



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**TAXONOMÍA Y DISTRIBUCIÓN DE CIANOFITAS FILAMENTOSAS
DE LA HUASTECA, MÉXICO.**

T E S I S

que para obtener el título de

B I Ó L O G A

P r e s e n t a

MARIANA GUADALUPE CARTAJENA ALCÁNTARA



Director
Dr. Gustavo Alberto Montejano Zurita.

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

NOMBRE: Mariana Guadalupe Cartajena Alcántara.
FECHA: 29. marzo. 04
FIRMA: Mariana G. C. A.

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

Taxonomía y distribución de cianofitas filamentosas de la Huasteca, México.

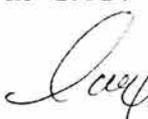
realizado por Mariana Guadalupe Cartajena Alcántara

con número de cuenta 9329318-3 , quien cubrió los créditos de la carrera de: **Biología**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario Dr. Gustavo Alberto Montejano Zurita 

Propietario Dr. Javier Carmona Jiménez 

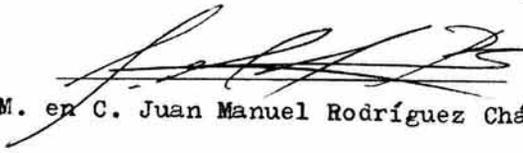
Propietario Dr. Enrique Arturo Cantoral Uriza 

Suplente M. en C. Francisco Valadez Cruz 

Suplente M. en C. Beatriz González Hidalgo

Consejo Departamental de Biología

FACULTAD DE CIENCIAS


M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



En primer plano, dedico esta tesis a Mariana, quién, contra viento y marea, tras decepciones, fracasos y tropiezos, continuó este proyecto.

En cada momento, paso a paso, uno debe confrontar lo que piensa y dice, con lo que uno hace, con lo que uno es.
Foucault

La verdad está en ti mismo. No tengas miedo de vivir ni de morir. Haz lo que creas que debes hacer: desear, crear, trascender, puedes ganar el juego.
Foucault

AGRADECIMIENTOS

Al apoyo de PROBETEL 2001-II-2002-I.

Al físico Andrés Porta, por su comprensión, sus consejos y su compromiso hacia los estudiantes becarios.

Al Doctor Gustavo Montejano quién me abrió las puertas al mundo de las cianofitas y por sus valiosos comentarios.

Al Doctor Javier Carmona, y la M. en C. Beatriz Hidalgo por sus consejos, apoyo e interés en mi trabajo.

A la M. en C. Dalila Fragoso, por ser mi gurú ficológica.

Al Doctor Enrique Cantoral y el M. En C. Francisco Valadez por revisar mi trabajo.

A todos los compañeros del laboratorio que, en conjunto construyen un ambiente de trabajo comfortable.

A Gaby, Victor y Pancho por su amistad y por compartir numerosas horas de trabajo.

A Ariadna, Rocío, Eva e Itzel por los ratos agradables de plática y esparcimiento.

A Moni y Yenny por su compañerismo y su disponibilidad de ayudar.

Dedico esta tesis a quienes, de alguna forma, están presentes en ella:

Rius y Los Agachados, Jean Paul Sartre y el existencialismo, Jodorowsky y los chistes, Foucault y la confrontación de lo que uno es, Rosario Castellanos y el brazo izquierdo, el kalushas y la madre despistada, Rosa la skatera, el hermano contradictorio, los tíos maravilla: Carlos, Chago y José, las madrinas Lupe y Teresa, eosevama y la changoneja, la Bugambilia Rosa, la comadre saganiana y los colores, los paseos en bici y las caminatas, la gemela ballística, el Pinki-pinki y la Tita, la sonriente Nakazawa, la ex-jefa agrónoma, los hermanos jardineros, las chicas invernadero y el agarofóbico misterioso, al microempresario y la chapis, la familia Curiel y el 6 de Enero, Leonidosario anti-Barnie, Alejandro y su Caravana, la señorita Hongo y la durmiente Katy, las fiestas de José, la música electrónica y el aroma a pasto recién cortado, al 44, Elena y la mordida de Dylan, al señor Patrick Miller y el esposo impuntual, al pequeño Aparicio, el pulmoncito y la pancreacita y los amigos protistas de Veracruz.

ÍNDICE.

PRÓLOGO

Importancia biológica de las algas verde-azules.....	4
--	---

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Nomenclatura de las algas verde-azules.....	6
1.2. Historia de la clasificación de cianofitas filamentosas.....	8
1.3. Antecedentes	
1.3.1. Nacionales.....	16
1.3.2. La Huasteca.....	16
1.4. Hipótesis y objetivos del trabajo.....	18

II. BIOLOGÍA DE LAS ALGAS VERDE-AZULES

2.1. Estructura y función	
2.1.1. Tricoma.....	21
2.1.2. Vaina.....	22
2.1.3. Ramificación.....	22
2.1.4. Constricción de los tricomas.....	24
2.1.5. Morfología de las células apicales y caliptra.....	24
2.1.6. Polaridad.....	25
2.1.7. Tipos de división celular.....	26
2.1.8. Contenido celular.....	26
2.1.9. Variabilidad de los caracteres taxonómicos-morfológicos.....	27
2.1.10. Caracteres morfométricos.....	27
2.1.11. Células especializadas	
2.1.11.1. Heterocitos.....	28
2.1.11.2. Acinetos.....	29
2.2. Reproducción y ciclos de vida	
2.2.1. Reproducción.....	30
2.2.2. Ciclos de vida.....	31

III. TAXONOMÍA DE LAS CIANOFÍCEAS FILAMENTOSAS

3.1. Variación en las cianofitas.....	34
3.1.1. Genética.....	35
3.1.2. Fases del ciclo de vida.....	35
3.1.3. Inducida por cambios ambientales.....	36
3.2. Delimitación de géneros.....	36
3.3. Delimitación de especies.....	36
3.3.1. Variedades.....	37
3.3.2. Filamentos espiralados.....	37

3.4. Ecología	37
3.5. Material trabajado	38

IV. METODOLOGÍA Y ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Área de estudio	39
4.2. Metodología	
4.2.1. Trabajo de campo	43
4.2.2. Trabajo de laboratorio	44

V. RESULTADOS

5.1. Taxa determinados.....	47
5.2. Delimitación de los taxa	
5.2.1. Familias	49
5.2.2. Géneros.....	51
5.3.3 Especies.....	52
5.3 Clave	57
5.4. Descripciones	67
5.5. Distribución y ecología.....	144

VI. DISCUSIÓN

6.1. Taxonomía	
6.1.1. Problemática a nivel familia	148
6.1.2. Problemática a nivel genérico	
6.1.2.1. <i>Homoeothrix-Tapinothrix</i>	149
6.1.2.2. <i>Phormidium-Symploca</i>	150
6.1.2.3. <i>Schizothrix</i>	152
6.1.3. Problemática de las especies	
6.1.3.1. Caracteres morfométricos	
6.1.3.1.1. Carencia de criterios para la toma de datos morfométricos	154
6.1.3.1.2. Incompatibilidad entre los datos tomados y los reportados	155
6.1.3.2. Especies determinadas	
6.1.3.2.1. Especies similares a las descripciones	155
6.1.3.2.1.1. Variedades	155
6.1.3.2.1.2. Variación poblacional	157
6.1.3.2.2. Especies con determinaciones dudosas	
6.1.3.2.2.1. Pocas especies dulceacuícolas descritas	158
6.1.3.2.2.2. Delimitación genérica o subgenérica dudosa	158

6.1.3.2.2.3. Forma de crecimiento distinta a la reportada	159
6.1.2.2.2.4. Variación poblacional inducida por cambios ambientales.....	159
6.1.2.2.2.5. Escasez y desarrollo inmaduro de los heterocitos	160
6.1.2.2.2.6. Poco material observado	160
6.1.3.3. Determinación de especies	
6.1.3.3.1. Fases del ciclo de vida	161
6.1.3.3.2. Ecología	161
6.1.3.3.3. Trabajo de campo: caracterización ecológica y biológica	162
.....	162
6.2. Biogeografía	
6.2.1. Similitud florística con otras áreas geográficas	167
6.2.2. Reportes previos de La Huasteca	168
6.2.3. Similitud con flora de otras zonas cársticas	169
 VII. CONCLUSIONES, PERSPECTIVAS	
7.1. Conclusiones	
7.1.1. Taxonomía	170
7.1.2. Distribución.....	172
7.1.3. Ecología y biogeografía	172
7.2. Perspectivas.....	174
REFERENCIAS	176
 APÉNDICE	
1. Listado de cianofíceas de ambientes terrestres y lóticos mexicanos.....	191
2. Esquemas de clasificación básicos para cianofitas filamentosas.....	200
3. Clasificaciones de formas de crecimiento	208

PRÓLOGO

Esta tesis va dirigida a 2 tipos de públicos: 1) A los estudiantes de licenciatura que se asoman al mundo de las algas verdeazules, cianofíceas, cianofitas o cianoprocariontes filamentosos de los órdenes Oscillatoriales y Nostocales y 2) A los ficólogos interesados en la problemática taxonómica de este grupo específico de algas. A partir de este objetivo se ordenó la parte introductoria en 3 niveles distintos: 1) Historia del estudio de este grupo de seres vivos; 2) Su estado de conocimiento en México y 3) La problemática taxonómica de las cianofitas y en particular, el de las cianofitas filamentosas de los órdenes Oscillatoriales y Nostocales. La intención de este trabajo es brindar una panorámica global del grupo por lo cual no se trata de una revisión bibliográfica extensiva.

En el primer nivel, se brinda una perspectiva histórica sobre la aproximación al estudio de las algas verde-azules. En él se responde a las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los distintos nombres que se les han asignado?, ¿Quiénes son los principales naturalistas y biólogos que las han trabajado?, ¿Qué tipo de caracteres son los que se han contemplado en su clasificación?, ¿De qué manera se les ha conceptualizado (bacterias, algas)? y ¿Cuáles son los principales esquemas de clasificación bajo la escuela botánica para este grupo?.

En el segundo nivel se da a conocer el estado del conocimiento de las cianofíceas filamentosas en ambientes lóticos y terrestres en nuestro país. Primero a nivel nacional y después en la región de La Huasteca. De la revisión de esta literatura se hicieron evidentes dos puntos: 1) La presencia recurrente y, en muchas ocasiones abundante, de los cianoprocariontes filamentosos de los órdenes Oscillatoriales y Nostocales en las comunidades algales y 2) La dificultad de identificar a las especies de cianofíceas filamentosas de los órdenes ya mencionados. Esta sección concluye con la formulación de la hipótesis y los objetivos.

En el tercer nivel se plantea el problema biológico del presente trabajo. Se habla de cuáles son los factores que desencadenan una situación taxonómica compleja y confusa para las cianofíceas: la carencia de estudios en zonas tropicales, la ecología, las causas de variabilidad de los caracteres morfológicos así como la problemática para delimitar los géneros y especies de cianofíceas filamentosas de los órdenes Oscillatoriales y Nostocales.

En el siguiente apartado se habla sobre la metodología y el área de estudio. En un principio la zona de interés fue la Huasteca Potosina pero, de manera circunstancial se abarcaron 2 localidades de la Huasteca Hidalguense. Esta es la justificación para que en el nombre de este trabajo se denomine a la región de trabajo como La Huasteca.

Durante la mayor parte del desarrollo de esta tesis, el objeto de estudio fue el grupo de cianofíceas filamentosos del orden Oscillatoriales. Para ampliar la panorámica de las algas verde-azules filamentosas, se incorporaron 4 especies del orden Nostocales. Las especies *Dichotrix orsiniana* y *Scytonema arcangeli* fueron identificadas como consecuencia de ampliar el número de localidades de la Huasteca Potosina, las poblaciones de *Nostoc verrucosum* se seleccionaron por sus crecimientos macroscópicos y su distribución en varias localidades mientras que la identificación de *Tolypothrix distorta* fue consecuencia de revisar material de una de las localidades de la Huasteca Hidalguense.

Al llevar a cabo la presente investigación taxonómica, se obtuvo un conjunto de descripciones, una clave y un listado de especies. A pesar de que no se trata de un trabajo florístico, dentro del contexto de este trabajo se considera relevante la biología, la ecología, la distribución y la biogeografía de las cianofitas. Por esta razón se hace una comparación del listado de especies obtenido con lo reportado primero para la región de la Huasteca, luego con lo encontrado en otras regiones climáticas así como con las reportadas para zonas cársticas de Florida, Estados Unidos las cuales comparten con la Huasteca Potosina una geología similar.

Con el propósito de introducir a los lectores de esta tesis al mundo de las cianofíceas en general, y de las algas verde-azules filamentosas en particular, se elaboraron el segundo apartado del prólogo el cual trata el tema de la importancia biológica de las cianofitas y la sección 1.5. llamada Biología de las algas verde-azules filamentosas de los órdenes Oscillatoriales. Por último, en el apéndice está escrita información complementaria sobre este grupo de algas: un listado de las especies reportadas para ambientes lóticos y terrestres mexicanos, sus esquemas básicos de clasificación, junto con algunas de las clasificaciones sobre las formas de crecimiento algales (con definiciones incluidas), llevados a cabo por investigadores del laboratorio de Ficología de la Facultad de Ciencias, U.N.A.M.

Importancia biológica de las algas verde-azules

Los manuales tradicionales para la identificación de especies de la división cianofita reconocen entre 1500 y 2000 especies a nivel mundial (Montejano, 1998).

En los orígenes de nuestro planeta, las cianofíceas fueron las formas de vida dominantes por más de 1500 millones de años. Los estromatolitos son estructuras calcáreas muy abundantes en el registro fósil del Precámbrico. Se asume que fueron producidos por algunos tipos de algas verde-azules antiguas capaces de capturar sedimentos (Lee, 1989; Graham *et al*, 2000). La desaparición de los estromatolitos en el registro fósil ha sido explicada como consecuencia de la aparición y diversificación de metazoarios depredadores. La forma en que las algas verde-azules enfrentaron esto fue mediante la producción de arrecifes calcáreos. El proceso de calcificación, representó para ellas una protección física contra la herbivoría. Las cianofitas calcáreas fueron comunes en los ambientes marinos del Paleozoico y Mesozoico (Riding, 1991).

La evidencia del registro fósil y los datos moleculares sugieren que a finales de la Era Proterozoica, las cianofíceas ya habían divergido en sus formas básicas. El género unicelular *Gloeobacter*, se propone como el alga verde-azul más sencilla mientras que el grupo de las heterocitas surgió casi 1000 millones de años (m.a.) después del origen del grupo (Hoek *et al*, 1995).

Las algas verde-azules fueron los primeros organismos fotosintéticos aeróbicos. A mediados del Precámbrico, la aparición de la fotosíntesis aeróbica introdujo un cambio global que quizás provocó la extinción de gran número de organismos anaeróbicos (De Duve, 1996). La capa de ozono surgió como consecuencia de la acumulación gradual de oxígeno atmosférico (O₂) y con ello disminuyó el flujo de radiación ultravioleta. Esto a lo largo de miles de años cambió la atmósfera de reductora a oxidada (Lazcano, 1994). Ello dio la pauta al surgimiento de los eucariontes (Dickerson, 1978).

En lo que respecta al origen del cloroplasto, la teoría endosimbiótica es respaldada por las similitudes de las secuencias de rRNA 16S entre los principales linajes de algas verde-azules y de eucariontes fotosintéticos. La especie *Gloeobacter violaceus*, un alga verde-azul unicelular, carente de tilacoides y cuyos pigmentos están asociados al plasmalema puede representar uno de las vías en el origen del cloroplasto (Lee, 1989; Hoek *et al*, 1995).

Por otra parte, los cianoprocariontes son únicos en su capacidad de formar asociaciones simbióticas con otros organismos. Muchas de las cianofíceas simbiotes son filamentosas heterocitasas. Los hormogonios les sirven para reinvasión a su simbionte (Whitton & Potts, 2000).

Existen 2 tipos de relaciones simbióticas en las que participan las algas verde-azules: interna o externa a su hospedero. Dentro del primer tipo se conocen algas verde-azules alojadas en el interior de otras algas clorofitas, dinoflagelados y diatomeas. Este tipo de simbiosis también la establecen con hongos ascomicetes. El producto de esta última asociación son los líquenes. Por otro lado, las simbiosis externas son comunes con distintos grupos vegetales y animales: musgos, hepáticas, cicadas y angiospermas así como con esponjas y ascidias (Whitton & Potts, 2000).

I. INTRODUCCIÓN

I.1. NOMENCLATURA DE LAS CIANOFITAS

Tradicionalmente las cianofíceas han sido estudiadas en base al Código de Nomenclatura Botánica. El grado de complejidad de las formas de crecimiento y niveles de organización alcanzado por representantes del orden Stigonematales, su presencia en ambientes y microambientes que habitan el resto de las algas, su papel como productores primarios y su capacidad de llevar a cabo fotosíntesis oxigénica las ubicó como un grupo más de organismos fotosintéticos. Hasta finales del siglo XIX muchos investigadores coincidían en colocarlas en la base de la filogenia algal debido a su sencillez morfológica. En este contexto se les suele llamar algas verde-azules, cianofitas o cianofíceas (Castenholz & Waterbury, 1989).

En lo que a nombres se refiere, Wallroth en 1833 las delimitó dentro de la familia Myxophyceae por su color e, indirectamente, por la presencia de pigmentos fotosintéticos. Para 1853 Ferdinand Cohn, asoció la apariencia anucleada de las algas verde azules con las bacterias, las agrupó en la división Schizophyta y postuló una relación filogenética estrecha entre ambos grupos (Lewin, 1976; Castenholz & Waterbury, 1989). El punto de vista de Cohn fue adoptado en numerosos trabajos taxonómicos de algas verde-azules y bacterias los cuales fueron unidos ya sea al nivel de clase o división dentro del reino Monera. (Copeland 1938 En: Rippka & Cohen, 1983). Por otro lado, Sachs en 1874 les otorgó el nombre de Cyanophyceae (Castenholz & Waterbury, 1989).

En 1937, Chatton distinguió la organización procarionte típica de estos organismos como bacterial. En los 1970's, la escuela de Stanier propuso estudiar y clasificar a las cianofíceas como bacterias, a partir de cultivos axénicos y bajo las normas del Código de Nomenclatura bacteriológico. El único principio que contempló fue su característica procarionte. Los aspectos que tomaron en cuenta fueron

fisiológicos, bioquímicos y genéticos (Rippka & Cohen, 1983; Castenholz & Waterbury, 1989).

Bajo este esquema, las cianofitas son consideradas eubacterias Gram-negativas. Sobre estas bases Stanier y van Niel plantearon la división de los seres vivos en dos grupos: Prokaryota y Eukaryota. Definieron el término bacteria como sinónimo de procarionte y crearon el nombre de cianobacteria para reemplazar el de algas verde-azules (Rippka & Cohen, 1983). Entre los investigadores, las opiniones fueron diversas sobre el enfoque bacteriológico y botánico. Hubo autores que rechazaron la forma de trabajar de los bacteriólogos pero admitieron el nombre de cianobacteria, otros rechazaron tanto el nombre como el enfoque bacteriológico. Entre los ficólogos, lo que predominó fue la objeción ecológica a la forma de trabajar de la escuela bacteriológica (Golubic, 1969; Lewin, 1976).

En los 1990's, Komárek acuña de manera informal, el término cianoprocarionte como sinónimo para las algas verde-azules (Novelo, *com.pers.*). En los últimos años, este autor ha dado a conocer distintas publicaciones donde emplea el término Cyanoprokaryota equivalente a división.

En la actualidad se emplean los términos cianofíceas, cianobacterias, cianofitas y cianoprocariontes. Entre los ficólogos se utilizan los nombres cianofitas, cianofíceas y últimamente el término de cianoprocarionte mientras que los investigadores de las disciplinas experimentales, prefieren los términos cianobacterias y cianoprocariontes. A lo largo de esta tesis se usarán indistintamente los términos algas verde-azules, cianoprocariontes, cianofíceas y cianofitas. Finalmente, cada quién las puede nombrar como quiera pero, lo que no se debe dejar de lado es la forma de aproximación al conocimiento de las mismas.

1.2. HISTORIA DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS ALGAS VERDE-AZULES FILAMENTOSAS

En 1865 Rabenhorst, a partir del nivel de organización, contempló a las cianofitas en 2 grupos: *Cystiphora* para todos los taxa unicelulares y *Nematogoneae* para las formas multicelulares arregladas en tricomas. Durante ese siglo, el grupo fue conocido dentro de dos tribus independientes, la *Coccogoneae* (unicelulares) y la *Hormogoneae* (*Nematogoneae*, *Nostochinées*) donde se incluían a las cianofitas que se reproducen mediante hormogonios y con nivel de organización filamentosos. Más adelante, el grupo de las algas verde-azules (*Nostochineae*) fue dividido por Thuret (1875) en *Pylonemeae* (sin pelo) y con pelo, *Trichophoreae* (Desikachary, 1959).

Los puntos de partida taxonómicos de la escuela botánica son Bornet y Flahault 1886-1888, para las formas heterocitosas y Gomont, 1892 para el orden *Oscillatoriales* (Desikachary, 1953). Bornet & Flahault (1886, 1888) delimitaron 2 grupos de cianofitas en base a la presencia o ausencia de heterocito (*Hormogonees* y *Heterocystees*). Para el año 1898 Kirchner fue el primero en realizar un trabajo que englobara a ambas tribus, mantuvo la división del grupo de filamentosas a partir de la presencia o ausencia de pelo (Desikachary, 1959).

Entre los trabajos regionales de principios del siglo XX se cuentan el de Tilden, 1910; Borzi, (1916-1917) y Frémy (1929, 1933). Geitler, 1932 produjo un tratado fundamentalmente para zonas templadas europeas --que con el tiempo se hizo de uso mundial-- compuesto por alrededor de 1300 especies y 145 géneros (Castenholz & Waterbury, 1989). Tanto Geitler, 1942 como Fritsch (1942, 1944, 1945), dividieron a las cianofitas hormogonales en los órdenes *Nostocales* y *Stigonematales* en función de la presencia y tipo de ramificación (Desikachary, 1959).

Unos años más tarde el ficólogo ruso Elenkin (1935, 1938, 1949) creó el orden *Oscillatoriales* al cual dividió en 15 familias y dividió al orden *Nostocales* en 9

familias. Este autor basó su sistema en los criterios nomenclaturales y taxonómicos de Gomont (Anagnostidis & Komárek, 1988).

Otros trabajos regionales dentro de la misma línea que el de Geitler son: Hollerbach *et al*, 1953; Komárek, 1958; Desikachary, 1959; Starmach, 1966; Kondrateva 1968; Bourrelly 1969, 1970, 1985; y Christensen, 1980.

Hasta finales del siglo XX todos los esquemas de clasificación taxonómicos enfocados a las algas verde-azules filamentosas se basaron en la morfología. Los principales criterios han sido la presencia/ausencia de un carácter morfológico y si es que x carácter está presente en los estados de carácter del mismo.

Aún cuando existen otros tratados, la monografía geitleriana de 1932 representa el trabajo taxonómico clásico sobre cianofitas filamentosas. Su relevancia radica en ser una revisión y síntesis de los autores previos. El mismo Geitler, en 1932 reconoce la subjetividad en la delimitación de los taxa de cianofíceas filamentosas y expresa la necesidad de buscar nuevos criterios taxonómicos. Hasta la actualidad, no existe un trabajo equiparable disponible para la determinación de especies de cianoprocariontes filamentosas dulceacuícolas por lo que sigue siendo ampliamente utilizado (Tabla 1.1.).

