.PA3717 Río Frío	Fasciculate	8.0	41.7-48.0 45.4±2.0	Violet-brownish	1-2	55.0-69.5 61.5±4.1	5.0-8.5 6.6±1.3	Firm, lamellated	3.0-4.5 3.6±0.4
3.PA3780 Puente de Dios	Fasciculate and mats	2.0	36.2-45.7 42.1±2.7	Violet-brownish	1-3	56.5-75.0 62.6±6.2	5.0-11.0 7.3±1.6	Firm, lamellated	2.7-5.0 3.6±0.5
4.PA3887 Micos	Fasciculate and mats	5.0	38.0-48.1 44.1±2.8	Violet-brownish	1-2	53.2-68.4 59.1±4.1	3.8-8.1 5.7±1.2	Firm, lamellated, calcificated	2.2-3.8 3.0±0.5
5.PA3874 Tambaque	Fasciculate	7.0	37.5-47.0 40.6±2.5	Violet-brownish	1-2	52.5-67.5 57.9±4.3	4.0-9.5 6.4±1.3	Firm, lamellated	3.0-6.7 4.1±0.8
6.PA3880 La Garita	Fasciculate	3.0	40.0-50.0 45.6±2.7	Violet-brownish	1-2	55.5-75.0 62.7±4.7	5.0-9.0 6.6±1.1	Firm, lamellated, calcificated	3.0-5.0 3.8±0.5
7.PA3554 Tzindejéh	Fasciculate	4.5	33.9-41.8 37.3±2.2	Violet-brownish	1-2	45.2-56.5 49.4±3.6	3.3-6.7 4.9±0.8	Firm, lamellated	2.2-4.5 3.3±0.6
8.BALE Los Manantiales	Fasciculate and mats	10	38.0-46.4 42.0±2.5	Violet-brownish	1-3	50.7-67.4 58.9±4.7	4.5-9.6 6.6±1.3	Firm, lamellated	2.5-4.3 3.4±0.4



disintegrated into hormogonia through production of several necridic cells (Fig. 10). Hormogonia were produced either from the terminal part of trichomes or by disintegration of the whole trichome. Each hormogonium formed its own sheath within the mother sheath and at first grew parallel to the original trichome. After formation of hormogonia, *Coleodesmium*-type false branching occurred or the hormogonia were liberated (Fig. 11). Sometimes the apical hormogonial cell was empty (Fig. 12). The sheath exhibited a strong staining with Alcian-Blue, evidence of the presence of sulphated polysaccharides (Figs 4, 8, 9) which have been found in other freshwater species of the Oscillatoriaceae (De Philippis et al. 2001).

Two important morphological features were observed in all populations. First, branches were rarely present and varied in frequency from 1 to 2 branches per filament (rarely 3). Second, the presence of transversely lamellated shedding layers at the surface of the sheath (Figs 8, 9). The presence of 1 to 4 trichomes per filament was reported as an important taxonomic character for this species (Watanabe & Komárek 1989). False branching was rare; in general only one trichome was present in each filament, resembling species of the genus *Lynghya*. Some branches were found in some filaments where two to three trichomes were present, confirming the determination of the population as members of the genus *Blennothrix*. All the observed populations (groups 1 and 2) in central Mexico fit within the species circumscription of *B. ganeshii* (Watanabe & Komárek 1989, Komárek 1998). Analysis of variance did not show significant separation of morphometric characters, and we conclude these analyses justify recognition of a single plastic species (Table 1). The variation in group 2 (population 7) might be explained by high current velocity (Table 2). However, we consider that microhabitat studies to characterize the morphological and physiological plasticity must be done in accordance with the proposals of Anagnostidis & Komárek (1985) and Komárek (1994). The presence of the transverse lamellation due to constriction of the sheath in the longitudinal axis, trichome width up to 25  $\mu\text{m}$ , and filament diameter up to 62  $\mu\text{m}$  distinguish the studied populations from *B. fontana* (Jao) Anagnostidis et Komárek. Filament length (> 6 cm), trichome width (> 40  $\mu\text{m}$ ) and cell length (> 4  $\mu\text{m}$ ) from Mexican populations extend the diagnosis for *B. ganeshii*.