El trabajo florístico de cianofíceas de la India hecho por Desikachary, 1959 es una modificación del esquema geitleriano; la diferencia fundamental es que incluye al orden Stigonematales. Es una monografía muy consultada debido a que está escrita en inglés (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Esquemas de clasificación Geitler (1932); Smith (1950) y Desikachary (1959)

Geitler (1932)	Smith (1950)	Desikachary (1959)
Orden Nostocales.	Or. Oscillatoriales	Orden Nostocales
Fam. Capsosiraceae (4 géneros).	Suborden Oscillatorineae	Fam. Oscillatoriaceae (16 géneros).
Fam. Leptobosaceae (1 género).	Fam. Oscillatoriaceae (13 géneros)	Fam. Nostocaceae (12 géneros)
Fam. Loefgreniaceae (1 género).	Suborden Nostochineae.	Fam. Scytonemataceae (8 géneros)
Fam. Mastigocladaceae (5 géneros)	Fam. Nostocaceae (8 géneros)	Fam. Microchaetaceae (2 géneros)
Fam. Microchaetaceae (3 géneros)	Fam. Scytonemataceae (6 géneros)	Fam. Rivulariaceae (6 géneros)
Fam. Nostocaceae (8 géneros)	Fam. Stigonemataceae (7 géneros)	Orden Stigonematales
Fam. Nostochopsidaceae (4 géneros)		Fam. Capsosiraceae (1 género)
Fam. Oscillatoriaceae (18 géneros)		Fam. Nostochopsidaceae (2 géneros)
Fam. Pulvinulariaceae (1 género)		Fam. Mastigocladopsidaceae (1 género)
Fam. Rivulariaceae (12 géneros)		Fam. Mastigocladaceae (2 géneros)
Fam. Scytonemataceae (12 géneros)		Fam. Stigonemataceae (9 géneros)
Fam. Sokoloviaceae (2 géneros)		
Fam. Stigonemataceae (10 géneros)		

Dentro de este panorama, a mediados de los 1950's hasta inicios de los 1970's, Drouet & Daily, 1956 y Drouet 1968, 1973, 1978, 1981, llevaron a cabo una revisión de los taxa de algas verde-azules basada en ejemplares de herbario. Su premisa básica fue que entre las especies, existen poblaciones con características intermedias; las especies hasta entonces conocidas fueron llamadas ecofenos. El resultado fue la reducción de alrededor de 2000 especies en 140 géneros a 62 especies en 24 géneros (Castenholz & Waterbury, 1989). Lo erróneo de este trabajo quedo evidenciado, entre otros, con estudios de hibridación y la comparación de la composición de bases de ADN (Herdmann *et al*, 1979; Stam & Venema, 1977; Stam 1980; Stulp & Stam 1984 En: Montejano, 1998). Aún cuando no fue ampliamente aceptado, el trabajo de Drouet puso en duda la constancia de las especies y la solidez de los criterios usados en la delimitación de los taxa de cianoprocariontes (Montejano *com. pers.*).

Starmach en 1966 trata a las algas verde-azules dentro de 4 clases, una de las cuales es la Hormogoniophycidees con 2 familias: Nostocophyceae y Stigonematophyceae. Un acierto de esta clasificación es la separación de la familia Gomontiellaceae. Entre los rasgos tradicionales que contiene están la

permanencia del orden Stigonematales dentro del orden Nostocales y la presencia de las tribus Lyngbyeae y Vaginaríeae para la familia Oscillatoriaceae. Las ilustraciones son de buena calidad mas su inaccesibilidad radica en que está escrito en polaco (Tabla 1.2.).

Bourelly, agrupa a las cianofitas en la clase Cyanoesquizophyceae definida por la pertenencia de clorofila a y ficobilinas. A pesar de que no aceptó el esquema de clasificación de Drouet, la idea de variabilidad, se refleja en la delimitación de los taxa de cianofitas filamentosas. Al género *Oscillatoria* lo divide en los subgéneros *Oscillatoria* y *Spirulina* subdivididos a su vez en 5 y 3 secciones respectivamente y en el género *Lyngbya* incluye como secciones a los actuales géneros *Heteroleibleinia*, *Leibleinia*, *Lyngbya*, *Spirocoleus*, *Phormidium* y *Symploca* (Tabla 1.2)

Tabla 1.2. Esquemas de clasificación de Starmach (1966) y Bourelly (1970)

Starmach (1966)	Bourelly (1970)
División Cyanophyta	División Schizophyta
CLASE Hormogoniophyceae	CLASE Cyanoesquizophyceae
1. SUBCLASE Nostocophycideae	SUBCLASE Hormogonophyceae
Orden Oscillatoriales	Orden Nostocales
Familia Oscillatoriaceae	Familia Oscillatoriaceae (12 géneros)
Tribu Lyngbya (6 géneros)	Familia Gomontiellaceae (1 género)
Tribu Vaginaríeae (7 géneros)	Familia Nostocaceae (9 géneros)
Orden Gomontiellales	Familia Rivulariaceae (7 géneros)
Familia Gomontiellaceae (1 género)	Familia Scytonemataceae (7 géneros)
Familia Beggiatoaceae (3 géneros)	Familia Microchaetaceae (1 género)
Familia Pelonemataceae (3 géneros)	Orden Stigonematales
Orden Nostocales	Familia Capsosiraceae (7 géneros)
Familia Nostocaceae (10 géneros)	Familia Mastigocladopsidaceae I (1 género)
Familia Microchaetaceae (3 géneros)	Familia Mastigocladaceae (7 géneros)
Familia Rivulariaceae (5 géneros)	Familia Stigonemataceae (14 géneros)
Familia Scytonemataceae (3 géneros)	
SUBCLASE Stigonematophycideae	
Orden Stigonematales	
Familia Mastigocladaceae (9 géneros)	
Familia Pulvinulariaceae (1 género)	
Familia Capsosiraceae (2 géneros)	
Familia Stigonemataceae (8 géneros)	

En este contexto, el grupo de Stanier intentó establecer nuevos criterios de clasificación para los taxa de cianofitas en cepas aisladas. Los aspectos considerados fueron bioquímicos, nutricionales y genéticos. Dicho esquema no incluyó especies y se basó sólo en cadenas axénicas (Rippka & Cohen, 1983).

Para 1974, en la octava edición del Manual de Bergey de determinación bacteriológica se declaró a las bacterias como miembros del reino Prokaryotae compuesto por 2 divisiones: las cianobacterias y las bacterias. Una integración más profunda se realizó en la siguiente edición en donde las cianobacterias se unificaron con los otros procariontes fotosintéticos en otra clase: la fotobacteria (Rippka & Cohen, 1983).

En la edición de 1989 del Manual de Bergey's, las cianofíceas son agrupadas en 5 subsecciones, las cuales son equivalentes a órdenes: Chroococcales, Pleurocapsales, Oscillatoriales, Nostocales y Stigonematales. Los géneros son delimitados morfológicamente (Castenholz & Waterbury, 1989).

Un problema fundamental para la taxonomía bacteriana es cómo asignar un conjunto de cepas a un género y más aún a una especie determinada. El trabajo taxonómico de las llamadas cianobacterias toma como referencia los tratados de Bergey (Manual sobre Determinación bacteriológica y el de Sistemática bacteriológica). No obstante su uso común, no representan ninguna clasificación oficial. La taxonomía bacteriana se encuentra en constante revisión y actualización la cual se plasma en la publicación regular de listas de nombres aprobados en el International Journal of Systematic Bacteriology (Prescott *et al* 1999). Es por ello que con todo y el trabajo llevado a cabo por más de 30 años, el sistema bacteriológico no ha logrado producir una representación de los taxa de cianofitas. Además, de los poco taxa caracterizados, la mayor parte son de regiones templadas (Montejano, 1998).

Parte de la problemática taxonómica de las algas verde-azules se debe a que existen 2 formas de abordar su conocimiento: la escuela botánica y la escuela bacteriológica. Ambas escuelas difieren entre sí en su estrategia metodológica y en sus unidades de trabajo (tabla 1.3). No hay manera de comparar ni complementar la información adquirida sobre las cepas de cianoprocariontes con la resultante de las especies identificadas mediante el sistema de clasificación botánico.

1.3. Comparación de las características de las escuelas botánica y bacteriológica.

Característica	Escuela Botánica	Escuela Bacteriológica
Inicio de la escuela	Mediados del S.XIX	Década de los 1970's
Autoridades	Gomont, Geiller, Tilden, Elenkin, etc	Stanier, Rippka, Castemholz, Whitton.
Unidad de estudio	Poblaciones naturales identificadas a especies	Cepas o cadenas.
Ejemplares de referencia	Herborizados, ejemplar tipo	Cadenas en cultivo
Nomenclatura	Binomial, linneana	Genérica. Las cadenas se identifican con una combinación de letras y números.
Concepto del objeto de estudio	Alga	Eubacteria Gram-negativa
Tipos de datos contemplados	Ecológicos y biológicos.	De laboratorio (experimentales)
Caracteres taxonómicos	Morfológicos, morfométricos y ecológicos.	Morfológicos, estructurales (citológicos, genéticos y moleculares) y funcionales (fisiológicos y bioquímicos)

Para finales del S. XX, como resultado de las implicaciones taxonómicas del trabajo de la escuela bacteriana con cultivos de cianofíceas, los ficólogos Anagnostidis y Komárek plantearon nuevos esquemas de clasificación para las cianofitas filamentosas: el de Oscillatoriales (Anagnostidis & Komárek, 1988); Nostocales (Komárek & Anagnostidis, 1989) y Stigonematales (Anagnostidis & Komárek, 1990) así como una enciclopedia para todos los órdenes de cianofitas (Komárek, s.f.pub.), a partir de nuevos criterios bioquímicos, fisiológicos y ultraestructurales junto con estudios ecológicos específicos y citomorfología tradicional.

Los trabajos de Anagnostidis & Komárek incluyen caracteres que reflejan la dualidad procarionte-algal de las cianofitas (Tabla 1.4). Además, en la introducción de los 3 distintos planteamientos brindan información valiosa acerca de los antecedentes taxonómicos históricos del grupo correspondiente, así como una descripción de los caracteres empleados y de los taxa considerados acompañados de diagramas y fotografías. Entre las aportaciones del artículo de 1988 referente al orden Oscillatoriales están la incursión de nuevos criterios, a nivel familia como el tipo de división celular, la presencia de aerotopos y el tipo de desintegración del tricoma (Tablas 1.5, 1.6).

Tabla 1.4 Esquemas de clasificación propuestos por Anagnostidis & Komárek (1988) y Komárek (s. f.pub.) para el orden Oscillatoriales.

Anagnostidis & Komárek (1988)	Komárek (s.f.pub.)
Familia Borziaceae (3 géneros)	Familia Ammatoideaceae (3 géneros)
Familia Homoeotrichaceae	Familia Borziaceae. (5 géneros)
Subfam. Ammatoideoideae (2 géneros)	Familia Gomontiellaceae
Subfam. Homoeotrichoideae (3 géneros)	Subfam. Gomontioideae (4 géneros)
Familia Oscillatoriaceae	Subfam. Hormoscilloideae (2 géneros)
Subfam. Hormoscilloideae (3 géneros)	Familia Oscillatoriaceae
Subfam. Plectonematoideae (1 género)	Subfam. Oscillatorioideae (3 géneros)
Subfam. Starioideae (4 géneros)	Subfam. Plectonematoideae (1 género)
Familia Phormidiaceae	Familia Phormidiaceae
Subfam. Phormidioideae (8 géneros)	Subfam. Phormidioideae (8 géneros)
Subfam. Microcoleoideae (4 géneros)	Subfam. Microcoleoideae (5 géneros).
Subfam. Spirulinoideae (2 géneros)	Familia Pseudanabaenaceae
Familia Pseudanabaenaceae	Subfam. Heteroleibleinioideae (3 géneros)
Subfam. Leptolyngbyoideae (3 géneros)	Subfam. Pseudanabaenoideae (11 géneros)
Subfam. Limnotrichoideae (4 géneros)	Familia Schizotrichaceae (1 género)
Subfam. Pseudanabaenoideae (2 géneros)	
Familia Schizotrichaceae (1 género)	

Tabla 1.5. Aportaciones del esquemas de clasificación de Anagnostidis & Komárek (1988), para el orden Oscillatoriales.

Aportaciones	(Anagnostidis & Komárek, 1988)
Familias definidas	Pseudanabaenaceae, Phormidiaceae
Nuevos criterios de delimitación de taxa	Tipo de div. celular y tricoma, modo de desintegración y movilidad del tricoma, formación y movilidad de hormogonios, presencia de vacuolas de gas
Géneros revisados y aceptados	<i>Oscillatoria</i> , <i>Phormidium</i> , <i>Lyngbya</i> y <i>Plectonema</i> (grupo LPP)
Géneros aceptados	<i>Arthrospira</i> , <i>Borzia</i> , <i>Katagnymene</i> , <i>Porphyrosiphon</i> , <i>Pseudanabaena</i> , <i>Pseudoscytonema</i> , <i>Symploca</i> , <i>Tricho desmium</i>
Géneros nuevos	<i>Hormosilla</i> , <i>Jaaginema</i> , <i>Komvophoron</i> , <i>Leptolyngbya</i> , <i>Limnothrix</i> , <i>Plank tolyngbya</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Pseudophormidium</i> y <i>Tychonema</i>
Género definido	LPP como <i>Leptolyngbya</i>
Género validado	<i>Blennothrix</i>
Subgéneros reconocidos como géneros	<i>Leibleinia</i> y <i>Heteroleibleinia</i>

Tabla 1.6. Aportaciones del esquemas de clasificación de Komárek (s.f. pub.) para el orden Oscillatoriales.

Aportaciones	Komárek (s.f.pub.)
Nueva subfamilia	Heteroleiblenioideae
Subfamilia validada a familia	Ammatoideaeceae Elenkin
Subfamilias desaparecidas	Homoeotricaceae Elenkin, Limnotricoideae y Spirulinoideae
Subfamilia con cambio de nombre y de familia	Starioideae a Gomontelloideae (de Oscillatoriaceae a Gomontiella ceae)
Género cambia de familia	<i>Spirulina</i> , cambia de Phormidiaceae a Pseudanabaenaceae
Subgénero validado a género	<i>Geitlerinema</i>

Nota: Los esquemas de clasificación para los órdenes Nostocales y Stigonematales se incluyen en el apéndice. Por otro lado, en todas las tablas de este apartado no se incluyen las autoridades de los taxa, esos vienen en las tablas del apéndice

No es posible caracterizar especies a partir del enfoque bacteriológico, menos aún, en regiones diversas como lo son las zonas tropicales. Con todo y sus deficiencias, en esta tesis se adopta la escuela botánica, para iniciar el trabajo taxonómico de los cianoprocariontes filamentosos de La Huasteca.

1.3. ANTECEDENTES

1.3.1 NACIONALES

Entre los estudios llevados a cabo para ambientes lóticos y terrestres mexicanos se cuentan el de Novelo (1998) y Tavera *et al* (1990) (tabla 1.7). En dichos trabajos, los géneros de cianofíceas filamentosas más frecuentes son *Phormidium* con 26 especies, seguido por *Lyngbya* y *Oscillatoria* con 18 especies .

Tabla 1.7. Reportes para México de cianofitas filamentosas en ambientes lóticos y terrestres.

Autor	Número de taxa		Área de estudio
	Especies	Nivel genérico	
Becerra	4	8	Tindales, Quintana Roo
Beltrán	1	1	Manantiales, Morelos
Bojorge	1	1	Río Magdalena, D.F.
Novelo	48	11	Tehuacán, Puebla
Ramírez	2	2	Cuenca del Valle de México
Tavera <i>et al</i>	21	–	Paredones del estado de Oaxaca
Valadez	63	6	Cuenca baja del río Amacuzac, Morelos

1.3.2. REPORTES PARA LA HUASTECA

En los últimos 18 años se ha llevado en el laboratorio de Ficología de la Facultad de Ciencias, el proyecto de Flora ficológica del río Pánuco. Como resultado, se han identificado 233 especies algales. Las divisiones mejor representadas son: Bacillariophyceae con 131 y Cyanophyta con 52 especies (Montejano *et al*, 2000). En la primera fase de dicho proyecto se caracterizaron los ambientes cascada, manantial, charcos y el sistema hidrológico El Salto, a partir de las especies algales presentes en ellos. Simultáneamente se detectaron problemas taxonómicos y se realizaron floras particulares para las diatomeas, rodofitas y clorofitas (Cantoral 1990, 1993, 1997; Carmona 1990, 1993, 1997; Margain, 1983; Meave 1983, 1994, 1997). Al desarrollar la ficoflora de esta zona se halló una rica y variada forma de algas verde-azules cocoides epifitas que en gran parte no correspondía con las descripciones existentes para las zonas templadas (Montejano, 1998). En todos

esos años de colecta, las cianofíceas filamentosas han sido un elemento constante en las comunidades algales recolectadas. El problema de la identificación de especies del orden Oscillatoriales, se refleja en las ficofloras de las cascadas de Micos hecha por Meave (1983) en donde se reportan 10 *Phormidium* sp, 3 *Lyngbya* sp, 3 *Microcoleus* sp. De los géneros *Oscillatoria*, *Nostoc* y *Scytonema* sólo reporta una muestra como sp y en el trabajo de cuerpos temporales de Margain (1983) se reporta 13 *Anabaena* sp, 7 *Nostoc* sp, 2 *Oscillatoria* sp y 1 *Gloeotrichia*, 1 *Lyngbya* sp y 1 *Calothrix* sp (Tabla 1.8.).

Tabla 1.8. Número de especies por género de cianofíceas filamentosas reportadas para la Huasteca Potosina.

Orden Oscillatoriales		Orden Nostocales	
Género	Número de especies	Género	Número de especies
<i>Oscillatoria</i>	15	<i>Calothrix</i>	5
<i>Plectonema</i>	3	<i>Nostoc</i>	3
<i>Homoeothrix</i>	2	<i>Scytonema</i>	2
<i>Phormidium</i>	2	<i>Tolypothrix</i>	2
<i>Blennothrix</i>	1	<i>Anabaena</i>	1
<i>Lyngbya</i>	5	<i>Cylindrospermum</i>	1
<i>Spirulina</i>	2	<i>Dichothrix</i>	1
<i>Symploca</i>	1	<i>Nodularia</i>	1
<i>Schizothrix</i>	1	Total	16
Total	32		

Algunas de las especies de *Heteroleiblenia* y *Leiblenia* son muy abundantes, pero no se han identificado todavía. Estos géneros presentan muchos problemas para la delimitación de especies que requieren un tratamiento taxonomico posterior (Montejano *et al*, 2000).

1.4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

Al aceptar que existen caracteres de importancia taxonómica, la idea de fondo es que hay cierta constancia en ellos. En contraste, también en muchos escritos se habla de la necesidad de evaluar su variabilidad. Dicha variabilidad se puede evaluar con cultivos o a partir de trabajo de campo.

Bajo la escuela bacteriológica, fueron mantenidas en condiciones constantes poblaciones de *Tolypothrix lanata* durante 2 años y de *Phormidium tenue* por un año sin cambios morfológicos notables (Crow, 1926). Sin embargo, para que este tipo de resultados sirvan como unidad de comparación, primero se debe identificar el material bajo la forma de la escuela botánica para tener con que contrastar y así poder evaluar si hay variación o no en los caracteres. Además, esta clase de estudios no se pueden hacer con ejemplares preservados, en función de los cuales se han realizado muchas de las investigaciones taxonómicas y florísticas.

La segunda forma de enfrentar esta problemática es realizar la caracterización biológica y ecológica de cada población a partir de trabajo de campo. El seguimiento anual hecho por Fritsch en 1953 de los cambios en los 4 morfotipos de una especie de *Phormidium* y la caracterización de 2 morfotipos de una especie de *Oscillatoria* marina llevada a cabo por Golubic en 1965, son ejemplos de este segundo tipo de acercamiento.

En realidad ambas estrategias son complementarias. En primer plano se debe llevar a cabo la caracterización biológica y ecológica (escuela botánica) y posteriormente realizar cultivos. De esa forma se cuenta con dos maneras de evaluar la variabilidad morfológica de las poblaciones de cianofíceas filamentosas.

De estas 2 alternativas, esta tesis entra en el segundo tipo, es una caracterización biológica y ecológica de las algas verde azules de los órdenes Oscillatoriales y Nostocales de la Huasteca.

El punto de partida de la presente investigación es que las cianofitas son algas, con estructura celular procariótica, por ello no se trabajan como bacterias. Se consideran algas porque comparten con este grupo los mismos ambientes; el mismo papel de productores primarios, niveles de organización semejantes, son organismos fotosintéticos oxigénicos y manifiestan adaptaciones similares (Castenholz & Waterbury, 1989). Sin embargo, los trabajos taxonómicos son de validez dudosa puesto que no se sabe hasta que grado incluyen la variabilidad de los caracteres y en muchos casos las descripciones y la información biológica y ecológica es incompleta. Es conveniente evaluar la variabilidad de los caracteres taxonómicos, en particular la de los miembros del orden Oscillatoriales. La hipótesis de la presente investigación es que las poblaciones de cianofitas filamentosas de los órdenes Oscillatoriales y Nostocales si muestran en la naturaleza, una constancia en los caracteres taxonómicos tradicionales. En esa constancia se incluyen las variaciones en dichos caracteres originadas a distintos niveles (ciclos de vida, poblaciones y por cambios ambientales). Para identificar especies, deben contemplarse a los individuos que las manifiestan. Por tanto, es posible reconocer, describir y delimitar especies de este grupo a partir del registro de la variación de los caracteres morfológicos y morfométricos de las poblaciones de algas verde-azules complementadas con información ecológica y de distribución obtenida del trabajo de campo.

Objetivos:

--Identificar especies de algas verde-azules a partir del registro de la variación de los caracteres morfológicos y morfométricos de las poblaciones encontradas.

--Evaluar los caracteres taxonómicos tradicionales morfológicos y morfométricos empleados en la caracterización de las poblaciones de algas verde-azules estudiadas.

--Evaluar la utilidad del esquema de clasificación del orden Oscillatoriales planteado por Anagnostidis & Komárek (1988) para la delimitación de los taxa de cianofíceas filamentosas.

--Reconocer problemas en la delimitación de géneros y especies en las poblaciones de cianofitas filamentosas de los órdenes Oscillatoriales y Nostocales.

--Evaluar el criterio utilizado para la toma de datos morfométricos en las poblaciones trabajadas.

--Describir la distribución y ecología de las poblaciones de cianofitas filamentosas de los 2 órdenes estudiados.

II. BIOLOGÍA DE LAS CIANOFÍCEAS FILAMENTOSAS

2.1. ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

2.1.1. Tricoma

Es la estructura básica de los cianoprocariontes filamentosos. El tricoma consiste en una serie de células conectadas unas con otras como consecuencia de la división celular llevada a cabo siempre en un sólo plano. Cada célula intercalar está en comunicación con otras dos (Desikachary, 1959).

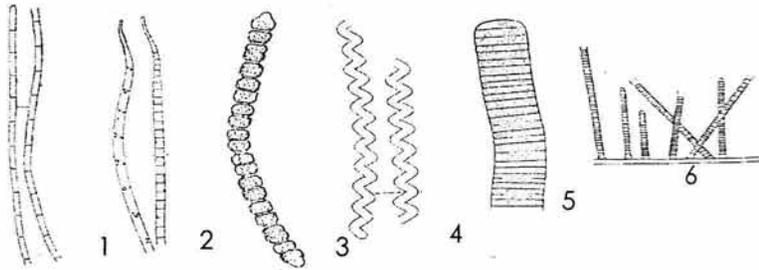


Lámina 1. Ejemplos de la variación morfológica de los tricomas. 1. Recto; 2. Atenuado; 3. Arqueado; 4. Espiralado; 5. Tricoma con ápice redondeado; 6. Filamentos heteropolares. (Tomado de Komárek *et al*, 2003)

Aún cuando todas las cianofitas filamentosas comparten el nivel de organización filamentososo, en los distintos taxa varía el aspecto del tricoma. Entre los miembros del orden Oscillatoriales los tipos más comunes son: recto, curvado, arqueado, espiralado, con forma de tornillo. Cualquier tipo de tricoma puede estar atenuado o no (Lámina 1). Su valor taxonómico es interespecífico (Anagnostidis & Komárek, 1988).

Cabe aclarar que el término tricoma tiene otra definición. En plantas vasculares, se le llama tricoma a cualquier excrescencia epidérmica. Entre los tipos de tricomas se cuentan las papilas, las escamas y los más comunes, los pelos. Éstos últimos son de forma alargada, a manera de hebra o cerda (FontQuer, 1985). En

contraste para las algas verde-azules, existen algunos tricomas que se atenúan con lo cual resulta una terminación con forma de pelo.

2.1.2. Vaina

Se le llama así a la envoltura tubular mucilaginoso de consistencia y composición variada que rodea a los tricomas. Al conjunto de tricoma y vaina se le conoce como filamento (Desikachary, 1959). La vaina es producto de la secreción de sustancias coloidales llevada a cabo por las células intercalares del tricoma. Las variantes de esta estructura se distinguen entre sí por su continuidad, consistencia, grosor, color, estratificación y tipo de lamelación (Anagnostidis & Komárek, 1988). Su consistencia va desde difluente presente en el orden Chroococcales hasta firme como la encontrada en especies del orden Oscillatoriales (Montejano, 1998).

A pesar de que numerosos autores no avalan este criterio como útil en la taxonomía del grupo. Aspectos como la consistencia, la pigmentación, su forma de terminación, han sido relevantes dentro de los 3 órdenes de cianofíceas filamentosas. En el futuro, su composición química podrá ser un punto a considerar en la taxonomía del grupo (Crow, 1926).

2.1.3. Ramificación

En las algas verde-azules existen 2 tipos de ramificación: falsa y verdadera. En la ramificación verdadera existe una modificación en el plano de división celular mientras que la falsa es resultado, sólo de un cambio en la dirección del crecimiento del tricoma (tabla 1.9). En la ramificación verdadera la célula origen de la rama presenta 3 puntos de conexión con las células intercalares vecinas y en la falsa ramificación sólo existen 2. Las variantes de ramificación falsa son comunes en algunos taxa del orden Oscillatoriales y Nostocales. La ramificación verdadera es exclusiva del orden Stigonematales (Golubic *et al*, 1996).

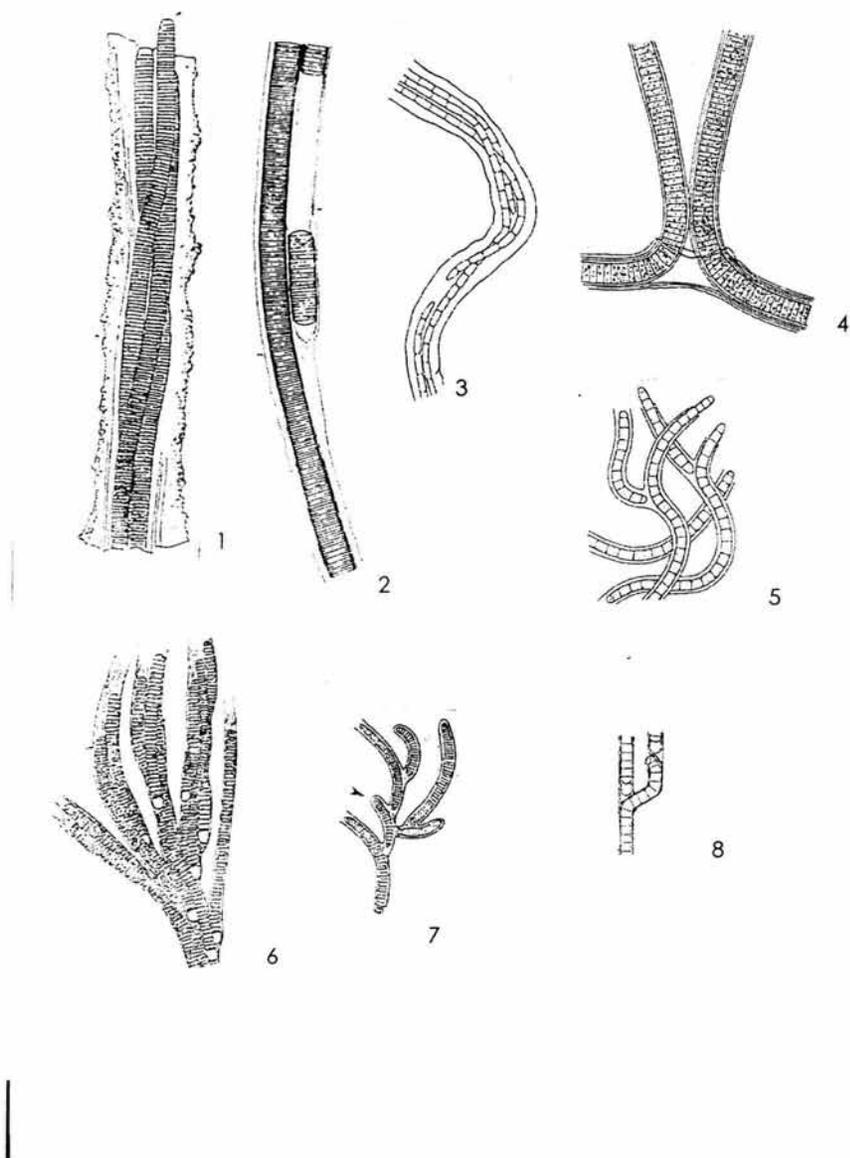


Lámina 2. Tipos de falsa ramificación en cianofíceas filamentosas. 1,3,6. Tipo *Microcoleus*, *Dichothrix*; 2. Tipo *Coleodesmium*; 4 Tipo *Plectonema* o *Scytonema*; 5.,7,8. Tipo *Tolypoithrix*. (Tomado de Komárek et al, 2003)

Tabla 1.9. Tipos de ramificación falsa presentes en los órdenes Nostocales y Oscillatoriales (Golubic *et al.*, 1996).

Género	Tipo de ramificación falsa
<i>Coleodesmium</i>	Un hormogonio forma su propia vaina dentro de la vaina madre y crece paralelo al tricoma original (Watanabe & Komárek, 1989).
<i>Plectonema</i> , <i>Scytonema</i>	Geminada, existen 2 ramas paralelas entre sí
<i>Talypothis</i>	En forma de Y.
<i>Schizothrix</i>	Dicotómica, en las puntas de los filamentos, se concentran dos o más tricomas.
<i>Dichothrix</i> , <i>Microcoleus</i> .	Apilamiento de varios tricomas que en conjunto dan la apariencia de rama.

2.1.4. Constricción de los tricomas

La constricción es una característica interespecífica referente al grado de estrangulamiento de las paredes celulares entre las células intercalares adyacentes. Los tricomas varían en su grado de constricción el cual puede estar ausente, tenue a profundo. En representantes de la familia Pseudanabaenaceae, la estrangulación de las paredes casi se completa, las células se observan como separadas entre sí (Anagnostidis & Komárek, 1988).

El grado de constricción y el tipo de división celular están relacionados con la forma final de las células vegetativas. Las distintas combinaciones de grados de constricción (ligero, medio, profundo) y tipos de división celular generan las células cuadradas o isodiamétricas, discoidales, rectangulares, en forma de barril, esféricas, etc (Anagnostidis & Komárek, 1988).

2.1.5. Morfología de las células apicales y caliptra

En las cianofitas filamentosas de los órdenes Nostocales y Oscillatoriales, las células del extremo apical, o sólo la célula apical, son distintas a las células intercalares. Los extremos apicales pueden ser atenuados o más anchos que el resto del tricoma mientras que las células apicales pueden tener distintas formas:

hemisféricas, cónicas redondeadas, cónicas acuminadas, en forma de gancho etc.. A veces presentan un engrosamiento de la membrana externa conocido como caliptra. Las poblaciones suelen exhibir filamentos con rangos de desarrollo intermedios, la diferenciación del tricoma va en aumento con la edad. En los tricomas maduros es donde el ápice adopta su forma específica (Shukovsky & Halfen, 1976). A pesar de su variabilidad, se le considera como de valor taxonómico interespecífico (Anagnostidis & Komárek, 1988).

2.1.6. Polaridad

En muchos representantes de los órdenes Nostocales y Oscillatoriales los filamentos son polares. La polaridad hace alusión a la apariencia heterogénea de los extremos de los filamentos, ya sea por la existencia de células basales y/o apicales diferenciadas para el caso del orden Oscillatoriales o resultado de la presencia de heterocitos, acinetos y zonas meristemáticas para el orden Nostocales. Dicha característica es típica de las familias de este último orden (Komárek & Anagnostidis, 1989). Los filamentos se clasifican como isopolares o heteropolares. Los isopolares pueden ser metaméricos, simétricos o subsimétricos. Los isopolares metaméricos se constituyen de unidades repetitivas de heterocitos, acinetos y células intercalares; los isopolares simétricos son aquellos en donde si dividimos en 2 partes al filamento, las 2 porciones resultantes son iguales y los isopolares subsimétricos al ser divididos dan como resultado 2 partes similares en apariencia pero no simétricas entre sí. Por su parte el término heteropolar se emplea cuando se desea expresar que uno de los extremos del filamento está libre y el otro se encuentra fijo a un substrato, hay una diferenciación entre la parte basal y la apical. Dentro de las algas verde-azules filamentosas, el mayor grado en la tendencia a la polaridad esta presente en los filamentos del orden Stigonematales con talos con hábito heterótrico, en ellos se distingue una zona postrada y una erecta (Komárek & Anagnostidis, 1990).

2.1.7. Tipos de división celular

Para los órdenes Oscillatoriales y Nostocales, la división celular ocurre siempre en sentido transversal al eje longitudinal del tricoma. En función del tamaño que tienen al momento de dividirse, las células intercalares se dividen de 2 formas: en el primero las células hijas se dividen y crecen hasta alcanzar el tamaño de la célula madre antes de volver a dividirse (familias Borziaceae, Phormidiaceae, Pseudanabaenaceae y Schizotricaceae) mientras que en el segundo tipo la frecuencia de la división y la formación de las paredes celulares transversales ocurre rápidamente, el tamaño de la célula adulta es pequeño, el resultado son células discoidales típicas de la familia Oscillatoriaceae (Anagnostidis & Komárek, 1988).

De acuerdo con Crow (1926), este carácter es de relevancia taxonómica sólo para los órdenes unicelulares y coloniales. Sin embargo, Anagnostidis & Komárek (1988) consideraron este carácter como delimitativo a nivel familia. El uso del tipo de división celular se avaló como delimitativo para ubicar 2 especies de *Phormidium* presentes en manantiales termales griegos dentro de la familia Phormidiaceae (Anagnostidis *et al*, 1988).

2.1.8. Contenido celular

La observación del contenido celular de distintas poblaciones de cianofíceas ha llevado a detectar diferencias en la apariencia y en los componentes celulares. De ahí que (Crow,1926) la incluyera como un carácter taxonómico. Este autor pone como ejemplos el contenido celular de las especies *Aphanotece prasiva*, *Merismopedia elegans*, *Chroococcus macrococcus*, *Cylindrospermum licheniforme* y *Synechocystis aquatilis* y menciona que la presencia de distintos tipos de gránulos alrededor de los septos parece ser constante para algunas especies del orden Oscillatoriales.

2.1.9. Variabilidad de los caracteres morfológicos

Anagnostidis *et al* (1988), en su estudio de *Phormidium boryanum* y *Phormidium janthiphorum* reconocen como caracteres morfológicos útiles en la delimitación de especies: la morfología de la célula apical y el grado de espiralidad de los tricomas. En el caso de la ubicación de la familia los caracteres valiosos son la presencia facultativa de la vaina, el tipo de formación de los hormogonios (vía necridios) y el tipo de espiralidad y movilidad de los tricomas.

Otro trabajo que respalda la validez de los caracteres morfológicos es el estudio hecho por Fritsch (1953) para una especie de *Phormidium* constituyente de un crecimiento en forma de tapete. Los 4 morfotipos presentes en los distintos estratos mantuvieron como caracteres morfológicos constantes: el tipo de célula apical y la persistencia de la vaina. De todo lo anterior, se reconoce la validez taxonómica de los caracteres mencionados, lo que hace falta es caracterizar el rango de variabilidad de cada uno de ellos.

2.1.10. Caracteres morfométricos

En la literatura, hay muchas investigaciones que dan a conocer la constancia del diámetro del tricoma, dichos estudios muestran gráficas con un comportamiento tipo distribución normal para esos datos (Fritsch, 1953; Golubic, 1965; Anagnostidis *et al.* 1988). Todos ellos respaldan el uso del carácter del diámetro del tricoma para delimitar especies. El extremo de esta postura fue la de Fjerdingstad (1970), quién tras evaluar el rango de variación del ancho del tricoma en herborizados de las especies *Oscillatoria limosa* y *Oscillatoria nitida* concluyó que dicha característica es la de mayor peso para identificar especies. No obstante lo anterior, en estos trabajos no explican de qué manera se tomaron los datos, excepto Anagnostidis *et al.*, 1988, quienes especifican que midieron el diámetro del tricoma del centro de la célula pero, aún ellos no dicen cuáles fueron los criterios para seleccionar las tricomas y las células a medir ni el número de

medidas tomadas. Por ello, es necesario plantear criterios para estandarizar la manera y la cantidad de medidas a contemplar durante la toma de datos morfológicos.

2.1.11. Células especializadas

2.1.11.1 Heterocitos

Las cianofitas son organismos fotosintéticos presentes en la superficie de la Tierra desde hace 3 500 millones de años. Como resultado de su actividad fotosintética, se incrementó la concentración de oxígeno (O₂) atmosférico el cual inactiva a la enzima nitrogenasa, responsable de la conversión del nitrógeno atmosférico a amonio. Una de las formas que las cianofitas enfrentaron la influencia deletérea del O₂, fue secuestrar el proceso de fijación del nitrógeno (N₂) a una célula con interior microaeróbico. Dicha célula fue llamada heterocisto (otro quiste) para diferenciarla de los acinetos. No obstante la importancia de esta célula, la fijación de N₂ no es exclusiva de las algas verde-azules heterocitosas, también es llevada a cabo por algunos representantes del orden Oscillatoriales -el género *Trichodesmium* es un ejemplo- (Whitton & Potts, 2000).

La apariencia del heterocito es incolora debido a su carencia de ficobiliproteínas, sin embargo mantienen la clorofila y los carotenos. Al igual que los acinetos, su tamaño es mayor que el de las células vegetativas. Al inicio del proceso de diferenciación existe la etapa de proheterocito en la cual, entre otros procesos, ocurren la síntesis de una gruesa envoltura integrada por una capa interna laminar, una capa central homogénea y una capa fibrosa externa y la activación de 2 proteasas, una degradadora de ficobiliproteínas y otro proteasa general dependiente de Ca²⁺ la cual degrada muchas proteínas perdidas durante el desarrollo del heterocito (Carr & Whitton, 1982).

Durante la fijación de N₂, la reducción de ciertos componentes del ciclo de las pentosas así como una alta tasa respiratoria son la fuente de energía alternativa ante la imposibilidad de obtener el aporte energético de la fotosíntesis. Como

parte de los avances en biología molecular se han identificado algunos genes enzimáticos de la nitrogenasa y ferredoxina; genes de polisacáridos y glicolípidos de la pared así como el gen regulador NtcA y el hetR con el cual inicia la diferenciación celular (Wolk *et al.*, 1994).

A menudo los heterocitos y acinetos son asociados debido a que se tratan de las 2 células especializadas presentes en los órdenes Nostocales y Stigonematales. En ambas células diferenciadas, se han identificado genes comunes al inicio de la diferenciación y a la síntesis de polisacáridos de su envoltura celular, además la proporción de los monómeros de éstos últimos es común a ambos tipos celulares (glucosa 75: manosa 20: galactosa 3: xilosa 4). Desde que la función de latencia propia del acineto se considera más elemental y por tanto, previa a la de fijación de N₂, se propone que los heterocitos sean resultado de una modificación en el proceso de diferenciación del acineto. La aparición de un poro que sirviera de canal de comunicación entre las células vegetativas y el acineto fue un paso crucial en el surgimiento del heterocito (Wolk *et al.*, 1994).

2.1.11.2. Acineto

Los acinetos son células especializadas cuya función es servir como mecanismo de perennación. Se forman hacia durante o después del término del crecimiento exponencial de la población. Su apariencia granular se debe a la acumulación de gránulos de cianoficina. La pared celular es de mayor grosor y su composición es distinta con respecto a las células intercalares: las 2 capas adicionales de su pared están conformadas mayormente por polisacáridos y no de compuestos aminos.

Los procesos propios de los acinetos son: diferenciación, maduración y germinación, este último es el más estudiado de los 3. La forma más usual de germinación es a través de un poro. El inicio de la división celular puede ser previo o posterior a la salida de la célula y a la expulsión de la pared del acineto. Las

evidencias experimentales demuestran que la intensidad de luz es el agente desencadenante de la germinación y temperaturas mayores a 23°C estimulan la actividad metabólica. Los sitios idóneos para este proceso son los sedimentos de lagos someros. Entre las cuestiones sin explicaciones satisfactorias están los mecanismos por los cuales los heterocitos determinan la ubicación de los acinetos así como los factores responsables del inicio de la diferenciación de una célula vegetativa a acineto (Carr & Whitton, 1982; Baker, 1999; Tsujimura & Okubo, 2001; Karlsson, 2003).

2.2 .Reproducción y ciclos de vida

2.2.1. Reproducción

La forma usual de reproducción de las algas verde-azules es la producción de hormogonios y, en menor proporción, de hormocitos. Los hormogonios son fragmentos de tricoma, facultativamente móviles, cortos (de 1-50 células) o largos. Estas estructuras se pueden formar en la parte apical o como resultado de la desintegración de todo el tricoma. Se han descrito 2 modos de separación de los hormogonios: la primera es por rompimiento del tricoma a través de necridios para la familia Phormidiaceae y, para el orden Nostocales, por células de sacrificio o heterocitos. El otro tipo ocurre cuando el tricoma se separa entre dos células intercalares como dentro de la familia Pseudanabaenaceae y el orden Nostocales. Dentro de este último orden, algunas veces los hormogonios desarrollan vesículas gaseosas. Su tipo de formación, movilidad, morfología y desarrollo son probablemente caracteres intergenéricos o interespecíficos dentro del orden Oscillatoriales. (Anagnostidis & Komárek, 1988; Komárek & Anagnostidis, 1989).

Por otra parte existe la reproducción por hormocitos, éstos son similares a los hormogonios pero sésiles. Ambas estructuras se forman en la porción terminal de los tricomas o por desintegración del tricoma completo. En las familias Rivulariaceae y Ammatoideaceae es a partir de la separación del pelo terminal. (Anagnostidis & Komárek, 1988). En el género *Coleodesmiumopsis* (familia

Microchaetaceae) así como en varios taxa del orden Stigonematales existe otra estrategia: la reproducción puede llevarse a cabo por la formación de acinetos y/o monocitos (Komárek & Anagnostidis, 1990).

2.2.2. Ciclos de vida

Aún cuando no existe un esquema del ciclo de vida para los miembros del orden Oscillatoriales en este trabajo se plantea que su ciclo gire en torno a la producción y liberación de hormogonios. Entre las fases relacionadas con estos procesos se encuentran tricomas con septos gruesos o invisibles, filamentos con muchos necridios o con muchos hormogonios. Se requieren futuros estudios para poder conocer el ciclo de vida de estos organismos.

Para el orden Nostocales se conocen los ciclos de vida generales de algunos de sus taxa. Algunos de los géneros estudiados son *Camptylonemopsis*, *Gloeotrichia* y *Nostoc* (Komárek & Anagnostidis, 1989; Komárek, 2003; Karlsson, 2003). Aunque distintos, los 3 ciclos son complejos puesto que están compuestos de varias fases e implican la producción de heterocitos, acinetos y hormogonios. De estos 3 taxa, el ciclo de vida sencillo es el del género *Camptylonemopsis* (Lámina 4) en torno a la producción y liberación de hormogonios. Las posibilidades de reproducción se amplían también con la formación de acinetos y hormocitos. En el ciclo de vida del género *Gloeotrichia* (Lámina 3), la producción de acinetos es un proceso relevante en tanto que el ciclo de vida más complejo, el reconocido para el género *Nostoc*, los heterocitos son los que juegan un papel central (Lámina 5) (Montejano & González, 1979; Karlsson, 2003).

La repercusión del conocimiento de los ciclos de vida en el trabajo taxonómico es planteado por algunos investigadores. Se propone que la interacción entre los distintos procesos que conforman los ciclos de vida de las cianofitas filamentosas puede ser un primer acercamiento en la búsqueda de criterios objetivos que permitan jerarquizar los caracteres taxonómicos de las algas verde-azules

filamentosas. La caracterización de los procesos implicados en las variantes de ramificación falsa y verdadera es el primer intento de ello (Gólubic *et al*, 1996).

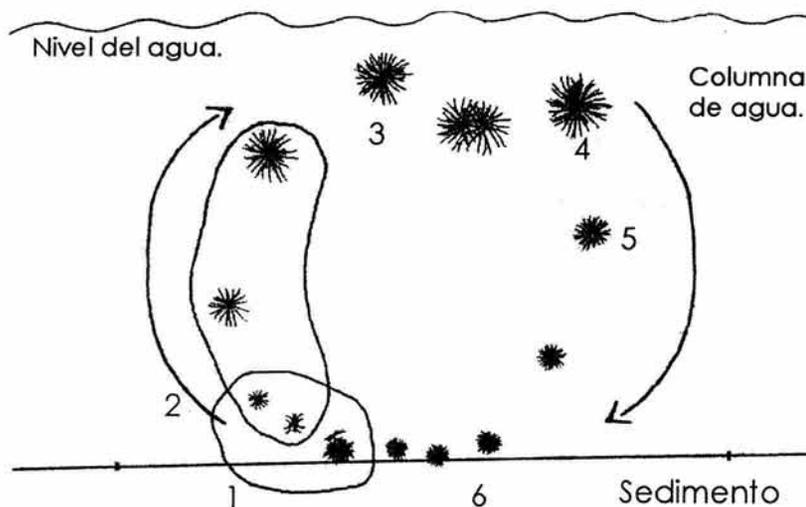


Lámina 3. Ciclo de vida de *Gloeotrichia echinulata*. 1. Germinación y periodo de crecimiento en el sedimento ; 2. Formación de vesículas de gas y migración hacia arriba en el agua; 3. Crecimiento y división en la columna de agua; 4. Formación de acinetos en la base de los filamentos; 5. Pérdida de las partes externas de los filamentos vegetativos y hundimiento hacia el fondo; 6. Período de maduración de los acinetos (dentro de las colonias de los acinetos) sobre el sedimento del lago (Tomado de Karlsson, 2003. Modificado por Cartajena, 2004)

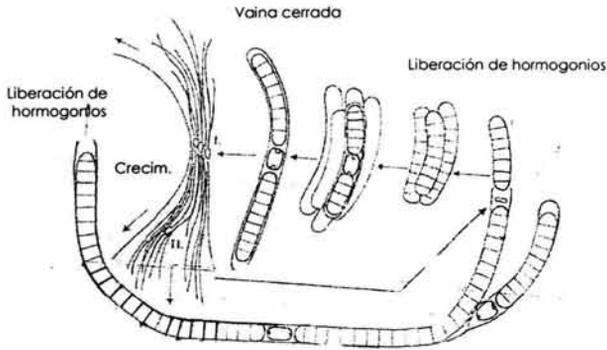


Lámina 4. Esquema del ciclo de vida del género *Camptylonemopsis*. (Tomado de Komárek, 2003).