### Distribution

*Blennothrix ganeshii* was sampled in three streams and five springs from tropical calcareous zones, the sample sites are environmentally similar to other sites where

Figs 4-12. Morphological features of freshwater populations of *Blennothrix ganeshii*. Fig. 4. Filaments with *Coleodesmium*-type false branching and sheath stained with alcian-blue (BALE w/n). Fig. 5. End cells flattened and slightly rounded (FCME PA3874). Fig. 6. Remains of necridic cell walls on hormogonial wall (arrowhead) (BALE w/n). Fig. 7. Sheath with crosswise lamellation (FCME PA3707). Figs 8, 9. Lamellation in the outer sheath surface characterized by several parallel layers which shed single layers and sheath stained with Alcian-Blue (arrowhead) (FCME PA3874). Fig. 10. Trichomes disintegrating into hormogonia by means of several necridic cells (arrowheads) (FCME PA3880). Fig. 11. Germinating hormogonium within the mother sheath (FCME PA3707). Fig. 12. Empty apical hormogonial cell (arrowhead) (BALE w/n). Scale bars represent 40  $\mu\text{m}$ .

Table 2. Physical and chemical characteristics of streams containing freshwater populations of *Blennothrix* from central Mexico.

Populations and locations	Temperature (°C)	pH	Specific conductance ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Depth (cm)	Shading <sup>a</sup>	Current velocity <sup>b</sup>	Substratum <sup>c</sup>	Associated species
1. PA3707 Las Playitas	24.7	7.0	420	50	A,B	Low	2	<i>Thorea hispida</i> (Thore) Desvoux, <i>Cladophora</i> sp.
2. PA3717 Río Frío	25.9	7.0	368	20	C	Low	2	<i>T. hispida</i> , <i>Cladophora</i> sp.
3. PA3780 Puente de Dios	26.7	7.0	1438	15	C	Average	1	<i>Xenococcus willei</i> Gardner, <i>Stichosiphon sansibaricus</i> (Hieronymus) Drouet et Daily, <i>Hildenbrandia angolensis</i> Welwitsch ex W. West et G.S. West, <i>Vaucheria</i> sp.
4. PA3887 Micos	26.5	7.5	655	25	B,C	Average	1	<i>X. willei</i> , <i>Chara</i> sp., <i>T. hispida</i>
5. PA3874 Tambaque	23.6	7.5	702	10	B	Low	2	<i>X. willei</i> , <i>T. hispida</i> , <i>Spirogyra</i> sp.
6. PA3880 La Garita	23.5	7.5	714	30	C	Low	1, 2	<i>Cladophora</i> sp.
7. PA3554 Tzindejéh	33	7.5	649	5	B	High	2	"Chantransia" phase
8. BALE Los Manantiales	28.9	7.0	1530	20	B,C	Low	1, 3	<i>Chamaecalyx swirenkoi</i> (Širšov) Komárek et Anagnostidis, <i>Xenococcus bicudo</i> Montejano, Gold et Komárek, <i>Chara canescens</i> Loiseleur-Deslongchamps, <i>Vaucheria</i> sp.

<sup>a</sup> A = open, B = partly shaded, C = shaded.

<sup>b</sup> Current velocity: low = 0.10-0.35 cm s<sup>-1</sup>; average = 0.35-0.60 cm s<sup>-1</sup>; high = 0.60-0.85 cm s<sup>-1</sup>.

<sup>c</sup> 1 = predominantly bedrock, 2 = predominantly boulder, 3 = predominantly fallen tree trunks.

the species has been reported in central Mexico (Valadez et al. 1996, Montejano et al. 2000). The populations of *B. ganeshii* from the central region of Mexico are the third described populations in the world, after those from Central Nepal (Watanabe & Komárek 1989).