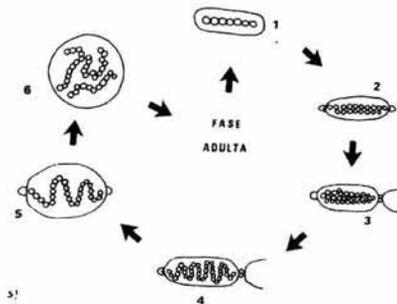


Lámina 5. Ciclo general del género *Nostoc*. 1. Hormogonio con vaina ya desarrollada; 2,3. Fases aseriadas; 4,5. Fases ovaladas con polaridad; 6. Fase globosa. (Tomado de Montejano *et al*, 1979).

III. TAXONOMÍA DE LOS CIANOPROCARIONTES FILAMENTOSOS

En las últimas 2 décadas el conocimiento sobre la biología de las cianofíceas se ha incrementado considerablemente con la incorporación de nuevas técnicas bioquímicas y de biología molecular, las cuales son sintetizadas en las recopilaciones de Donald *et al*, (1994) y Whitton & Potts, (2000). Los taxa de cianofitas filamentosas estudiados predominantemente son los de ambientes extremos (lagos hipersalinos, zonas polares, manantiales termales etc.) junto con especies planctónicas formadoras de toxinas y/o florecimientos algales Beltrán (2002).

El trabajo de Komárek & Anagnostidis (1999) para el orden Chroococcales sobre especies europeas representa una guía fundamental para el trabajo de determinación de los taxa de nivel de organización unicelular, colonial y pseudofilamentoso. Si bien no contiene las especies propias de las zonas tropicales, brinda los criterios de referencia para la delimitación de los taxa útiles para los ficólogos de cualquier región geográfica. A pesar de que generalmente es aceptada la existencia de una flora de cianoprocariontes poco conocida en ambientes extremos y regiones tropicales, es muy escaso el número de estudios florísticos y taxonómicos en este grupo y todavía no se cuenta con trabajos de igual magnitud para los taxa de algas verde-azules filamentosas. Varios factores están relacionados con este hecho, de los cuales podemos mencionar los siguientes:

3.1. Variación en las cianofitas

La variabilidad registrada tanto para poblaciones naturales como en cultivos es clasificada en 3 tipos genética, fases del ciclo de vida y la inducida por cambios ambientales (Crow, 1926).

3.1.1. Genética

Este tipo de variación es el que constituye las diferencias sistemáticas entre los taxa de algas verde-azules. Aquí se puede hablar de 2 tipos de variación individual y poblacional. Una forma de variación individual son los filamentos que exhiben distintas características dentro de un mismo individuo. Una explicación a dicha variación es la propuesta por (Child,1915 En: Crow, 1926), quién defiende que esos gradientes morfológicos son consecuencia de gradientes metabólicos. Como variación poblacional se incluyen los morfotipos y las diferencias entre poblaciones de una misma especie con respecto a la síntesis de pigmentos de la vaina, dominancia de los individuos en cierta fase del ciclo de vida. En los estudios de cianoprocariontes, se define al morfotipo como un conjunto de individuos que comparten caracteres, los cuales permiten reconocerlos como miembros de la misma especie pero distinguibles como grupos distintos en otros caracteres morfológicos y/o morfométricos. Las investigaciones de Fritsch (1953); Golubic (1965) y Anagnostidis *et al* (1988) describen distintos morfotipos en especies de los géneros *Oscillatoria* y *Phormidium*.

3.1.2. Fases de ciclo de vida

La presencia en las poblaciones de individuos de edades distintas es otro motivo de variación. Para los ordenes Oscillatoriales y Nostocales, sólo se reconoce la existencia de hormogonios, mas en las fotografías de los morfotipos de *Phormidium boryanum* presentes en manantiales termales griegos, se observan filamentos en la fase de producción de necridios y otros en la etapa con vaina gruesa, contenido celular granuloso y septos celulares poco diferenciados. En este mismo estudio se reconoce que el tipo de célula apical existe sólo en los filamentos maduros, antes de ello hay filamentos con distintos extremos apicales (Crow, 1926.; Anagnostidis *et al*, 1988).

3.1.3. Inducida por cambios ambientales

Este tipo de variación se ha observado en cultivos y en poblaciones naturales. En cultivos, la adición de ciertas sustancias (fructosa, pepsina, solución Knop, etc) provoca cambios morfológicos en poblaciones de cianofitas filamentosas y unicelulares. La variación estimulada por cambios ambientales se ha registrado para poblaciones de *Phormidium* expuestas a condiciones de luz y sombra (Crow, 1926) así como en los cambios provocados por la variación ambiental a lo largo de las 4 estaciones del año en los 4 morfotipos de una especie de *Phormidium* estudiada por Fritsch (1953).

Por tanto, la variación en los caracteres morfológicos y morfométricos puede ser explicada como: variación poblacional (genética); variación resultado de existir poblaciones con individuos en distintas fases de su ciclo de vida (fase de producción de hormogonios, fase de producción de necridios etc.) así como las modificaciones morfológicas y morfométricas inducidos por cambios en los parámetros ambientales.

3.2. Delimitación de géneros

La delimitación imprecisa de muchos de los taxa de cianoprocariontes ha sido manifestada por diversos autores (Geitler, 1932; Anagnostidis & Komárek, 1988). Golubic en 1965 plantea la ambigüedad en la separación de los géneros *Oscillatoria* con *Arthrospira*. Este problema sigue vigente en el esquema de Anagnostidis & Komárek (1988), en el cual géneros como *Heteroleiblenia*, *Leiblenia* y *Jaaginema* están poco caracterizados.

3.3. Delimitación de especies

Dos aspectos que han contribuido a la confusión en la delimitación de especies son la existencia de variedades y la ocurrencia de filamentos espiralados en muchas especies de cianofíceas.

3.3.1. Variedades

El término variedad se originó junto con el concepto tipológico de especie. En sus inicios se empleó para designar cualquier variación –individual o poblacional- con respecto al ejemplar tipo. En zoología, este término fue sustituido por el de subespecie mientras que en botánica todavía es muy usado (Meave, 1997).

En las algas verde-azules filamentosas, el término variedad se ha empleado para designar a poblaciones que difieren de la descripción original en caracteres como el grado de constricción de los tricomas, su presencia en regiones geográficas distintas o con dimensiones menores o mayores. Tal es el caso de *Oscillatoria splendida* var. *maior* distinguible por sus mayores dimensiones y por estar presente en Costa-Rica mientras que *Phormidium retzii* var. *fasciculata* es distinta de la descripción en la forma de crecimiento.

De entre todos los conceptos de variedad en esta tesis se prefiere el de Sundström (1986) quién define a las variedades como poblaciones de una misma especie, morfológicamente distinguibles entre sí y, por tanto, probablemente con un papel ecológico distinto. En tal caso, dichas poblaciones estarían en el proceso de especiación.

3.3.2. Filamentos espiralados

Existen en la literatura muchos reportes de filamentos denominados como deformaciones o anomalías. Los más comunes son aquellos con distintos grados de espiralidad y de constricción de los tricomas. Su presencia común en las poblaciones de cianofitas filamentosas llevo a pensar que no existían los géneros *Spirulina* y *Arthrospira*. La propuesta de Crow (1926) es que en base a su recurrencia, deben de tener alguna relevancia taxonómica.

3.4. Ecología

Una idea muy común y errónea es pensar que las especies de algas verde-azules pueden estar presentes en todos los ambientes. Esta es una forma equivocada

de interpretar el término cosmopolitismo. Una especie es cosmopolita cuando existe en los 5 continentes (Montejano *com. pers.*). No obstante, las poblaciones no están en cualquier lado, están en sitios con rangos ecológicos limitados. Por ejemplo, *Geitleria calcarea* existe sólo en cuevas, *Mastigocladus laminosus* es exclusiva de manantiales termales y *Cyanothece aeruginosa* en habitats oligotróficos, turbosos y fríos. Aún cuando la ecología de las especies no es un carácter taxonómico, es importante incluirla para caracterizar y delimitar a las especies de cianofíceas (Komárek, 1994; Montejano, 1998; Beltrán, 2002).

3.5. Material trabajado

De manera particular, una limitante de este trabajo es el haber trabajado con muestras de herbario provenientes de colectas previas. En los registros de campo, existen algunos datos incompletos o no están. Las fallas más comunes son la caracterización incompleta del ambiente y de la forma de crecimiento. Otro inconveniente de trabajar con muestras fijas es la falta de caracterización del color de los filamentos y la incapacidad de registrar el movimiento de los tricomas y hormogonios de las poblaciones de los órdenes Oscillatoriales y Nostocales.

IV. ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

4.1. Área de estudio

Las localidades comprendidas en este estudio forman parte de la cuenca del río Pánuco, que se localiza entre los 19° y 24° Norte y los 97° 45' y 101° 20' Oeste y abarca una superficie de 84, 956 km². La cuenca esta dividida en dos zonas: el Alto y Bajo Pánuco. El río Pánuco es resultado de la confluencia del Río Tampoán con el Río Moctezuma y desemboca en el Golfo de México (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1971).

La mayor parte de la Hidrología de la Cuenca Baja del río Pánuco queda incluida en la región de La Huasteca. Esta región se localiza en la parte NE de México entre los 20° y los 24° N, extendiéndose al oriente hasta el Golfo de México y al occidente hasta los 100 W, abarca los estados de Tamaulipas, Veracruz, Hidalgo y San Luis Potosí. De acuerdo con Rzedowski en La Huasteca Potosina existe una vasta diversidad de especies terrestres y acuáticas debido a que: a) es zona limítrofe norte de la zona cálida húmeda americana y el inicio de la región boreal; b) a la presencia de una topografía variada; c) a la gama amplia de condiciones climáticas y d) los distintos tipos de substratos geológicos y suelos (Puig, 1991)

La alta precipitación de la región provocada por el choque de los vientos alisios contra la Sierra Madre Oriental y los vientos fríos cargados de humedad llamados "Nortes" que soplan en la época de invierno son responsables de la existencia de innumerables ríos y arroyos, muchos de ellos temporales. Por otro lado, la porosidad del suelo y el gran número de grutas favorecen la filtración del agua, por ello La Huasteca presenta una red hidrográfica subterránea permanente importante.

La zona es de naturaleza cárstica, en ella se originan gran cantidad de corrientes que atraviesan diversas topografías, lo cual provoca en un área relativamente

pequeña y homogénea desde el punto de vista climático y geológico, la formación de gran variedad de ambientes ficológicos tales como: rápidos, cascadas, pozas, manantiales. La predominancia de la roca caliza como substrato influye en la existencia de aguas alcalinas en donde los carbonatos se precipitan con facilidad debido a la alta velocidad de las corrientes en las cercanías de las cascadas (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1985)

En la región de estudio, existen 3 sistemas hidrológicos distintos: 1) El conformado por el río Moctezuma, proveniente del río Tula y principal colector de la cuenca alta. A este sistema pertenecen Huichihuayán en la Huasteca Potosina y las localidades Tlanchinol y Zacualtipán en el estado de Hidalgo; 2) El sistema del río Tampaón cuyo origen es el resultado de la unión del río Verde que nace en la región oeste de la Huasteca Potosina con el río Santa María proveniente del norte del estado de Querétaro. Este es el sistema hidrológico más importante de la zona y además es el que incluye la mayor parte de las localidades estudiadas en el presente trabajo. Algunos de sus ríos y arroyos tributarios son el río Tamasopo, río El Salto, Puente de Dios, El Meco, el río Coy y Micos. 3) El tercer sistema (no considerado en este estudio) es el conformado por río Pánuco el cual corre entre la zona limítrofe de los estados de Veracruz y Tamaulipas para desembocar en el Golfo de México (Puig, 1991).

Tabla 2.0. Ubicación de las localidades de estudio en la Huasteca Potosina e Hidalguense.

Localidad	Estado	Municipio	Longitud Latitud	Altitud (m.s.n.m)	Sistema Hidrológico
1. Nac. Huichihuayan	S.L.P	Huehuetlán	98° 55' O 21° 27' N	100	Moctezuma
2. Tlanchinol	Hidalgo	Tlanchinol	99° 30' 04'' O 19° 09' 39'' N	1300	Moctezuma
3. Zacualtipan	Hidalgo	Zacualtipán de los Angeles	98° 41' 27'' O 20° 41' 27'' N	2363.7	Moctezuma
4. Agua Buena.	S.L.P	Tamasopo	99° 22' O 21° 58' N	335	Verde-Tampaón
5. Río Verdito	S.L.P	---	---	---	Verde-Tampón
6. Nac. El Salto	S.L.P	Ciudad Maíz	99° 24' O 22° 35' N	500	Verde-Tampaón
7. El Salto	S.L.P	Ciudad Maíz	99° 24' 24'' O 22° 35' N	400	Verde-Tampaón
8. Puente de Dios	S.L.P	Tamasopo	99° 24' 19'' O 21° 27' 15'' N	450	Verde-Tampaón
9. Nac. río Coy	S.L.P	Tamuín	98° 57' 00'' O 21° 45' 26'' N	60	Verde-Tampaón
10. Micos	S.L.P	Ciudad Valles	99° 09' O 22° 06' N	120	Verde-Tampaón
11. El Meco	S.L.P	Ciudad Maíz	99° 18' O 22° 27' N	300	Verde-Tampaón
12. La Garita	S.L.P	Aquismón	99° 02' O 21° 40' N	60	Verde-Tampaón
13. Santa Anita	S.L.P.	Aquismón	99° 37' 20'' O 21° 35' 27'' N	160	Verde-Tampaón
14. Tambaque	S.L.P	Aquismón	99° 01' O 21° 41' N	150	Verde-Tampaón
15. Tanchanchín	S.L.P	Aquismón	99° 08' 41'' O 21° 49' 60'' N	90	Verde-Tampaón

Nota: De la localidad río Verdito (localidad 5), no se tiene la ubicación geográfica al tratarse de las primeras colectas durante las cuales no se contaba con los instrumentos necesarios para conocer su ubicación. S.L.P. = San Luis Potosí.

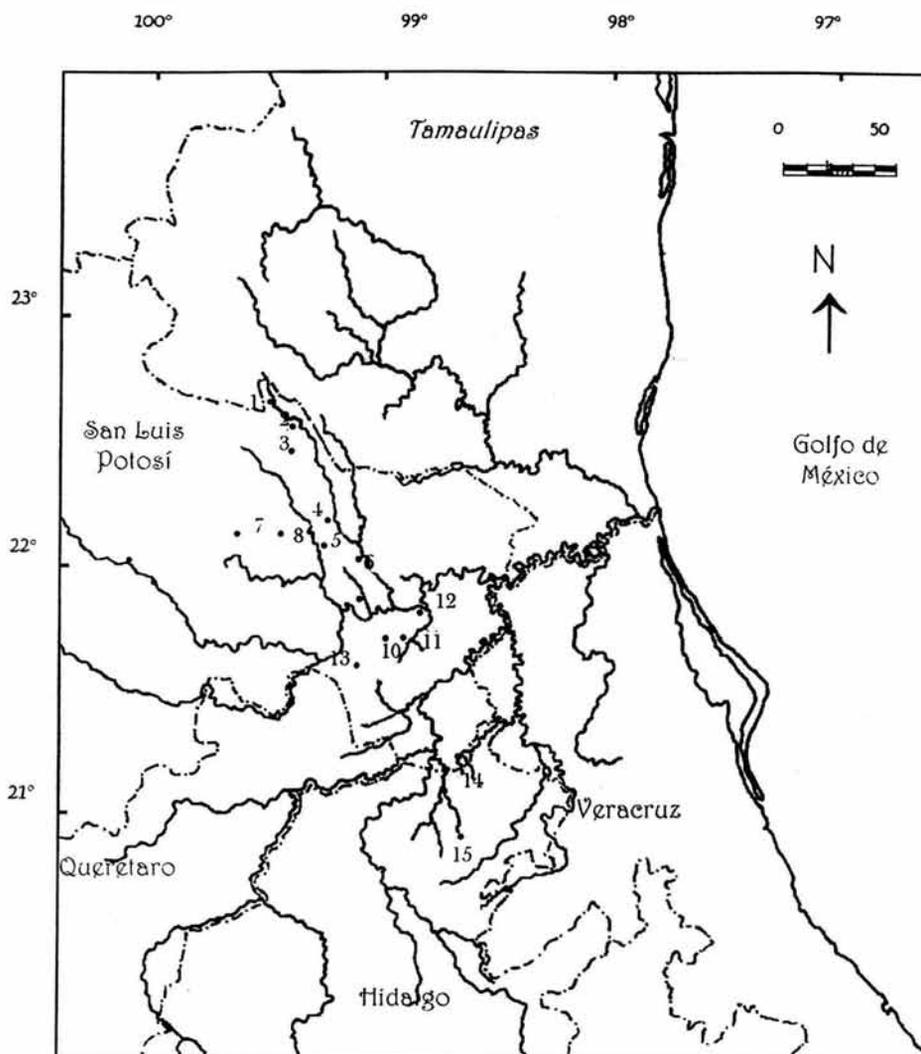


Lámina 6. Localidades de la región de estudio. 1. Nacimiento El Salto; 2. El Salto; 3. El Meco; 4. Micos; 5. Santa Anita; 6. Tanchanchín; 7. Puente de Dios; 8. Agua Buena; 9. Río Verdito; 10. Tambaque; 11. La Garita; 12. Nacimiento del Coy; 13. Huichihuayan; 14. Tanchinol; 15. Zacuatlipán

4.2. Metodología

Se dividió en 2 partes principales: trabajo de campo y trabajo de laboratorio.

4.2.1. Trabajo de campo

Las muestras abarcadas en este estudio fueron recolectadas en los años 2001 y 2002 en ambientes continentales pertenecientes en su mayor parte a la Huasteca Potosina y un pequeño porcentaje a la Hidalguense.

En cada una de las localidades se tomaron las formas de crecimiento algales visibles las cuales quedaron referidas a un número de muestra. Para cada localidad de las 2 últimas colectas, se tomaron datos de los parámetros medioambientales más importantes tales como pH, temperatura, iluminación, conductividad y velocidad de corriente. El material fue preservado en frascos de plástico con formol al 4% y fue depositado en el Herbario de la Facultad de Ciencias de la UNAM (FCME) con las siglas PA, correspondientes al proyecto Flora Ficológica de México en la Cuenca del río Pánuco.

Además de los datos morfológicos, las poblaciones estudiadas se caracterizaron con base a datos ambientales. El pH y la conductividad son parámetros que aportan información sobre la cantidad de nutrientes disponibles para las algas mientras que la velocidad de corriente, la intensidad luminosa y la temperatura tipifican a las especies con respecto a sus adaptaciones hacia cierto ambiente y microambiente.

La insolación se expresó como el porcentaje del horizonte que se observa desde el punto de colecta (Johansson 1982). En este trabajo se expresa como: insolación muy alta = > 80% del horizonte visible; alta = 60 -80 %; media = 40 - 60%; baja = 20 - 40 % y muy baja = < 20%. Para el caso de la velocidad de corriente se registro en base a las 5 categorías empleadas por Johansson (1982); muy baja (casi

estancada), baja, moderada, alta y muy alta. Para poderlo relacionar con datos cuantitativos Carmona (1993) elaboró una correlación basado en los valores máximos y mínimos registrados en el área de estudio y en mediciones llevadas en el campo con ese propósito: < 0.1 m/sg = muy baja; $0.1 - 0.35$ m/sg = muy lenta; $0.35 - 0.6$ m/sg = moderada; $0.6 - 0.85$ m/sg = alta y > 0.85 m/sg = muy alta.

Las abreviaturas utilizadas para los parámetros físico-químicos en las descripciones de los taxa determinados son. IL =Intensidad luminosa; VC= Velocidad de corriente; T= Temperatura; Ω = Conductividad.

4.2.2. Trabajo de laboratorio

El trabajo en laboratorio consistió en la observación al microscopio de las muestras herbario colectadas en los años 1983, 1985, 1995, 1996, 1998,1999, 2001 y 2002 preservadas en formol. En total se revisaron 65 muestras.

De cada taxon de cianofíceas filamentosas determinado se observaron, midieron y dibujaron los caracteres propuestos por los especialistas o bien, aquellos que consideramos importantes en la delimitación de las especies de este grupo.

La determinación y medición de las especies se realizó con la ayuda de un microscopio Reichert (40X, 60X, 100X) con óptica de contraste interdiferencial (DIC) mientras que los dibujos se realizaron con ayuda de un microscopio de campo claro. La mayor parte se llevaron a cabo a 100x. En el caso de las cianofitas filamentosas de diámetro mayor a $10 \mu\text{m}$ también se hicieron dibujos a 40x. Se hicieron preparaciones permanentes de las muestras con gelatina glicerizada al 50 %. (González y Novelo, 1986). El esquema de clasificación seguido para las algas verde azules filamentosas es el de Anagnostidis y Komárek (1988, *s.f. pub.*), Komárek y Anagnostidis (1989). Para su identificación se utilizaron los trabajos de Tilden (1910), Frey (1929), Geitler (1932), Desikachary (1959), Skuja

(1964), Starmach (1966), Sant' Anna L. *et al* (1988, 1995), Branco Z.L.H. *et al* (1999, 2001).

Se tomaron los siguientes datos morfométricos (diámetro del tricoma y del filamento, grosor de la vaina, largo de las células intercalares y la relación largo/ancho de las mismas). El dato de diámetro del tricoma se tomó en la porción media del filamento. Las medidas de longitud celular se tomaron a partir de células que ya habían alcanzado su tamaño adulto después de la división celular. Para tener el rango de tamaño se tomaron, para cada caso, de 2-5 medidas de las células pequeñas por filamento a partir de las cuales se reporta el dato máximo, mínimo y el promedio para cada taxa. Cada dato morfométrico quedó referido a un intervalo que contiene la máxima y mínima celular y su media. Las mediciones fueron hechas en réplicas de 35.

Los caracteres cualitativos tales como tipo de ápice, grado de constricción del tricoma, características de la vaina etc., al igual que para los datos morfométricos, se observaron en varios filamentos para incluir la variación poblacional. Los caracteres cualitativos tales como las características del talo, el color de la vaina y del tricoma, el tipo de contenido celular fueron observados en material vivo a partir de las recolectas llevados a cabo a partir del 2001 y 2002, es decir, a partir de las muestra PA3918 hasta la PA4021 mientras que para las recolectas de los años anteriores dichos datos se basaron en los registros y en la observación de material fijado en formol al 4%.

A raíz del trabajo de determinación se tuvo como resultado la asignación de las poblaciones trabajadas a nivel genérico y específico. Para los casos en los cuales se tuvo duda sobre la identidad de las especies se consideró que éstas deben compararse con el ejemplar tipo de ahí que se les asignaran las siglas c.f. (confrontar).

La manera en que se abordó la problemática taxonómica a nivel de especie fue trabajar a nivel poblacional. Se registraron las fases encontradas con todos los datos disponibles (medidas, dibujos, notas etc). Se observaron características intermedias a lo largo de un mismo filamento con el fin de caracterizar a todas las fases del ciclo de vida así como los distintos morfotipos que componen las distintas poblaciones pertenecientes a una misma especie. Además para cada especie se especificaron las discrepancias entre la descripción existente en la bibliografía y el material trabajado. Los filamentos en distintas fase de desarrollo (formación de necridios, producción y liberación de hormogonios) así como el reconocimiento del rango de variación en los caracteres morfométricos de relevancia taxonómica (características de la vaina, grado de atenuación y constricción del tricoma etc) permitieron reconocer a las poblaciones como pertenecientes a ciertas especies cuando escaseaban los filamentos con los caracteres marcados por las descripciones.

La clave es de caracter artificial. Los órdenes Oscillatoriales y Nostocales son delimitados por la presencia/ausencia de heterocitos y ramificación. Dentro del orden Oscillatoriales las familias son separadas en base al tipo de división celular, la carencia o tipo de ramificación falsa mientras que las familias del orden Nostocales son distinguidas entre sí por la ausencia y tipo de ramificación falsa así como la presencia o carencia de polaridad. Además, dentro de cada familia, se delimitaron géneros y especies.

V. RESULTADOS

5.1. TAXA DETERMINADOS

Se determinaron 33 taxa de cianofitas filamentosas. 29 pertenecen al orden Oscillatoriales (88%) y 4 al orden Nostocales (12 %). Estuvieron presentes representantes de las 6 familias del orden Oscillatoriales. Los géneros mejor representados fueron *Phormidium* (7 especies) y *Lyngbya* (3 especies). Los géneros con 2 especies fueron *Blennothrix*, *Tychonema* y *Schizothrix* y aquellos con una sola especie incluyen a *Homoeothrix*, *Komvophoron*, *Oscillatoria*, *Porphyrosiphon*, *Microcoleus*, *Geitlerinema*, *Jaaginema*, *Leibleinia*, *Pseudanabaena* y *Heteroleibleinia*. En el caso del orden Nostocales, estuvieron presentes 4 familias y 4 géneros, cada uno de ellos con una especie (Tabla 2.1).

En las especies encontradas hubo 10 formas de crecimiento distintas. Las más frecuentes fueron: tapetes (5), tufos (3) y pulvinados (2). Dentro de las formas de crecimiento, 17 fueron especies estructurales y 19 asociadas. Cuatro de las especies estuvieron en ambos tipos.

Los formas de vida más frecuentes fueron: epilíticas (15), metafíticas grandes (10) y metafíticas pequeñas (7) (Tabla 2.5).

Taxonomía y distribución de cianofitas filamentosas de La Huasteca, México.

Tabla 2.1. Ubicación taxonómica del material trabajado en la presente investigación.

Orden	Familia	Taxa
Oscillatoriales	Ammatoideaceae.	<i>Homoeothrix juliana</i> var. <i>lyngbyoides</i>
	Borziaceae.	<i>Komovophoron crassum</i>
	Oscillatoriaceae.	
	Subfamilia Oscilatorioideae	<i>Blennothrix bremerii</i>
		<i>B. ganeshii</i>
		<i>Lyngbya</i> sp
		<i>L. endophytica</i>
		<i>L. c.f.maior</i>
		<i>L. c.f.martensiana</i>
		<i>Oscillatoria obtusa.</i>
	Phormidiaceae	
	Subfamilia Phormidiodeae	<i>Phormidium</i> sp 1
		<i>Phormidium</i> sp 2
		<i>Phormidium</i> c.f. <i>jadinianum</i> var. 1
		<i>P. c..f. jadinianum</i> var. 2
	<i>P. retzii</i>	
	<i>P. subfuscum</i> var. 1	
	<i>P. subfuscum</i> var. 2	
	<i>P. c.f. tinctorium</i>	
	<i>P. c.f. truncicola</i>	
	<i>Porphyrosiphon notarisii</i>	
	<i>Tychonema boretii</i>	
	<i>T. rodonema</i>	
	Subfamilia Microcoleoideae	<i>Microcoleus subtorulosus</i>
	Pseudanabaenaceae	
	Subfamilia Pseudanabaenoideae	<i>Geitlerinema splendidum</i> var. <i>maior</i>
		<i>Jaaginema homogeneous</i>
		<i>Leiblenia epiphytica</i>
		<i>Pseudanabaena</i> c.f. <i>catenata</i>
	Subfamilia Heteroleibleinioideae	<i>Heteroleiblenia kützingii</i>
	Schizotrichaceae	<i>Schizothrix</i> c.f. <i>lardacea</i>
		<i>S. lacustris</i> var. <i>fascilis</i>
Nostocales	Nostocaceae	<i>Nostoc verrucosum</i>
	Scytonemataceae	<i>Scytonema arcangeli</i>
	Microchaetaceae	<i>Tolypothrix</i> c.f. <i>distorta</i>
	Rivulariaceae	<i>Dychothrix orsiniana</i>

5.2. DELIMITACIÓN DE TAXA

5.2.1. Familias

De las especies trabajadas, la asignación a nivel familia se realizó de manera satisfactoria, excepto para el género *Homoeothrix*. En el esquema de Anagnostidis & Komárek (1988), se incluye dentro de la familia Homoeotricaceae. En la Enciclopedia no publicada se encuentra dentro de la familia Ammatoideaceae y en el trabajo de Komárek *et al*, (2003) es parte de la familia Pseudanabaenaceae, en la subfamilia Heterobleinioidae. En este trabajo se reporta a la especie del género *Homoeothrix* dentro de la familia Ammatoideaceae. Sin embargo, su ubicación no es clara.

Los criterios válidos para la delimitación de familias fueron: tipo de división celular, presencia o ausencia de necridios, crecimiento determinado y ausencia-presencia y tipo de falsa ramificación.

◆ *Tipos de división celular.* Se observaron 3 tipos de división:

a) División rápida que conduce a células intercalares más anchas que cortas. Este tipo de división estuvo presente en los representantes de las familias Ammatoideaceae y Oscillatoriaceae.

b) División celular después de que la célula alcanza su mayor longitud, la célula resultante es isodiamétrica o un poco más ancha que larga. Este tipo de división fue típica de las especies de las familias Phormidiaceae y Schizotricaceae.

c) La división celular produce células más largas que anchas. Este tipo de división está presente en las especies de las familias Borziaceae y Pseudanabaenaceae.

◆ *Necridios.* Se encontraron 3 tipos:

a) Para las familias Oscillatoriaceae y Ammatoideaceae los necridios fueron bicóncavos acintados.

b) Los necridios de los representantes de las familias Phormidiaceae y Schizotricaceae fueron rectangulares.

c) Por último, los representantes de las familias Pseudanabaenaceae y Borziaceae se caracterizaron por carecer de necridios.

◆ *Crecimiento determinado de los filamentos.* En base a su crecimiento se clasificaron a las familias en 2 tipos:

a) Aquellas que exhiben crecimiento determinado restringido en el cual los filamentos no sobrepasan los 500 μm de largo. En este grupo se incluyen las familias Borziaceae y Pseudanabaenaceae.

b) Familias cuyos filamentos suelen sobrepasar dicha medida. Dentro de este grupo se incluyen al resto de las familias.

◆ *Presencia/ausencia de falsa ramificación.* Se encontró una constancia en dicho carácter al interior de las familias. Se presentan 3 casos. Las familias para quienes se reporta la falsa ramificación como obligatoria al menos para un género (Oscillatoriaceae, Phormidiaceae, Schizotricaceae); familias con falsa ramificación facultativa (Ammatoideaceae, Pseudanabaenaceae) y aquellas sin falsa ramificación (Borziaceae).

1) *Falsa ramificación obligatoria al menos para un género.* Aquí se presentaron 2 casos:

a) Tipo *Microcoleus*. Varios tricomas por vaina entrelazados o paralelos entre sí (Familia Schizotricaceae y Phormidiaceae, subfamilia Microcoleoideae).

b) Tipo *Coleodesmium*. Presente en la familia Oscillatoriaceae y distintiva del género *Blennothrix*. La duda intergenérica en la especie *B. bremerii*, reside precisamente en que presenta la ramificación tipo fascículo.

2) *Falsa ramificación facultativa*. Aún cuando se reporta como rara, las especies trabajadas de las familias Ammatoideaceae y Pseudanabanaceae se distinguieron por la carencia de la misma.

3) *Ausencia de falsa ramificación*. En concordancia con lo reportado, no se observó falsa ramificación para la especie de la familia Borziaceae.

◆ *Hormogonios*. El tipo de formación se observó sólo para la familia Oscillatoriaceae, el tipo presente para esta familia fue el de formación en serie.

Además, en esta tesis se propone que el tipo de contenido celular sea un criterio útil en la delimitación de familias.

5.2.2. Géneros

La designación genérica se realizó en base al trabajo de Anagnostidis & Komárek (1988) y Komárek (s.f.pub.). La relevancia de este esquema se reflejó en los casos de las especies de diámetro pequeño incluidas en los géneros *Leiblenia*, *Heteroleiblenia*, *Jaaginema*, *Geitlerinema*, *Tychonema*, *Pseudanabaena* y *Komovphoron* quienes en las clasificaciones anteriores estaban englobadas en los géneros *Oscillatoria*, *Lyngbya* y *Phormidium*.

Para el caso de *Geitlerinema*, se siguió el esquema de clasificación de Komárek (s.f.pub.). Se considera correcta la elevación de *Geitlerinema* como subgénero de *Phormidium* a género independiente de la familia Pseudanabaenaceae, principalmente por el tipo de división celular, la carencia de necridios y el tipo de

contenido celular. Los problemas enfrentados en la delimitación genérica fueron: *Phormidium-Symploca*, *Homoeothrix-Tapinothrix* y el género *Schizothrix*.

5.2.3. Especies

De las especies determinadas 17 fueron determinaciones sin mucho problema y 16 presentaron cierto grado de duda (tablas 2.2 y 2.3). En estas últimas, algunas problemáticas abordadas fueron: datos morfométricos mayores a los reportados, pocas especies descritas, formas de crecimiento distintas a las descritas y la escasez y desarrollo inmaduro de los heterocitos, etc.

Tabla 2.2. Grupo de especies con determinaciones certeras.

COINCIDEN DATOS MORFOMÉTRICOS	DATOS MORFOMÉTRICOS MAYORES
<i>Homoeothrix juliana</i> var. <i>Lyngbyoides</i>	<i>Komvophonon crassum</i>
<i>Lyngbya endophytica</i>	<i>Blennothrix ganeshii</i>
<i>Phormidium retzii</i>	<i>Oscillatoria obtusa</i>
	<i>Phormidium subfuscum</i> var. 1
	<i>Porphyrosiphon notarisii</i>
	<i>Tychonema rodonema</i>
	<i>Microcoleus subtorulosus</i>
	<i>Geitlerinema splendidum</i> var. <i>mayor</i>
	<i>Jaaginema homogeneous</i>
	<i>Schizothrix lacustris</i> var. <i>fasciis</i>
	<i>Dichothrix orsineana</i>
	<i>Scytonema arcangeli</i>
	<i>Nostoc verrucosum</i>

Tabla 2.3. Clases de problemas enfrentados durante su determinación.

Problema enfrentado	Especies
Duda en una característica genérica	<i>Schizothrix lacustris</i> var. <i>fasciis</i> , <i>Schizothrix lardacea</i> , <i>Blennothrix bremerii</i> y <i>Lyngbya maior</i> .
Poco material trabajado	<i>Lyngbya maior</i> , <i>Lyngbya martensiana</i>
Pocas especies dulceacuicolas descritas	<i>Microcoleus subtorulosus</i> , <i>Leiblenia epiphytica</i> , <i>Heteroleiblenia kützingii</i> , <i>Jaaginema homogeneous</i> , <i>Komvophonon crassum</i> ,.
Formas de crecimiento distinta a la reportada por la especie	<i>Phormidium tinctorium</i> , <i>Phormidium truncicola</i> , <i>Phormidium jadinianum</i> var. 1,
Variación inducida por cambios ambientales	<i>Lyngbya</i> spp
Escasez y desarrollo inmaduro de los heterocitos	<i>Scytonema arcangeli</i> , <i>Tolypothrix distorta</i>
Asignación sólo a nivel genérico	<i>Phormidium</i> sp 1 y 2

Criterios empleados para delimitar especies

Los criterios empleados para delimitar especies fueron: tipo de talo, características de la vaina, apariencia y grado de constricción del tricoma.

◆ *Talos o formas de crecimiento.* En base a la situación de este carácter se agruparon a las especies en 3 grupos:

a) Especies estructurales (tabla 2.5). Para estas especies la forma de crecimiento si fue parte de la tipificación de la especie. Ejemplos: *Nostoc verrucosum*, *Blennothrix ganeshii* y *Porphyrosiphon notarisii*.

b) Especies metafíticas pequeñas. La constancia para estas especies fue la carencia de una forma de crecimiento definida (tabla 2.5). En todos los casos estuvieron presentes como especies asociadas.

c) Especies metafíticas grandes. Especies como *Tolypothrix* c.f. *distorta*, *Phormidium truncicola* y *P. jadinianum* var. 1 son algunos casos en donde por ser especies asociadas dentro de la forma de crecimiento se designaron las siglas c.f. para el nombre de la especie. En la presente investigación, la plasticidad de las especies para desempeñar el papel de especie estructural se observó en los siguientes casos:

a) *Phormidium. jadinianum* var. 1 y *Phormidium subfuscum* var. 1. Ambas especies son constituyentes de 2 crecimientos con la misma consistencia y color pero de forma distinta (tapete y talo infundibuliforme erecto) ambos en la localidad de Nacimiento El Salto. Para el caso del tapete, la especie estructural es *P. jadinianum* var. 1 y *P. subfuscum* es una especie asociada mientras que para el talo infunbuliforme es a la inversa.

b) *Geitlerinema splendidum* var. *maior*. Esta especie estuvo presente en dos localidades distintas. En Nacimiento El Salto está presente como especie estructural de una película epipélica y en Micos como metafítica pequeña entremezclada con otras algas.

♦ **Vaina.** Es un carácter que si fue constante para la mayoría de las especies estudiadas las cuales se dividieron en 5 grupos:

a) Especies con vaina firme y a menudo lamelada: *Blennothrix ganeshii*, *Lyngbya* c.f. *martensiana*, *H. juliana* var. *lyngbyoides*, *Porphyrosiphon notarisii*, *Phormidium* sp 1 y 2, *Schizothrix lardacea*.

b) Especies con vaina facultativa tenue y difluente: *Phormidium retzii*, *Tychonema bornetii*, *P. c.f. tinctorium*, *P. truncicola*

c) Especies con vaina obligatoria difluente: *Microcoleus subtorulosus*, *Blennothrix bremerii*.

d) Especies con vaina obligatoria hialina: *Leiblenia epiphytica*, *Lyngbya endophytica*, *Schizothrix lacustris* var. *fascilis*, *Tolypothrix distorta*.

e) Especies sin vaina: *Komvophorum crassum*, *Pseudanabaena* c.f. *catenata*, *Jaaginema homogeneous*, *Geitlerinema splendidum* var. *maior*, *Tychonema rodonema*, *Oscillatoria obtusa*, *Phormidium subfuscum* var. 2, .

♦ **Apariencia del tricoma.** En este caso se trabajaron con 3 clases de tricomas:

a) Rectos los cuales representaron la mayoría de las especies;

b) Arqueados *K. crassum*, *Pseudanabaena* c.f. *catenata*

c) Atenuados representados por *Homoeothrix juliana* var. *lyngbyoides*, *Phormidium subfuscum* var. 1 y 2 y *G. splendidum* var. *maior*. El tipo de atenuación si sirvió para caracterizar estas últimas 3 especies.

◆ *Constricción del tricoma*. Si es criterio que ayuda a delimitar a las especies. Los tipos de constricción fueron:

a) Tricomas constreñidos: *K. crassum*, *Phormidium* c.f. *tinctorium*, *P. c.f. truncicola*, *M. subtorulosus*, *P. jadinianum* var. 1 y 2..

b) Tricomas con constricción moderada: *Phormidium retzii*, *Schizothrix lacustris* var. *facilis*.

c) Tricomas con constricción transversal al eje del tricoma, presentes en algunos representantes de la familia Oscillatoriaceae: *O. obtusa*, *Blennothrix bremerii*, *Lyngbya* c.f. *mayor* y *Lyngbya* c.f. *martensiana*.

d) Tricomas sin constricción: *P. c.f. catenata*, *G. splendidum* var. *maior*, *J. homogeneous*, *Tychonema boretii*, *T. rodonema*, *P. subfuscum* var. 1 y 2, *Lyngbya* c.f. *endophytica*, *Heteroleibleinia kutzingii*, *Schizothrix* c.f. *lardacea*, *S. lacustris* var. *facilis*.

◆ *Células apicales y caliptra*. Si es un criterio de peso para distinguir a las especies. Los grupos encontrados fueron:

a) Células apical cónico-acuminada, sin caliptra: *Phormidium* c.f. *tinctorium*, *P. jadinianum* var. 1 y 2, *Schizothrix lacustris* var. *facilis*.

b) Células apicales ampliamente redondeadas, ligeramente atenuadas con membranas apenas engrosadas: *Tychonema boretii*, *T. rodonema*, *Oscillatoria obtusa*, *Lyngbya* c.f. *martensiana*, *Lyngbya* c.f. *maior*.

c) Ápices atenuados: *Geitlerinema splendidum* var. *maior*, *Homoeothrix juliana* var. *lyngbyoides*, *Phormidium subfuscum* var. 1 y 2.

d) Células apicales no atenuadas: *Komvophoron crassum*, *Pseudanabaena* c.f. *catenata*, *Porphyrosiphon notarisii*, *Jaaginema homogeneous*, *Heteroleibleinia kuetzingii*, *Lyngbya*. c.f. *endophytica*, *Blennothrix bremeii*, *B. ganeshii*, *Schizothrix* c.f. *lardacea*

5.3 CLAVE DE DETERMINACIÓN

1. Filamentos sin heterocitos ni acinetos, filamentos no ramificados o si lo están está es falsa.....Orden Oscillatoriales
2. Filamentos con heterocitos, a veces con acinetos, no ramificados o con falsa ramificación.....Orden Nostocales

1. Orden Oscillatoriales

Clave de Familias

- 1a. Filamentos siempre con un tricoma por vaina.....2
- 1b. Filamentos con 2 o más tricomas por vaina.....3
- 2a. Células intercalares más anchas que largas, contenido celular granuloso homogéneo..... Ammatoideaceae
- 2b. Células intercalares isodiamétricas o más largas que anchas, contenido celular hialino homogéneo.....3
- 3a. Tricomas sin vaina.....4
- 3b. Filamentos con vaina obligatoria o facultativa5
- 4a. Tricomas constreñidos en los septos..... Borziaceae
- 4b. Tricomas sin constricciones..... Pseudanabaenaceae
- 5a. Filamentos con vaina obligatoria o facultativa abierta.....6
- 5b. Filamentos con vaina obligada cerrada y acuminada.....
..... Schizotricaceae

6a. Filamentos no ramificados o con ramificación falsa tipo *Coleodesmium*..... Oscillatoriaceae

6b. Filamentos no ramificados o con ramificación tipo *Microcoleus*
..... Phormidiaceae

Clave de géneros y especies

1. Familia Ammatoideaceae

Filamentos no ramificados, vaina firme. Células intercalares, se dividen antes de alcanzar su tamaño adulto. Contenido celular granuloso homogéneo.

1. Filamentos heteropolares*Homoeothrix*

Filamentos con atenuación súbita en el último tercio, vaina polar firme y gruesa en aproximadamente los 2/3 y hialina en el último tercio. Pelo articulado compuesto por células más largas que anchas, sin contenido celular..
.....*Homoeothrix juliana* var. *lyngbyoides*

2. Familia Borziaceae

Filamentos no ramificados, vaina invisible al microscopio óptico, tricomas no atenuados. Células intercalares isodiamétricas o un poco más largas que anchas. Contenido celular hialino.

1. Tricomas cortos, moniliformes.....*Komvophoron*

Célula apical dividida en 2 porciones por una constricción transversal al eje del tricoma, la parte inferior es de menor tamaño que la superior.....
.....*Komvophoron crassum*

3. Familia Oscillatoriaceae

Filamentos no ramificados o si lo están es del tipo *Coleodesmium*, vaina presente o no, cuando lo está es obligatoria. Contenido celular compuesto por gránulos esféricos grandes, células intercalares discoidales. Célula apical redondeada.

Clave de Géneros

- 1a. Filamentos no ramificados.....2
- 1b. Filamentos con ramificación poco frecuente del tipo *Coleodesmium*.....
.....*Blennothrix*
- 2a. Filamentos sin vaina visible.....*Oscillatoria*
- 2b. Filamentos con vaina abierta, firme.....*Lyngbya*

Oscillatoria

1. Tricomas de 26 μ m célula apical ampliamente redondeada con caliptra.....
.....*O. obtusa*

Blennothrix

- 1a. Filamentos con falsa ramificación tipo *Coleodesmium*, vaina firme con lamelaciones transversales en el ápice, máximo 2 tricomas por filamento.....
.....*B. ganeshii*
- 1b. Filamentos sin falsa ramificación, vaina mucilaginosa, de 2-8 tricomas por filamento.....*B. bremerii*

Lyngbya

- 1a. Filamentos entremezclados con otras algas.....2
- 1b. Filamentos epifitos dentro del mucílago de *Tetraspora*.....*L. endophytica*

- 2a. Filamentos con incrustaciones de carbonatos, vaina firme, blanco amarillenta
..... *L. maior*
- 2b. Filamentos con o sin vaina visible, incolora, sin incrustaciones de
carbonatos.....*L. martensiana*

4. Familia Phormidiaceae

Filamentos ramificados o no, con uno o más tricomas, vaina ausente o no, cuando está presente generalmente es difluente, mucilaginoso, rara vez firme y lamelada. Tricomas no atenuados, constreñidos o no. Células intercalares isodiamétricas o un poco más anchas que largas. Contenido celular granuloso compuesto por gránulos chicos distribuidos en toda la célula o dispuestos en una hilera alrededor de la célula en cuyo último caso el resto del contenido celular es hialino.