Populations of *B. ganeshii* were found in habitats with warm temperatures (23.6-33°C), neutral pH (7.0-7.5), high conductivity (368-1530  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), shallow depth (5-50 cm) and low to fast flowing waters, in shaded or open river segments, and on rocky substrates or fallen tree trunks (Table 2). The pH was similar to that reported by Watanabe & Komárek (1989), however, temperature values were higher than those recorded by the same authors (17°C) and also higher than those found in cold mountains from central Mexico by Komárek et al. (1996). Filaments of *B. ganeshii* were used as substrate by several epiphytic Cyanophyceae species such as *Chamaecalyx swirenkoi*, *Stichosiphon sansibaricus*, *Xenococcus bicudoii*, and *X. willii*. Populations of *B. ganeshii* were found mixed with *Chara canescens*, *Cladophora* sp., *Vaucheria* sp., *Spirogyra* sp. and were associated with several red algae, such as *Thorea hispida*, *Hildenbrandia angolensis* and the *Chantransia* stage of *Batrachospermum*.

In summary, our study has shown that there is one infrageneric taxon of *Blennothrix* in central Mexico. Trichome width, false branching, and sheath constriction were the features that distinguish this species. However we have found a wide variation that needs to be resolved by means of cultures, microhabitat, morphometric and physiological studies, as well as molecular analyses that indicate genetic separation and not necessarily ecophenotypic variation.

### Description and taxonomic proposal

*Blennothrix ganeshii* Watanabe et Komárek. - Bull. Natl. Sci. Mus., Tokyo, B 15 (3): 74, 1989 (Figs 4-12)

Macroscopic violet-brownish algae, sparsely branched filaments (1 to 2, rarely 3 trichomes) with false branching *Coleodesmium*-type. Filaments up to 10 cm long, 45.2-75.0  $\mu\text{m}$  diameter; trichome width of 33.9-50.0  $\mu\text{m}$ . Cells 2.2-6.7  $\mu\text{m}$  length; end cells are flattened and slightly rounded, sometimes with slightly thicker outer cell wall, without calyptra, but occasionally with remains of necridic cell walls in hormogonial wall. Sheath firm and colorless, 3.2-11.0  $\mu\text{m}$  thickness, usually lamellated and with transverse lamellation due to constriction in the longitudinal axis, particularly at the ends of sheaths; the surface sheath sheds layers. Trichomes disintegrate into hormogonia of different cell number by several necridic cells and are produced from the terminal part of trichomes or by the disintegration of the whole trichome; hormogonia are liberated from sheaths, or grow parallel or perpendicular within the mother sheath.

Specimens examined: (1) Tamaulipas, Ciudad Mante, Las Playitas, coll. J. Carmona, 12.v.1997 (FCME PA3707); (2) Río Frio, coll. J. Carmona, 12 v. 1997 (FCME PA3717); (3) San Luis Potosí, Tamasopo, Puente de Dios, coll. E. Cantoral, 10.i.1998 (FCME PA3780); (5) Aquismón, Tambaque, coll. M. Ramírez, 07.xii.1999 (FCME



PA3874); (6) La Garita, coll. M. Ramírez, 07.xii.1999 (FCME PA3880); (7) Hidalgo, Ixmiquilpan, Tzindejéh, coll. J. Carmona, 17.xi.1994 (FCME PA3554); (8) Morelos, Tlaquiltenango, Los Manantiales, coll. Y. Beltrán, 15.v.2001 (BALE w/n).

#### Acknowledgements

This work was supported by DGAPA-UNAM (IN-210399) Research Grant to LCV and JCI. The authors are indebted to: Gerardo Rivas, for reviewing the statistical analysis; and to Isabel Bieler Antolín and Silvia Espinoza for their help in the preparation of the photographs.