Clave de subfamilias

- 1a. Filamentos con un sólo tricoma..... Phormidioideae
- 1b. Filamentos con varios tricomas por vaina..... Microcoleoideae

1a. Subfamilia Phormidioideae

- 1a. Filamentos sin vaina2
- 1b. Filamentos con vaina firme.....*Porphyrosiphon*

- 2a. Tricomas constreñidos. Contenido celular compuesto por una porción periférica lisa que rodea a un centro granuloso fino.....*Phormidium*

2b. Tricomas no constreñidos. Contenido celular hialino, septos celulares rodeados por una hilera de gránulos refringentes.....*Tychonema*

Porphyrosiphon

1. Tapete denso, filamentos hirsutos. Vaina firme pardo-naranja, con lamelaciones paralelas al eje del filamento. Tricomas no constreñidos. Célula apical redondeada.....*P. notarisii*

Phormidium

1a. Tricomas constreñidos.....2

1b. Tricomas no constreñidos.....3

2a. Filamentos constituyen un cojinete azul-acerado.....*P. truncicola*

2b. Filamentos con otra forma de crecimiento.....4

3a. Células intercalares con gránulos alrededor de los septos, últimas 2 células atenuadas.....*P. subfuscum*

3b. Células intercalares sin gránulos en los septos, célula apical rectangular redondeada.....*P. retzii*

4a. Tricomas entrelazados con otras algas, vaina facultativa mucilaginoso, células intercalares más largas que anchas.....*P. tinctorium*

4b. Tricomas entrelazadas con otras algas o constituyentes de un tapete, sin vaina visible, células intercalares más anchas que largas.....
.....*P. jadinianum*

Tychonema

1a. Vaina facultativa mucilagínosa, diámetro del tricoma 8.5 μm*T. bornetii*

1b. Vaina no visible, diámetro del tricoma 6 μm*T. rodonema*

1b. Subfamilia Microcoleoideidae

Filamentos con 2 a muchos tricomas por vaina, tricomas constreñidos no atenuados, célula apical cónica acuminada... ..*Microcoleus*

1. Filamentos entremezclados con otras algas o en forma de cabellera, vaina común mucilagínosa, incolora, 1-26 tricomas por filamento.....*M. subtorulosus*

5. Familia Pseudanabaenaceae

Filamentos no ramificados, atenuados o no, sin vaina, tricomas no constreñidos en las paredes celulares, células intercalares más largas que anchas, contenido celular hialino.

Clave de subfamilias

1a. Filamentos con o sin atenuación, libres o si están fijos nunca es por su base..... Pseudanabaenaceae

1b. Filamentos no atenuados, unidos al substrato por su base..... Heteroleibleinioideae

Clave de géneros

1. Subfamilia Pseudanabaenaceae

1a. Filamentos atenuados.....*Geitlerinema*

- 1b. Filamentos no atenuados.....2
- 2a. Filamentos con vaina, epifitos.....*Leiblenia*
- 2b. Filamentos sin vaina visible, solitarios.....3
- 3a. Filamentos con diámetro menor a 3 μm*Pseudanabaena*
- 3b. Filamentos con diámetro de 3 μm*Jaaginema*

Geitlerinema

1. Célula apical de mayor tamaño que las células intercalares, capitada esférica, diámetro del tricoma 4.5 μm ancho, septos celulares con 2 a 4 gránulos alrededor.....*G. splendidum* var. *maior*

Leiblenia

1. Diámetro del tricoma de 2 μm , tricoma constreñido, célula apical redondeada*L. epiphytica*

Pseudanabaena

1. Célula apical redondeada, células intercalares a veces con un gránulo alrededor de los septos.....*P. catenata*

Jaaginema

1. Célula apical cilíndrico redondeada.....*J. homogeneous*

Subfamilia Heteroleibleinioideae

- Filamentos epifitos, fijos por su base.....*Heteroleiblenia*

1. Tricomas ligeramente constreñidos, célula apical redondeada.....*H. kützingii*

6. Familia Schizotricaceae

Uno o varios tricomas por filamento. En ocasiones, algunas porciones del filamento simulan ramas producto del amontonamiento de 2 o más tricomas. Vaina obligatoria firme, terminada en punta. Tricomas no constreñidos, septos celulares tenues, células intercalares isodiamétricas o más largas que anchas. Familia monogenérica.

Schizothrix

1a. Costra edáfica, filamentos de 1-3 tricomas, vaina firme gruesa, cerrada acuminada, diámetro del tricoma 3.5 μm*S. lardacea*

1b. Talo penicelado, filamentos 3-10 tricomas, vaina individual hialina, sus extremos se doblan hasta casi cerrarse en punta, diámetro del tricoma 6.5 μm
.....*S. lacustris* var. *fascilis*

2. Orden Nostocales

Clave de Familias

- 1a. Filamentos no ramificados.....Familia Nostocaceae
1b. Filamentos con ramificación falsa.....2
- 2a. Filamentos isopolares, no diferenciados en base y ápice.....3
2b. Filamentos heteropolares, extremo apical terminado atenuado.....
..... Rivulariaceae
- 3a. Ramificación falsa geminada..... Scytonemataceae
3b. Ramificación falsa lateral..... Microchaetaceae

Clave de géneros

1. Familia Nostocaceae. Filamentos no ramificados, isopolares

Talos macroscópicos, tricomas sin vaina, en ciertas fases presentan una vaina difluente, ancha. Contenido celular granuloso, heterocitos intercalares, la célula apical es igual a las intercalares.....*Nostoc*

1. Talo globoso con forma de morita, morado, litofítico. Fase hueca presente. Diámetro del tricoma 6 μm*N. verrucosum*

2. Familia Scytonemataceae. Filamentos con ramificación falsa de tipo geminada

Células intercalares más anchas que largas, célula apical redondeada, heterocitos intercalares.....*Scytonema*

1. Filamentos entremezclados con otras algas, tricomas no constreñidos, heterocito rectangular.....*S. arcangeli*

3. Familia Rivulariaceae. Filamentos heteropolares

Filamentos con ramificación falsa compuesta por falsas ramas subdicotómicas resultado del amontonamiento de tricomas. En la parte superior del talo los filamentos a menudo se atenúan. Vaina individual de los filamentos es polar: firme en la base y muy tenue en el ápice.....*Dichothrix*

1. Talo penicelado, vaina individual polar, heterocito subesférico basal.....
.....*D. orsiniana*

4. Familia Microchaetaceae. Filamentos isopolares

Ramificación falsa lateral; vaina hialina, firme; células intercalares más anchas que largas. Ramificación lateral, el heterocito se encuentra en la base de la rama.....*Tolypothrix*

1. Filamentos entremezclados con otras algas, diámetro del tricoma 10 μm
.....*T. distorta*

5.4. DESCRIPCIONES DE LAS ESPECIES

Orden OSCILLATORIALES. Elenkin, 1934.

FAMILIA AMMATOIDEACEAE Elenkin, 1934

Homoeothrix juliana var. *lyngbyoides* Geitler (Figura 1)

Syn. *Calothrix juliana* (Menegh.) Bornet & Flahault

Leibleinia juliana Kützing

Filamentos en grupos microscópicos o tufos a hasta formar una costra. Filamentos heteropolares, paralelos, rectos a flexuosos., no ramificados ni engrosados en la base. Tricoma verde, sin constricciones en los septos. Aproximadamente a partir del último tercio los filamentos se atenúan súbitamente hasta formar un pelo. Vaina polar: firme y gruesa en la base a la parte media, hialina y tenue en la región previa al y en el pelo. Células intercalares discooidales. Septos muy tenues. Contenido celular granular homogéneo con relieve. Pelo celular, articulado, largo, quebradizo. Células rectangulares del pelo más largas que anchas.

Dimensiones: Filamentos hasta de 1 mm de largo. 18.5-14.01 ($x= 16.8 \mu\text{m}$) ancho

Vaina 3.2- 0.7 ($x= 2.6 \mu\text{m}$) ancho.

Tricoma 13.3- 10.2 ($x= 11.3 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 4.3-2.0 ($x= 3.3 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.4-0.2 ($x= 0.28$)

Pelo 4-7.8 μm ancho

Células del pelo 11.8 a 22.2 μm largo

Observaciones microscópicas: Muchos filamentos cortos y largos mantienen el mismo ancho en toda su longitud y poseen una célula apical rectangular redondeada,. Filamentos atenuados y sin atenuar están a menudo

entremezclados. Los hormogonios estuvieron presentes en los filamentos no atenuados.

HABITAT

En las localidades trabajadas, los ambientes en que se encuentran son nacimientos y ríos, en una playa de cantos rodados sumergidos, en zonas de deslizamiento de un canal y sobre la corteza de un árbol caído en el cauce de un río. En la bibliografía se reporta en rocas grandes sumergidas a orilla del nacimiento y sobre el fondo lodoso de una pocita somera. Indonesia (Sumatra).

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 300-1776 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7-7.5, T 20-25.6 °C, IL alta, VC baja a nula.

Referencias bibliográficas: Komárek & Kann, 1973

Referencias de herbario:

(1) S.L.P. Aquismón, La Garita, col. J. Carmona, 6.vii.1997 (FCME PA3575); (2) Huichihuayan, col. G. Montejano, 1.xii.2001 (FCME PA3918); (3) Huichihuayan, col. G. Montejano, 1.xii.2001 (FCME PA3919); (4) Huichihuayan, col. M. Cartajena.15.xii.2001 (FCME PA3955); (5) Huichihuayan, col. G. Montejano. 15.xii.2001 (FCME PA3958); (6) Huichihuayán, col. G. Montejano. 15. xii.2001 (FCME PA3960); (7) Huichihuayan, col. G. Montejano. 15.i.2002 (FCME PA3962); (8) Puente de Dios, col. E. Cantoral. 16.xii.2002 (FCME PA3991); (9) Puente e Dios, col. E. Cantoral. 16.xii.2002 (FCME PA3992); (10) Nacimiento El Salto, col. M. Cartajena. 17.i.2002 (FCME PA4001).

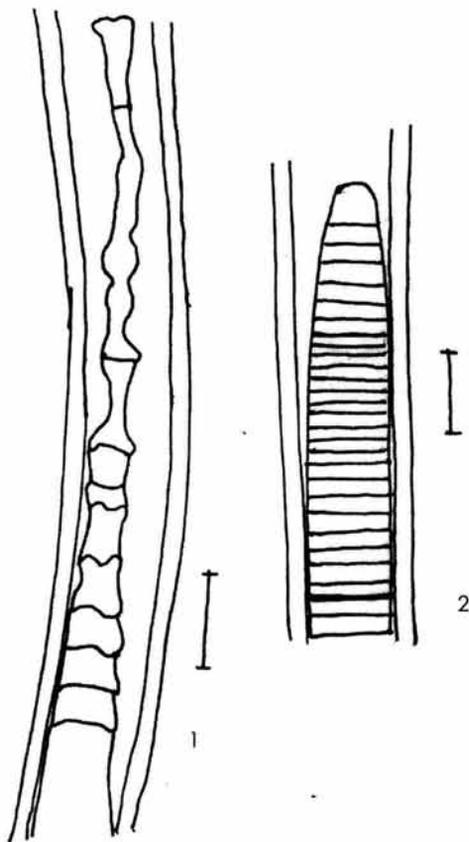


Figura 1. *Homoeothrix juliana* var. *lyngbyoides*. 1. Porción de filamento terminado en un pelo articulado; 2. Extremo de un filamento atenuado sin terminar en pelo. Escala de la barra 10 μ m.

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA BORZIACEAE Borzi, 1914

Komvophoron crassum Vozzennikova (Figura 2)

Syn. *Pseudanabaena crassa* Vozzennikova

Tricomas entrelazados laxamente sin llegar a formar un talo, cortos, moniliformes, arqueados, verde claro. Sin vaina visible al microscopio óptico. Células intercalares isodiamétricas o más largas que anchas. Contenido celular verde claro homogéneo, granulación muy fina apenas visible. Célula apical más grande que las intercalares, dividida en 2 porciones subsféricas mediante una constricción profunda en sentido transversal al eje del tricoma.

Dimensiones: tricomas 127.5- 21.9 ($x= 51.2 \mu\text{m}$) largo; 8.2-6.2 ($x= 7.6 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 8.9-4.7 ($x= 6.9 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho 1.3- 0.6 ($x= 0.8$)

Observaciones microscópicas: Comúnmente están presentes pocos tricomas y/o hormogonios.

Comentarios taxonómicos: El ancho de los tricomas sobrepasa los valores reportados por Starmach en 1966 (diámetro del tricoma 4-4.5 μm ancho, largo de las células intercalares 4.5-5.5 μm de largo).

HABITAT

Los ambientes trabajados en donde se encontró fueron nacimientos y ríos. En una pared de la cueva de un nacimiento, en la orilla y centro de un río, en zona de flujo laminar y en zona de remanso en el nacimiento. Metafítica. En la literatura está reportada para arroyos, rara vez para ríos.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 307-1301 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7-8.27, T 22- 26 °C, IL media-alta, VC baja-casi nula,

Referencias bibliográficas: Starmach, 1964.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Huichihuayán, col. Ma. E. Meave, 1.v.1985 (FCME PA2324); (2) Nacimiento EL Coy, col. G. Montejano. 1.v.1985 (FCME, PA2716); (3) Nacimiento EL Salto, col. E. Cantoral. 27.v.1987 (FCME 3767); (4) Micos, col. M. Cartajena. 3. xii. 2001 (FCME PA3933); (5) Huichihuayan, col. G. Montejano. 15.i.2002 (FCME PA3957); (6) Huichihuayan, col. G. Montejano. 15.i.2002 (FCME PA3958); (7) Huichihuayan, col. G. Montejano. 15.i.2002 (FCME PA3961); (8)Huichihuayan, col. G. Montejano. 15.i.2002. (FCME PA3964); (9)Huichihuayán, col. G. Montejano. 15.i. 2002(FCME PA3964); (10) Nacimiento EL Salto, Col. M. CartaJena. 16.ii. 2002 (FCME PA3998); (11)Nac. El Salto, col. G. Montejano. 17.i.2002.(FCME PA3999); (12) Micos, col. G. Montejano. 18.i.2002 (FCME PA4020).

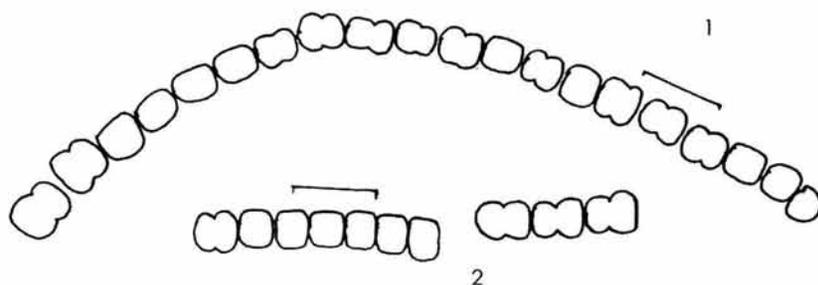


Figura 2. *K. crassum*. 1. Morfología del tricoma; 2. Hormogonios

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA OSCILLATORIACEAE (s.f. Gray) Harvey ex Kirchen, 1898

Subfamilia Oscillatorioideae Gomont, 1892

Blennothrix bremerii (Nägeli ex Forti) Anagnostidis & Komárek 1988

Syn. *Hydrocoleum bremerii* Nägeli

Mechones largos y suaves. Filamentos y tricomas isopolares, sin crecimiento determinado. Tricomas verdes paralelos y/o trenzados, constreñidos sólo en los septos transversales a su eje de crecimiento. Vaina común gruesa, difluente, blanca amarillenta, sin lamelaciones, separada de los tricomas, hay de 2 a 9 tricomas por filamento. Células intercalares discoidales. Contenido celular granuloso homogéneo con relieve. Célula apical ampliamente redondeada, no atenuada, más grande que las intercalares.

Dimensiones: Filamentos 55-75 μm ancho

Tricomas 17.0-14.1 ($x= 15.6 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 4.3-2.2 ($x= 3.1 \mu\text{m}$) largo

Relación largo ancho de las células intercalares 0.1-0.3 ($x= 0.2$)

Observaciones microscópicas: A lo largo del filamento hay tricomas y hormogonios. Hay 3 variantes de filamentos: a) en fase de producción de necridios con paredes biconcavas acintadas; b) en fase de liberación de hormogonios; c) fase en la cual los septos de las células intercalares no son visibles.

Comentarios taxonómicos: La descripción de esta especie corresponde con la de *Blennothrix bremerii* (Watanabe & Komárek, 1989). Sin embargo no muestra la ramificación tipo *Coleodesmium* típica del género *Blennothrix*. En vez de esa ramificación presenta la tipo *Microcoleus* (en fascículo)

HABITAT

En la zona de estudio se encontró rápidos en plataforma, corriente alta, entre 3 y 5 cms., 21°C, IL alta en los cuales predominaban musgos y mechones de *Schizothrix lacustris* var. *facilis* y natas verdes

Referencias bibliográficas: Geitler (1932) y Starmach (1966) como *Hydrocoleum breinii* Nägeli. En la literatura se reporta para arroyos y riachuelos de montaña, epífita de musgos.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Nacimiento El Salto, col. G. Montejano. 2.v.1985 (FCME PA2352)

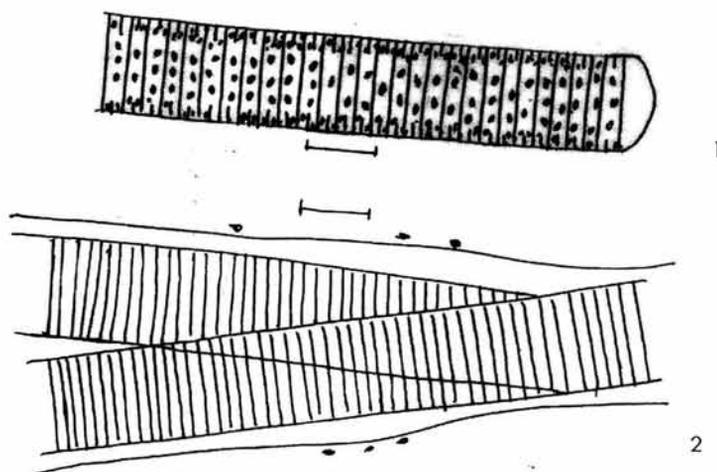


Figura 3. *Blennothrix breinii*. 1. Extremo apical de un filamento; 2 Porción de un filamento con 2 trichomas. Escala de la barra 10 μ m

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA OSCILLATORIACEAE (s.f. Gray) Harvey ex Kirchen, 1898

Subfamilia Oscillatorioideae Gomont, 1892

Blennothrix ganeshii. Watanabe & Komarek, 1989 (Figura 4)

Mechones de filamentos largos o cortos, calcificados o no en forma de cabellera ya sea abundantes o escasos pero unidos en un solo punto. Filamentos isopolares, paralelos, rectos a flexuosos. Filamentos con ramificaciones laterales cortas resultado de la permanencia de hormogonios, son escasas. Tricomas verdes o lilas, no constreñidos en las paredes celulares. Vaina incolora a amarillenta, espesor medio a grueso, firme, en algunas ocasiones la superficie externa es irregular. Células intercalares discoideas, menos largas que anchas. Contenido celular granuloso homogéneo con gránulos grandes. Célula apical ampliamente redondeada, sin caliptra.

Dimensiones: Filamentos 56.5-77.0 (67 μm) ancho

Vaina 9.6-5.4 ($x= 7.76 \mu\text{m}$) ancho

Tricoma 56.7- 41.1 ($x= 46.8 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 6.8- 3.4 ($x= 4.33 \mu\text{m}$) ancho

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.14-0.07 ($x= 0.09$)

HABITAT

En la zona de estudio se reporta para nacimientos y ríos. Dentro de estos ambientes estuvo presente en zona de remanso, en cauce del río en baja y alta velocidad. Epilítica. En la literatura se reporta para cuerpos de agua no contaminados, principalmente en lagos y corrientes de montaña y en manantiales

Localidades donde *Bl.ganeshii* está calcificada: La Garita, Puente de Dios, Micos.

Se encontraron las distintas variantes de *Blennothrix ganeshii*:

- a) Como crecimiento base para *Schizothrix lacustris* var. *facilis*.
- b) Cuando existen epifitas, la vaina que le sirve de substrato está muy engrosada.
- c) Existen localidades en donde los filamentos se encuentran muy calcificados.

PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω : 368-1776 $\mu\text{s cm}^{-1}$, pH 6.8-8.27, T 21-26 °C, IL baja, VC baja-media, alta

Referencias bibliográficas: 1. Watanabe & Komarek J. 1989; 2. Valadez, 1992; 3. Beltrán, 2002.

Referencias de herbario:

(1) S.L.P. El Choy, col. J. Carmona, 7.vii.1995 (FCME PA3590); (2) Puente de Dios, col. J. Carmona., 8.vii.1995 (FCME PA3600); (3) Nacimiento El Salto, col. E. Cantoral. 3.iii.1996 (FCME PA3762); (4) Tambaque, col. G. Montejano. 2.xii.2001 (FCME, PA3926); (5) Micos, col. M. Cartajena, 3.xii. 2001 (FCME PA3932); (6) Puente de Dios, col. G. Montejano, 16.i.2002 (FCME PA3981); (7) Puente de Dios, col. G. Montejano. 16.i.2002. (FCME PA3996); (8) Nacimiento El Salto, col. G. Montejano. 16.i. 2002 (FCME PA3997); (9) Nacimiento El Salto, col. M. Cartajena. 17.i. 2002 (FCME PA4001)

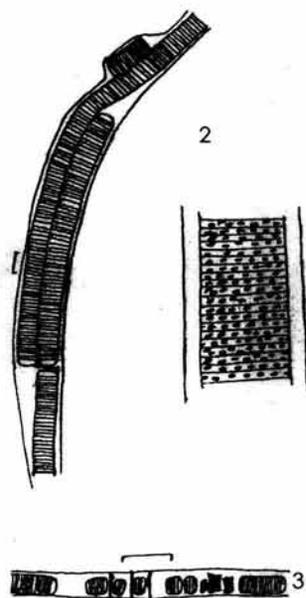


Figura 4. *Blennothrix ganeshii*. 1. Falsa ramificación; 2. Porción de filamento con hormogonios; 3. Detalle del filamento. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA OSCILLATORIACEAE (s.f. Gray) Harvey ex Kirchen, 1898

Subfamilia *Oscillatorioideae* Gomont, 1892

Lyngbya endophytica Elenkin et Hollerb, 1923 (Figura 5)

Filamentos cortos con apariencia rígida, postrados. Tricoma verde claro sin constricciones en los septos. Vaina hialina apenas visible pegada al tricoma. Septos celulares tenues. Células subcuadradas a ligeramente más largas que anchas. Contenido celular hialino homogéneo. Célula apical redondeada. Filamentos inmersos en el mucílago de *Tetraspora* sp (Clorophyta).

Dimensiones: Largo del filamento 33.1-15.8 ($x=18.6 \mu\text{m}$)

Tricoma 2.7-2.5 ($x= 2.0 \mu\text{m}$) ancho

Célula intercalar 3.5-2.2 ($x= 3.0 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 1.1-0.7 ($x=1.0$)

Comentarios taxonómicos: Entre las especies endofíticas similares se cuentan *L. mucicola*, 1904 y *L. rivulariarum* de dimensiones menores a *L. endophytica*.

HABITAT

En la zona de estudio se le encontró en una playa de cantos rodados en pared sombreada de roca emergente de un río. En la literatura se le reporta en el mucílago de la colonia de *Coelosphaerium naegelianum*.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 1776 $\mu\text{S cm}^{-1}$; pH 7; T agua 25.6 °C; IL baja. VC baja. A 20-30 cms. de profundidad.

Referencias bibliográficas: 1. Geitler, 1932; 2. Starmach, 1966.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Puente de Dios, col. J. Carmona. 16.i. 2002 (FCME PA3986)

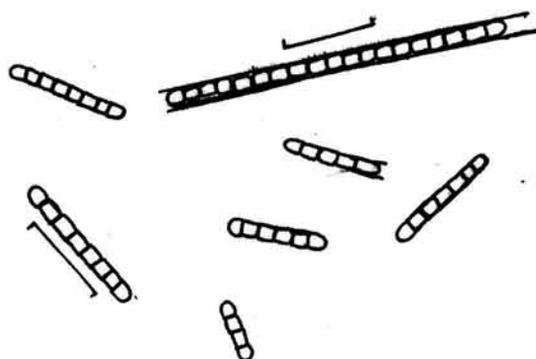


Figura 5. *Lyngbya endophytica*. Hormogonios y filamentos. Escala de la barra 10 μm

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA OSCILLATORIACEAE (s.f. Gray) Harvey ex Kirchen, 1898

Subfamilia *Oscillatorioidae* Gomont, 1892

Lyngbya c.f. *maior* Menegh., 1837 (Figura 6)

Colchón suave verde brillante que se levanta como película con textura suave, muy acolchada. Filamentos calcificados en algunas porciones. Tricomas constreñidos sólo en sentido transversal al eje del tricoma, color verde olivo, no atenuados, recto a ligeramente curvado. Vaina firme, blanco-amarillenta. Células intercalares discoidales. Contenido celular homogéneo compuesto por gránulos grandes. Célula apical hemisférica atenuada más larga que las células intercalares, presenta una caliptra.

Dimensiones: tricoma 16.9-14.4 ($x=16.3 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 4.8-3.1 ($x=4 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.2-0.4 ($x=0.3$)

HABITAT

En la zona de estudio se recolectó en paredones en pared vertical humedecida por filtración en donde fluía la lámina de agua en zona sombreada. Reportada para ambientes lénticos y termales; ríos, acuarios; estanques, pozas de ríos, pantanos y sobre suelos, agua estancada, manantiales templados; en pozas sobre las rocas en la playa.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 307 a 930 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6.5- 7, T agua 20.7- 26.4 °C. IL baja

Referencias bibliográficas: 1. Tilden, 1910; 2. Fremy, 1929; 3. Geitler, 1932; 4. Geitler, 1935; 5. Desikachary, 1959; 6. Starmach, 1966; 7. Valadez, 1992; 8. Sant' Anna &, De Paiva , 1995; 9. Branco *et al* 1999.

Referencias de herbario:

81) S.L.P. Río Tamasopo en Agua Buena, col. M. Meave. 8.v.1985 (FCME PA2504)

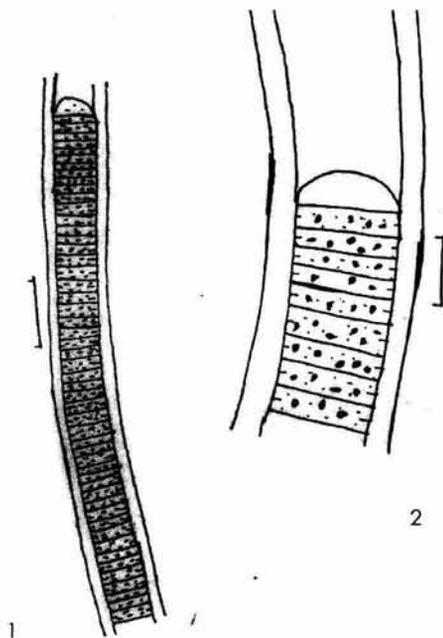


Figura 6. *Lyngbya* c.f. *maior*. 1. Aspecto general de un filamento; 2. Porción apical de un filamento.
Escala de la barra 10 μ m.

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA OSCILLATORIACEAE (s.f. Gray) Harv. ex Kirchen, 1898

Subfamilia *Oscillatorioideae* Gomont, 1892

Lyngbya sp (Figura 7)

Tufo erecto, textura suave, verde. Filamentos largos, heteropolares, flexuosos, no atenuados largos y separados como pelos de elote negro. Vaina gruesa, lamelada, firme en la superficie interna y mucilaginoso en la superficie externa. Tricomas sin constricciones en las paredes celulares. Células intercalares discoidales. Contenido celular granuloso, homogéneo. Célula apical hemisférica no atenuada y sin caliptra.

Dimensiones: Tufo 1-2 mm de largo

Filamentos 61.0-49.2 ($x= 51.0 \mu\text{m}$) ancho

Vaina 11.2- 6.5 ($x= 8.35 \mu\text{m}$) ancho

Tricomas 46.6-37.6 ($x=43.5 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 9.9-5.7 ($x= 8.0 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.23- 0.13 ($x= 0.18$)

Comentarios taxonómicos: En un principio este material se había determinado como *L. majuscula* debido a su similitud morfológica y morfométrica. Sin embargo, Geitler en 1932 menciona que esta especie es típicamente marina mientras que Gardner (1927), la cita para agua dulce en Puerto Rico y Lemmermann para un jardín botánico (Geitler, 1933). En lo que respecta a México, Carmona (1990) la reportó para Puente de Dios y Cantoral (1993) para Nacimiento El Salto y El Meco. Es muy probable que estos reportes para ambientes dulceacuícolas se traten de *Blennothrix ganeshii* (Carmona & Beltrán, en prensa) .

HABITAT

En la región de estudio se encontró en un nacimiento, en la zona de corriente fuerte. Litofítica. Especie asociada: *Microcoleus subtorulosus*.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Nacimiento del río Coy, col. G. Montejano. 11.III.1984 (FCME PA2085)

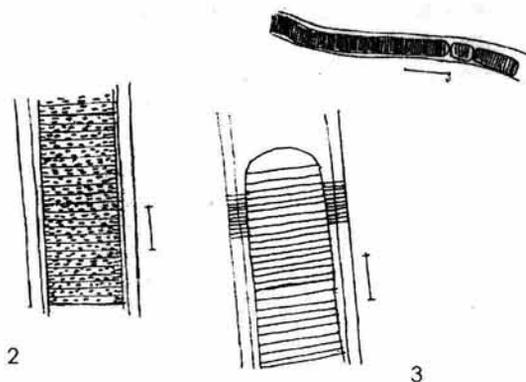


Figura 7. *Lyngbya* sp. 1. Porción de un filamento con hormogonios; 2. Porción de un filamento donde se observa el contenido celular; 3. Aice de un filamento con lamelaciones transversales. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALESElenkin, 1934

FAMILIA OSCILLATORIACEAE (s.f. Gray) Harv. ex Kirchen, 1898

Subfamilia *Oscillatorioideae*, Gomont, 1892

Lyngbya c.f. martensiana Menegh, 1937 (Figura 8)

Filamentos entremezclados verde-amarillentos entre otras algas sin llegar a formar un talo definido con textura áspera de estropajo, sobre musgos o sustrato lodoso aglutinado por filamentos. Tricomas no atenuados, rectos a ligeramente curvados, constreñidos sólo en sentido transversal al eje del tricoma. Vaina facultativa, visible sólo en algunos filamentos. Células intercalares discoidales. Contenido celular homogéneo compuesto por gránulos grandes. Célula apical hemisférica atenuada, más larga que las células intercalares, presenta una caliptra.

Dimensiones: tricoma 10.4-9.3 ($x= 9.9 \mu\text{m}$) ancho

Largo célula intercalar 3.7-2.2 ($x= 2.63 \mu\text{m}$)

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.4-0.2 ($x= 0.3$)

Comentarios taxonómicos: Esta especie en un principio se había identificado como *Oscillatoria limosa*. La observación más cuidadosa llevo a distinguir filamentos con vaina hialina distinguible entremezclados con tricomas sin vaina. Aquí se propone que se traten de morfotipos o estados de desarrollo distintos. A partir de este hecho se reconoce la vulnerabilidad de esta determinación.

HABITAT

En la zona de estudio se encontró en paredones en zonas sombreadas y en un sitio subaéreo humedecido por salpicadura muy ligera. En la literatura es reportada para ambientes lénticos y lóticos, en aguas termales, rara vez marina; a

veces sobre tierra húmeda, en manantiales templados; en lagos y presas. Sobre tallos y ramas; marina sobre *Patella* y *Lithophyllum*.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

$\Omega = 307-930 \mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6.5- 7, T agua 20.7- 26.4 °C. IL baja

Referencias bibliográficas: 1. Tilden, 1910; 2. Frémy, 1929; 3. Frémy, 1934; 4. Geitler, 1932; 5. Skuja, 1949; 6. Skuja, 1964; 7. Starmach, 1966; 8. Kann, 1978; 9. Sant' Anna & De Paiva, 1995; 10. Branco *et al* 1999.

Referencias de herbario:

(1) S.L.P. Río Tamasopo en Agua Buena, col. M. E. Meave. 8.v.1985. (FCME PA2506)

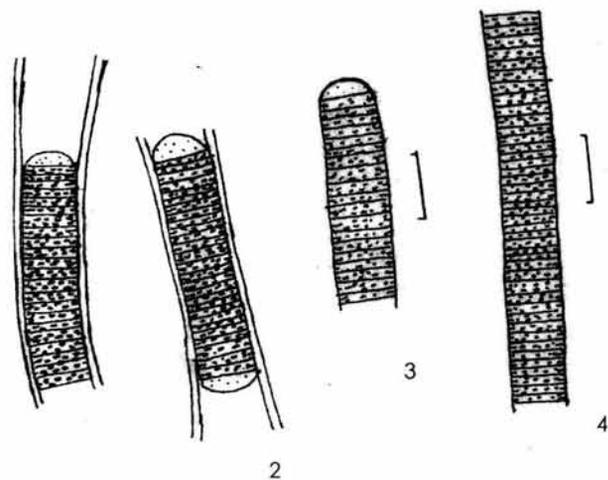


Figura 8. *Lyngbya c.f. martensiana*. 1. Apice de un filamento; 2. Posible hormogonio; 3,4. Tricomas sin vaina visible. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA OSCILLATORIACEAE (s.f. Gray) Harvey ex Kirchen, 1898

Subfamilia *Oscillatorioideae* Gomont, 1892

Oscillatoria obtusa Gardner, 1927 (Figura 9)

Tricomas laxamente unidos sin formar un talo, entremezclado con otras algas, rectos a ligeramente curvados. Tricomas no constreñidos en las paredes celulares, de color verde claro. Vaina no visible al microscopio óptico. Células intercalares discooidales. Contenido celular finamente granuloso con relieve, en algunas de las células hay gránulos en los septos. Célula apical ampliamente redondeada, su longitud es mayor a la de las células intercalares, presenta una caliptra.

Dimensiones: Tricoma 44.0-15.8 (26.5 μm) ancho

Células intercalares 9.5-4.0 ($x= 6.2 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.3-0.1 ($x=0.2$)

Observaciones microscópicas: filamentos con necridios acintados, hormogonios sin septos visibles. Tricomas fragmentados. En algunos filamentos los septos no son visibles y algunos presentan una vaina incolora pegada al tricoma.

Comentarios taxonómicos: Fjordingstad (1971) considera que *Oscillatoria obtusa* entra dentro del rango de variabilidad de *O. limosa*.

HABITAT

El ambiente es río en agua estancada. profundidad 50 cm. Reportada para ambientes: lénticos y lóticos.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 700 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7, T 25.5 °C. IL. baja

Referencias bibliográficas: 1. Geitler (1932); 2. Fjordingstad (1970).

Referencia de Herbario:

(1) S.L.P. El Meco, col. G. Montejano. 6. v. 1985 (FCME PA 2449)

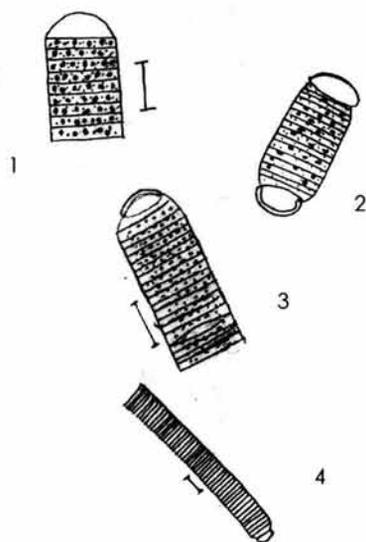


Figura 9. *Oscillatoria obtusa*. 1. Extremo terminal de un tricoma; 2. Hormogonio; 3. Ápice de un tricoma; 4. Vista general de un tricoma. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfamilia PHORMIDIOIDEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Phormidium sp 1 (Figura 10)

Tufo de filamentos más o menos paralelos entre sí, mucilaginoso, acolchonado. Filamentos heteropolares, flexuosos. Tricomas no constreñidos en las paredes celulares, color verde claro. Vaina firme de delgada incolora a gruesa blanco-amarillenta, lamelada, su superficie externa irregular. Células intercalares menos largas que anchas a cuadradas. Contenido celular compuesto por una parte periférica verde apenas visible la cual rodea al centro granular homogéneo de color verde claro. Célula apical no atenuada, redondeada. Caliptra apenas visible.

Dimensiones: Tricoma 11-8.3 (\bar{x} = 9.7 μ m) ancho

Células intercalares 9.8-5.3 (\bar{x} =7.0 μ m) largo

Relación largo /ancho de las células intercalares 1.1-0.6 (\bar{x} = 0.9)

Observaciones microscópicas: Hay filamentos cuyos septos celulares no son visibles, en otros el contenido celular presenta gotas de aceite y/o gránulos grandes con relieve. Están representados tricomas con distintos grados de constricción en los septos y grosor de la vaina. En esta población dominan los filamentos con vaina hialina, se notan más los septos de las células intercalares.

Comentarios taxonómicos: Entre las especies de *Phormidium* descritas con este tipo de crecimiento están: *P. penicellatum*, *P. ramosum* y *P. pachydermaticum*.

HABITAT

En la zona de estudio se encontró a la orilla del cauce del nacimiento, en una roca sumergida

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 307 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6.5, T 20.7 °C, IL alta, V.C lenta

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Huichihuayán, col. M. Cartajena, 15.i. 2002. (FCME PA3955)

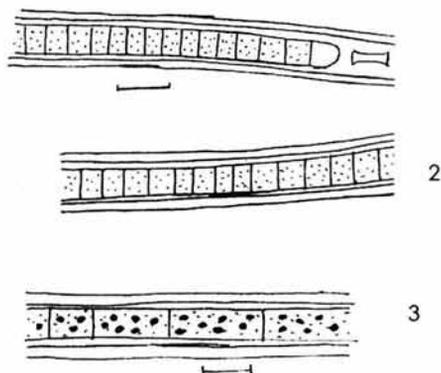


Figura 10. *Phormidium* sp 1. Extremo apical de un filamento; 2. Porción de un filamento en el cual se observan las células intercalares; 3 Porción de un filamento sin septos celulares visibles al microscopio óptico y contenido granuloso. Escala de la barra 10 μm

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek. 1988

Subfam. PHORMIDIOIDEAE Anagnostidis & Komárek 1988

Phormidium sp 2 (Figura 11)

Tufo de filamentos más o menos paralelos entre sí, mucilaginoso, acolchonado. Filamentos heteropolares, flexuosos. Tricomas no constreñidos en las paredes celulares, de color verde claro. Vaina firme de delgada incolora a gruesa blanco-amarillenta, lamelada, su superficie es irregular. Células intercalares menos largas que anchas a cuadradas. Contenido celular compuesto por una parte periférica verde apenas visible la cual rodea al centro granular homogéneo de color verde claro. Célula apical redondeada, no atenuada. Caliptra apenas visible.

Dimensiones: Tricoma 8.8-5.3 ($x=7.4 \mu\text{m}$)

Vaina 3.7-1.6 ($x=2.8 \mu\text{m}$)

Célula intercalar 7.7-4 ($x=6.33 \mu\text{m}$)

Relación largo/ancho de las células intercalares 1.2-0.7 ($x=0.9$)

Observaciones microscópicas: Hay filamentos cuyos septos celulares no son visibles, otros presentan gotas de aceite y/o gránulos grandes con relieve. Están representados tricomas con distintos grados de constricción en los septos y grosor de la vaina. En esta población abundan los filamentos con vainas gruesas, los septos celulares de las células intercalares son tenues, el contenido celular granuloso con relieve.

HABITAT: En la zona de estudio se encontró en la orilla del cauce del nacimiento, en una roca sumergida

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 307 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6.5, T 20.7 °C, IL alta, V.C lenta

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P Huichihuayan, col. G. Montejano. 15.i. 2002 [FCME PA3962]

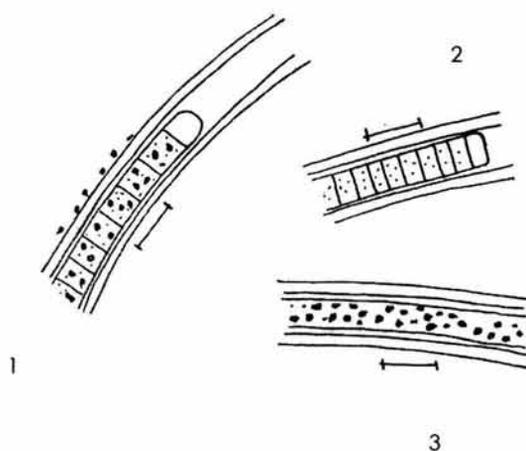


Figura 11. *Phormidium* sp. 2. 1. Extremo apical; 2. Porción de un tricoma el cual muestra el tipo de células intercalares; 3. Porción de filamento cuyo contenido es granuloso y los septos no son visibles. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfam. PHORMIDIOIDEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Phormidium c.f. *jadinianum* var. 1 Gomont, 1893 (Figura 12)

Tapete extendido verde azul cianofita, talo infundibiliforme erecto, verde-azul obscuro. Tricomas largos, flexuosos, paralelos, verde claro, constreñidos en las paredes celulares. Vaina invisible al microscopio óptico. Células intercalares más anchas que largas. Contenido celular compuesto por una parte periférica verde la cual rodea al centro granuloso homogéneo de color verde claro. Célula apical cilíndrica acuminada, más larga que ancha.

Dimensiones: Tricomas 7.0- 5.9 ($x= 6.5 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 5.8-3.5 ($x=4.5 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.9-0.5 ($x=0.8$)

Observaciones microscópicas: Los filamentos se encuentran septos celulares muy tenues a visibles. En algunos tricomas la célula apical esta doblada hacia un lado. Las medidas promedio (ancho del tricoma y largo de la célula intercalar) sobrepasan lo reportado por Geitler (1932), Fremy (1929).

HABITAT

En la región de estudio se encontró en flujo laminar por filtración de un paredón y en agua estancada en río. En la literatura se reporta a veces en agua dulce mezclado con *Ph. retzii*, en arroyos y en un acantilado húmedo.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 700- 930 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7, T 25.5- 26.4 °C, IL alta; VC lenta.

Referencias bibliográficas: 1. Fremy, 1929; 2. Geitler, 1932; 3. Starmach, 1966; 4. Sant' Anna & De Paiva, 1995.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. El Meco, col. G. Montejano. 6.V.1985 (FCME PA2449); (2) Río Tamasopo en Agua Buena, col. M. Meave. 27.V. 1985 (FCME PA2506)

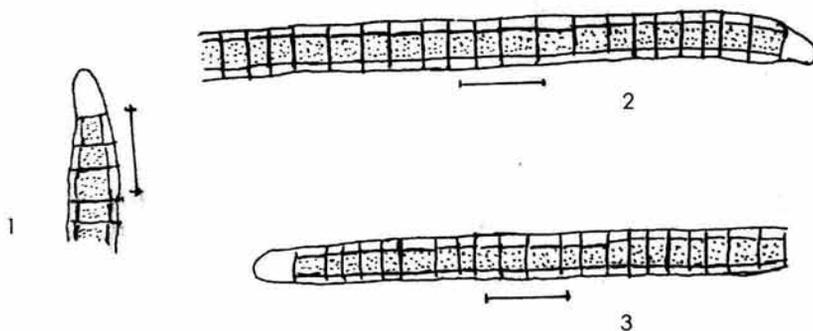


Figura 12. *Phormidium jadinianum* var. 1. 1, 3. Porciones apicales de un tricoma; 2. Extremo apical de un tricoma. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfam. PHORMIDIOIDEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Phormidium c.f. *jadinianum* var. 2 Gomont, 1893 (Figura 13)

Filamentos entre otras cianofitas filamentosas. Tricomas isopolares, constreñidos en las paredes celulares. Vaina invisible al microscopio óptico. Células intercalares menos largas que anchas, muy bien delimitadas unas de otras. Septos celulares tenues o incluso no visibles. Contenido celular compuesto por una parte periférica verde la cual rodea al centro granuloso homogéneo de color verde claro. Célula apical rectangular acuminada, de mayor longitud que las del resto del tricoma, se caracteriza por presentar la punta doblada hacia un lado.

Dimensiones: Tricomas 5.0-3.5 ($x=4.4 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 4.4-2.0 ($3.0 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.7-0.4 ($x= 0.5$)

Observaciones taxonómicas: Los filamentos con los septos tenues son comunes, hay hormogonios presentes con uno o ambos extremos atenuados

Comentarios taxonómicos: Los datos morfométricos sobrepasan las medidas reportadas (diámetro del tricoma 4-6 μm y largo de las células intercalares 2-3.5 μm) dados por Geitler , 1932 y Fremy, 1929.

HABITAT

En la región de estudio se encontró en zona de remanso de un nacimiento. En la literatura se le reporta en arroyos. Sobre la corteza de los árboles; 3. Sobre suelo, córteza de árboles.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 1301 μ S cm^{-1} , pH 7, T 24.3 °C, IL alta, V.C lenta

Referencias bibliográficas: 1. Geitler, 1932; 2. Freymy, 1929; 3. Starmach, 1966.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Nacimiento El Salto, col. M. Cartajena. 17.i.2002 (FCME PA4000);(2) Nacimiento El Salto. 17.i.2002 (FCME PA4001)

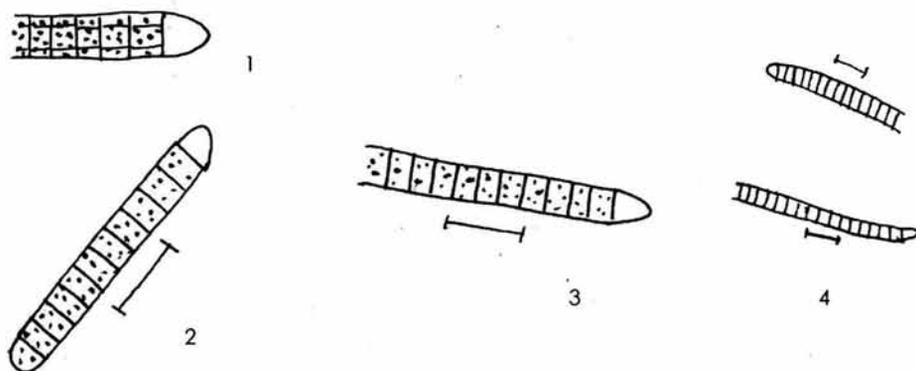


Figura 13. *Phormidium jadinianum* var. 2. Fig. 1,3. Apice de un tricoma; fig.2. Hormogonio; fig.4. Porciones de un tricoma. Escala de la barra 10 μ m.

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek 1988

Subfamilia PHORMIDIOIDEAE Anagnostidis & Komárek 1988

Phormidium retzii (Ag.) Gomont, 1890 (Figura 14)

Syn. *Oscillatoria retzii* Ag.