#### References

- ANAGNOSTIDIS, K. & J. KOMÁREK (1985): Modern approach to the classification system of cyanophytes. 1. Introduction. - Arch. Hydrobiol. Suppl. **71** (Algol. Stud. 38/39): 291-302.
- ANAGNOSTIDIS, K. & J. KOMÁREK (1988): Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. - Arch. Hydrobiol. Suppl. **80** (Algol. Stud. 50-53): 327-472.
- CARMONA, J. (1997): Estudio florístico (taxonómico-ecológico-biogeográfico) de las rodófitas de agua dulce en la región central de México. - PhD thesis. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DE NICOLA, D.M., K.D. HOAGLAND & S.C. ROEMER (1992): Influences of canopy cover on spectral irradiance and periphyton assemblages in a prairie stream. - J.N. Amer. Benthol. Soc. **11**: 391-404.
- DE PHILIPPIS R., C. SILI, R. PAPERI & M. VINCENZINI (2001): Exopolysaccharide-producing cyanobacteria and their possible exploitation. A review. - J. Appl. Phycol. **13**: 293-299.
- FRÉMY, P. (1930): Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française. - Arch. Bot. Mém. **3** (2): 1-508.
- GEITLER, L. (1932): Cyanophyceae. - In: KOLKWITZ, R. (ed.): Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Vol. **14** (2<sup>nd</sup> edition): 1-60. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- HOLMGREN, P.K., N.H. HOLMGREN & L.C. BARNETT (1990): Index Herbariorum. Part I. The Herbaria of the World, 8<sup>th</sup> edition. - New York Botanical Garden, New York.
- JOHANSSON, C. (1982): Attached algal vegetation in running waters of Jamtland, Sweden. - Acta Phytogeogr. Suec. **71**: 1-80.
- KOMÁREK, J. (1994): Current trends and species delimitation in cyanoprokaryote taxonomy. - Arch. Hydrobiol. Suppl. **105** (Algol. Stud. **75**): 11-29.
- KOMÁREK, J. (1998): Validity of the genus *Blennothrix* Kütz. 1843, and its position in the oscillatoriacean cyanoprokaryotes. - Anais IV Congreso Latino-Americano, II Reuniao Ibero-Americana y VII Reuniao Brasileira. Conservação da biodiversidade e Novas Tecnologias: Promesas e Perigos **1**: 341-352.
- KOMÁREK, J., G. MONTEJANO, M. GOLD-MORGAN & R. TAVERA (1996): Taxonomic identity and distribution of tropical cyanoprokaryotes (Cyanophyta, Cyanobacteria): An example from central Mexico. - Nova Hedwigia Beih. **112**: 49-54.
- MONTEJANO, G., J. CARMONA-JIMÉNEZ & E. CANTORAL-URIZA (2000): Algal communities from calcareous springs and streams in La Huasteca, central México: A synthesis. - In: MUNAWAR, M., S.G. LAWRENCE, I.F. MUNAWAR & D.F. MALLEY (eds): Aquatic Ecosystems of México: Status and Scope: 135-149. Ecovision World Monograph Series. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.

SHEATH, R.G. & K.M. COLE (1990): Differential alcian-blue staining in freshwater Rhodophyta. - Brit. Phycol. J. 25: 281-285.

SOUTHWOOD, T.R.E. (1978): Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations. - Chapman and Hall, New York.

VALADEZ-CRUZ, F., J. CARMONA-JIMÉNEZ & E.A. CANTORAL-URIZA (1996): Algas de ambientes lóticos en el estado de Morelos, México. - Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot. 67 (2): 227-282.

VALENTIN, J.L. (2000): Ecología numérica. Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. - Interciência, Rio de Janeiro.

WATANABE, M. & J. KOMÁREK (1989): New *Blennothrix*-species (Cyanophyceae/Cyanobacteria) from Nepal. - Bull. Natl. Sci. Mus., Tokyo, B 15 (3): 67-79.

Received 28 August 2002, accepted in revised form 30 June 2004.

## **FE DE ERRATAS**

En el título debió aparecer el nombre Cyanoprokaryota en latín, sin embargo, fue castellanizado. A lo largo del texto se manejó el término Cianoprocariota.