Película plana, extendida, verde azul a mechones de filamentos. Filamentos isopolares, no atenuados, flexuosos a ondulados, entrecruzados a paralelos entre sí densamente. Tricomas no a ligeramente constreñidos en las paredes celulares. Vaina difluente apenas visible, pegada al tricoma, hialina. Septos celulares tenues. Células intercalares casi tan largas como anchas a cuadradas. Contenido celular compuesto por una parte periférica verde la cual rodea al centro granuloso homogéneo de color verde claro. Célula apical rectangular redondeada a truncada, sin caliptra.

Dimensiones: Tricomas 9.9-7.4 ($x=8.4 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 7.8-4.9 ($x=5.8 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 1.0-0.7 (0.8)

Observaciones microscópicas: En la mayor parte de los filamentos la vaina es apenas o no es visible.

Existe un morfotipo de esta especie de dimensiones menores.

Tricoma 8.5-6.7 ($x= 7.5 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 7.2-4.3 (5.9 μm) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 1.1-0.7 ($x= 0.9$)

HABITAT

En la zona de estudio se encontró en distintos lugares dentro del nacimiento: en corriente sin turbulencia, agua estancada y en zona de remanso. Reportada para ambientes lóticos y lénticos en arroyos, charcos, estanques. Epilítica, sobre madera y sobre suelo húmedo.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 307-1301 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6.5-7, T 20.7- 24.3 °C, IL alta, V.C baja a media

Referencias bibliográficas: 1. Tilden, 1910; 2. Fremy, 1929; 3. Geitler, 1932; 4. Skuja, 1949; 5. Gomont, 1892; 6. Starmach, 1966; 7. Kann, 1978; 8. Sant' Anna &. De Paiva, 1995; Branco *et al* 1999.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Huichihuayán, col. M. Meave. 2.v.1985 (FCME PA2347); (2) Nacimiento El Salto, col. E. Cantoral. 9.i. 1988 (FCME PA3767); (3) Nacimiento El Salto, col. G. Montejano. 17.i. 2002 (FCME PA3999).

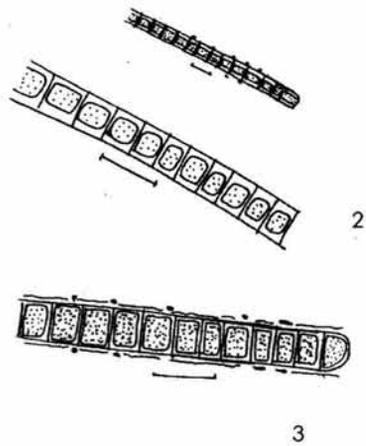


Figura 14. *Phormidium retzii*. 1,3. Porciones de un filamento con vaina difluente; .2. Porción de un tricoma el cual muestra el tipo de contenido celular.
Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfam. PHORMIDIOIDEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Phormidium subfuscum var. 1 (Kütz) ex Gomont, 1892 (Figura 15)
Syn. *Ph. subfuscum* var. *joanniannon* (Kütz) ex Gomont
Phormidium uncinatum sensu Poljansky

Tapete verde oscuro-negruzco, verde intenso a forma aplanado extendido, alargado, infundibuliforme erecto a tufo. Textura suave, acolchonada, no calcificado. Filamentos largos. Rectos a flexuosos, verdes o lilas, paralelos entre sí, no atenuados. En su mayoría capitados y/o con caliptra. Tricomas verdes sin constricciones en los septos. Vaina mucilaginoso visible sólo en algunas porciones del tricoma. Células intercalares más cortas que anchas. Contenido celular hialino, alrededor de los septos existen dos hileras de gránulos esféricos refringentes. Célula apical capitada esférica a cilíndrica corta con el extremo apical triangular y una caliptra.

Dimensiones: Filamentos hasta 900 μm longitud; 10.2-7.5 ($x = 7.6 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 7.4- 5.7 ($x= 6.0 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.8-0.5 ($x= 0.7$)

Observaciones microscópicas: Crecen paralelos alternados con tricomas de otras especies de cianofitas filamentosas y/o forman paquetes densos.

Comentarios taxonómicos: La variación poblacional de esta especie se manifiesta en el distinto grado de visibilidad de los gránulos que rodean los septos, en el tipo de atenuación y en el color del filamento.

HABITAT

En la zona de estudio se encontró en una cascada, un río, un paredón. Dentro de estos ambientes se encontró en la zona de deslizamiento de la cascada, en una poza de un río, en el flujo laminar del paredón y zona de remanso en el nacimiento.

Especies asociadas: *Tychonema rodonema*, *T. borneti*, *Komvophoron crassum*, *Pseudanabaena c.f. catenata*, *Phormidium c.f. jadinianum*

Formas de vida: epilítica, epifita, entre otras algas. Especie reportada para ambientes lóticos y lénticos, en arroyos; en las piedras de los bosques y en lagos. Epilítica, sobre madera y ruedas.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 700-1301 $\mu\text{S cm}^{-1}$; T 21-25.5 °C, pH 6.5-7, IL baja y alta; VC baja.

Referencias bibliográficas: 1. Tilden, 1910; 2. Frey, 1934; 3. Skuja, 1949; 5. Gomont, 1892; 5. Skuja, 1964; 6. Golubic, 1967; 7. Starmach, 1966; 7. Komárek & Kann, 1970; 8. Sant' Anna & De Paiva, 1995.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Río Verdito, col. M. Meave. 1.v.1985 (FCME PA2320); (2) Río Verdito, col. M. Meave. 1.v.1985 (FCME PA2324); (3) Río Tamasopo en Agua Buena, col. M. Meave. 27.v. 1985; (4) Nacimiento El Salto, col. G. Montejano. 17.i. 2002 (FCME PA3999); (5) Nacimiento El Salto, col. M. Cartajena. 17. i. 2002 (FCME PA4000); (6) Nac. El Salto, col. M. Cartajena. 17.i. 2002 (FCME PA4001)

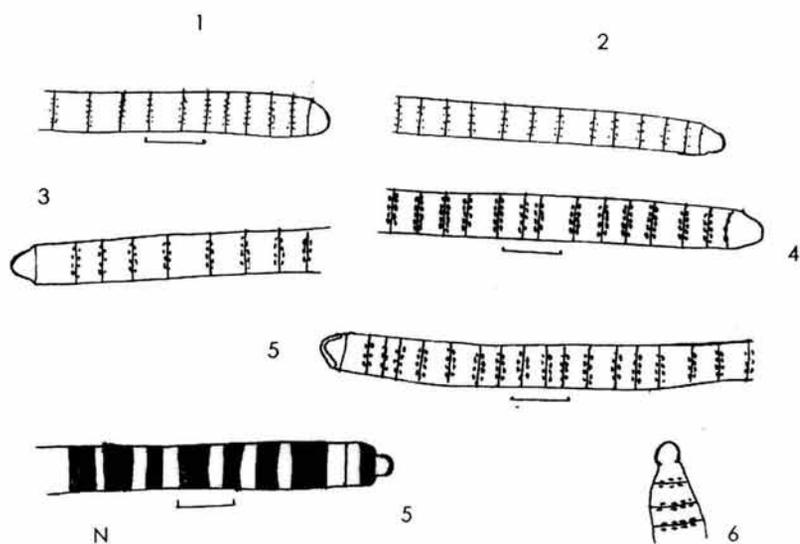


Figura 15. *Phormidium subfuscum* var. 1. 1-7. Tipos de ápice del tricoma; 8. filamento con necridios. Escala de la barra 10 μ m. N= Necridio.

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfamilia PHORMIDIOIDEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Phormidium c.f. *subfuscum* 2 (Kütz) ex Gomont, 1892 (Figura 16)

Syn. *Ph. subfuscum* var. *joanniannon* (Kütz) ex. Gomont

Phormidium uncinatum sensu Poljansky

Flóculo mucilaginoso verde cianofita, crece alrededor de musgos. Tricomas largos, rectos a arqueados, paralelos entre sí. Vaina invisible al microscopio óptico. Tricoma no constreñido en los septos. Células intercalares más anchas que largas. Septos celulares tenues, contenido celular compuesto por la parte periférica uniforme que rodea a un centro granular irregular, en ocasiones los gránulos esféricos grandes rodean a los septos. Extremo apical no atenuado, la última célula es rectangular corta, su extremo apical es triangular, sin caliptra.

Dimensiones: Tricoma 8.4-7.2 ($x=7.5 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 4.6-7.2 ($x= 5.7 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 1.0-0.6 ($x= 0.7$)

Comentarios taxonómicos: Esta especie se propone confrontarla debido a que no coincide con la forma de crecimiento (no es un crecimiento extendido tipo tapete sino un flóculo mucilaginoso)

HABITAT

En la zona de estudio se encontró en río en zona de remanso cercana a la orilla. Reportada en la literatura para ambientes lóticos y lénticos.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 1776 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7, T del agua 25.6 °C

Referencias bibliográficas: 1. Tilden, 1910; 2. Fremy, 1929; 3. Skuja, 1949; 5. Gomont, 1892; 5. Skuja, 1964; 6. Golubic, 1967; 7. Starmach, 1966; 7. Komárek & E. Kann, 1970.

Referencias de Herbario: (1) S.L.P. Puente de Dios, col. J. Carmona. 16.i. 2002 (FCME PA3988)

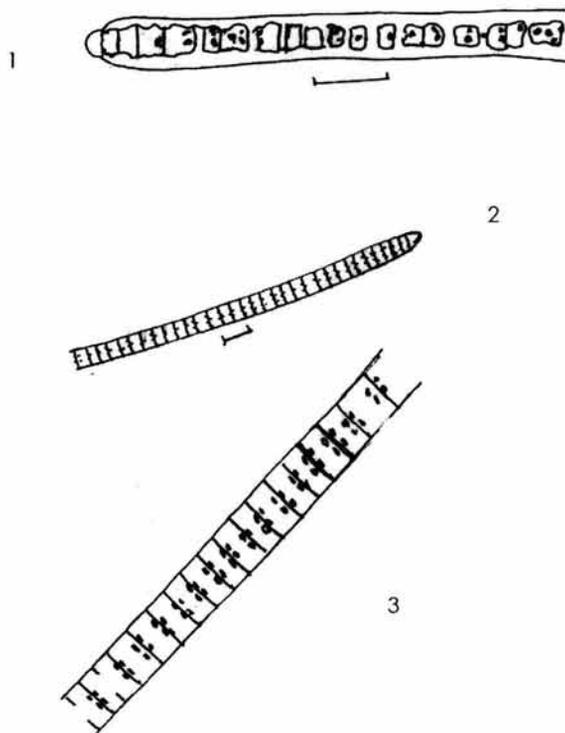


Figura 16. *Phormidium subfuscum* var. 2. 1. Ápice de un filamento; 2. Vista panorámica de un tricoma; 3. Porción de un tricoma el cual muestra las células intercalares. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfam. PHORMIDIOIDEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Phormidium c.f. *tinctorium* Kütz, 1845-1849 (Figura 17)

Filamentos, unidos laxamente, entremezclados con otras algas. Filamentos con vaina facultativa, si está presente es apenas visible, mucilaginoso, conglutinado, pegado al tricoma. Tricomas verdes constreñidos en las paredes celulares. Células intercalares cuadradas o más largas que anchas. Contenido celular compuesto por la periferia lisa que rodea a un centro compuesto gránuloso homogéneo de color verde claro, en algunos casos existen pocos gránulos grandes e irregulares. Célula apical cónico acuminada.

Dimensiones: Tricomas 7.9-6.0 ($x= 6.8 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 8.3-4.6 ($x= 5.9 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 1.4-0.8 ($x= 1.0$)

Observaciones microscópicas: Predominan los filamentos con célula apical roma y vaina mucilaginoso. Contenido celular homogéneo. Filamentos en fase de liberación de hormogonios de tamaño chico dentro del filamento y los medianos libres sin vaina, son liberados sólo en un extremo, sin granulaciones con relieve.

Comentarios taxonómicos: difiere de la descripción de la especie en la forma de crecimiento (no está en forma de mechones mucilaginosos).

HABITAT

En la zona de estudio se encontró en agua estancada clara a 50 cms. de profundidad, sobre limo, sombreado. Reportada para manantiales; arroyos, ríos y fuentes. Epilítica

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω : 1163 $\mu\text{S cm}^{-1}$, T 22.4 °C; IL baja-alta; VC baja-media.

Referencias bibliográficas: 1. Tilden, 1910; 2. Geitler, 1932; 3. Frey, 1934; 4. Starmach, 1966.

Referencia de Herbario:

(1) S.L.P El Meco, col. G. Montejano, 6.v. 1985 (FCME PA2449)

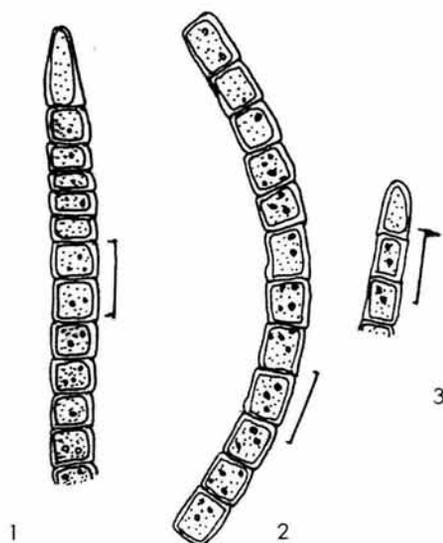


Figura 17. *Phormidium c.f. tinctorium*. 1,3. extremo apical de un tricoma; 2. vista de las células intercalares. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfam. PHORMIDIOIDEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Phormidium c.f. *truncicola* Ghose, 1923 (Figura 18)

Cojinete azul acerado-negrusco, macroscópico, suave, mucilaginoso, voluminoso. Filamentos rectos a curvos, gradualmente atenuados hacia el extremo apical. Tricomas verdes, constreñidos en los septos. Vaina mucilaginosa. Células intercalares a veces ligeramente con forma de barril, verde-azul. Contenido celular compuesto por una parte periférica verde la cual rodea al centro granuloso homogéneo de color verde claro y algunas veces existen pocos gránulos grandes e irregulares. Extremo apical sin caliptra. Célula apical cónica o cilíndrico cónica

Dimensiones: Filamentos 20.3- 8.9 ($x= 12.1 \mu\text{m}$) ancho

Tricomas 8.5-6.9 ($x= 7.5 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 8.6-5.0 ($x= 7 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 1.3-0.7 ($x= 1.0$)

Célula apical 8.7-5.3 ($7.3 \mu\text{m}$) ancho; 12.2-6.8 ($x= 8.8 \mu\text{m}$) largo

Relación l/a célula apical 0.9-1.2 ($x= 2.3$)

Observaciones microscópicas: Hormogonios, 3-5 células o fragmentos de tricomas libres, sin vaina.

Comentarios taxonómicos: Se propone la confrontación de esta especie debido a que no se encuentra sobre la corteza de árboles sino a la orilla de un río. Además no coincide la forma de crecimiento (no es en forma de piel extendido sino un cojinete).

HABITAT

En la zona de estudio se encuentra en un río cerca a una profundidad de 40 cm Reportada en la literatura sobre la corteza de un árbol de la especie *Acacia modesta*

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω : 761 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 8.27, T 21 °C. IL media; V.C. baja.

Referencias bibliográficas: 1. Geitler, 1932;

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Micos, col. G. Montejano. 3. xii. 2001 (FCME PA3933)

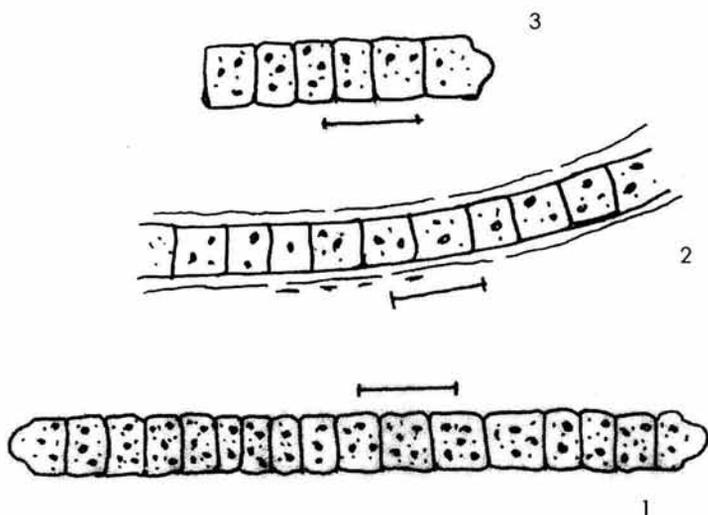


Figura 18. *Phormidium* c.f. *truncicola*. 1. Hormogonio; 2, Porción de un filamento con vaina; 3. Extremo apical de un filamento. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek 1988

Subfam. PHORMIDIOIDEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Porphyrosiphon notarisii. Kütz ex Gomont, 1892 (Figura 19)

Tapete macroscópico, pardo-rojizo compuesto por filamentos enmarañados. Filamentos flexuosos, isopolares, regularmente sin ramificación o con ramificaciones ocasionales cortas. Tricomas verdes, no a ligeramente constreñidos. Vaina gruesa, firme, con lamelaciones paralelas, naranja-cafezusca. A menudo el interior de la vaina está pigmentada y el exterior es incoloro. Hay 3 lamelas por vaina. Células intercalares más anchas que largas. Contenido celular verde granuloso homogéneo. Célula apical ampliamente redondeada, sin caliptra.

Dimensiones: Filamentos largos 1-2 cm de largo; 40.1-23.6 ($x= 27.3 \mu\text{m}$) ancho

Tricomas 26.8-16.5 ($x= 20.1 \mu\text{m}$) ancho

Vaina 9.5- 4.0 ($x= 6.3 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 9.2-6.1 ($x= 7.6 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de la células intercalares 0.5-0.3 ($x= 0.4$)

Observaciones microscópicas: Los filamentos abundantes son los compuestos por vainas naranjas. Cerca del extremo apical, la vaina es de ancho menor y/o con pliegues transversales. Existen filamentos que indican que la síntesis de pigmento en la vaina inicia de la porción interior hacia el exterior, la superficie externa de la vaina se deshace. Los tricomas varían en el grado de granulación y visibilidad de los septos. Hay muchas vainas vacías y fragmentos de tricomas, no hay hormogonios sueltos. Hay muchas células intercalares con 1-2 líneas café.

Comentarios taxonómicos: Durante la labor de colecta en la huasteca potosina esta especie había sido reconocida como *Scytonema* sp. Los caracteres que permitieron delimitarla en el género *Porphyrosiphon* son la carencia de ramificaciones, la presencia escasa de 2 tricomas en fragmentos cortos del filamento, la vaina estratificada, firme café-rojiza la cual se deshace en su ápice. Por otro lado, entre los caracteres propios de la especie *P. notarisii* se cuentan: su distribución tropical, su forma de vida (sobre roca húmeda); el hábito de los filamentos; el color y la consistencia de la vaina joven y vieja; la relación largo/ancho de células intercalares; la carencia de constricción del tricoma y el tipo de célula apical. Se propone confrontarla con la descripción de dicha especie debido a que el diámetro del tricoma es mayor al reportado por Tilden (1910), Freymy (1929) y Geitler (1932).

HABITAT

El ambiente es un nacimiento, el crecimiento es subaéreo, se ubica en la pared camino a la cueva del nacimiento. Está reportada para zonas templadas y cálidas de Europa, Norte y Suramérica, África, India, a la orilla de lagos y en zona de salpicadura de las cascadas. Epipélica (sobre arcilla), epilítica y edáfica; sobre madera y tierra húmeda, sobre granito; entre musgos, sobre la corteza de los árboles.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 300 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7.1, T 20.7 °C; IL nula.

Referencias bibliográficas: 1. Tilden, 1910; 2. Freymy 1929; 3. Gardner, 1927; 4. Geitler, 1932; 5. Skuja, 1949; 6. Starmach, 1966; 7. Sant' Anna & De Paiva, 1995.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P Huichihuayan, col. M. Meave. 11.vii.1984 (PA2080, FCME); (2)S.L.P. Huichihuayan, col. E.Cantoral. 1.XII.2001 (PA3920 FCME).

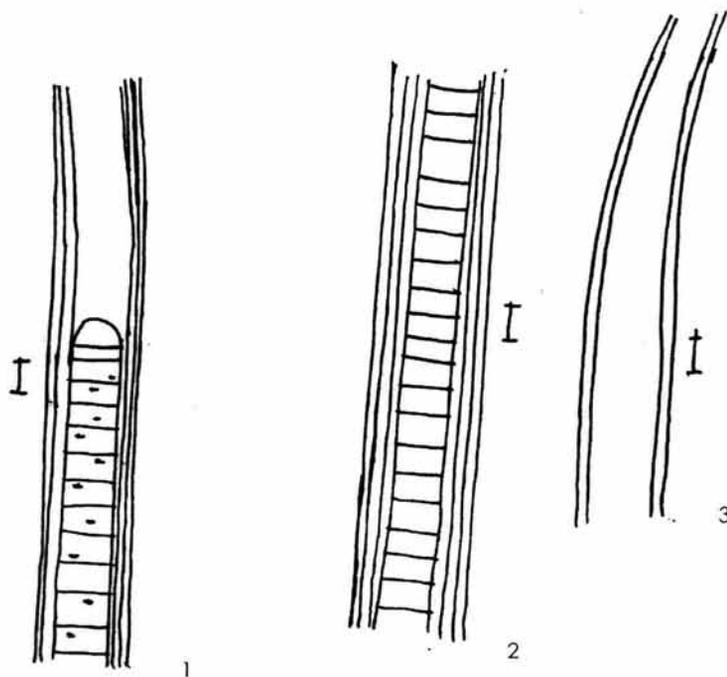


Figura 19. *Porphyrosiphon notarisii*. 1. Extremo apical del filamento; 2. Porción de tricoma el cual muestra las células intercalares; 3. Extremo apical de la vaina de menor grosor que el resto. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfam. PHORMIDIOIDEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Tychonema bornetii (Zukal) Anagnostidis & Komárek, 1988 (Figura 20)

Syn. *Oscillatoria bornetii* (Zukal) Forti, 1907

Filamentos entremezclados con otras algas filamentosas. Tricomas rectos, isopolares, sin atenuar. Sin constricciones en los septos. Vaina facultativa, incolora, mucilaginoso, pegada al tricoma, Contenido celular verde hialino, con una hilera de 4-6 gránulos esféricos refringentes alrededor de los septos. Células intercalares casi tan largas como anchas. Célula apical redondeada sin caliptra, en la punta de la célula apical hay varios gránulos.

Dimensiones Tricoma 428-878 μm largo; 9.7- 7.3 ($x= 8.5 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 7.4-5.4 ($x= 6.9 \mu\text{m}$) largo

Observaciones microscópicas: filamentos con distintos grados de visibilidad de los gránulos y septos. Entre las células intercelulares se alternan una hilera de gránulos esféricos chicos con una de gránulos grandes.

Comentarios taxonómicos: Geitler menciona que el contenido celular típico para esta especie es el ceritomizado, el cual puede presentar o no granulaciones alrededor de los septos. Las células intercalares del material estudiado se caracterizaron por un contenido celular hialino, homogéneo excepto a cada lado de los septos en donde existe una hilera de gránulos refringentes. La ceritomia no es evidente o no está presente. Por otro lado, las dimensiones de los tricomas son menores a las reportadas para la especie (diámetro del tricoma 12-16 μm (Geitler, 1932); 8.5 11-15 μ diámetro (Skuja, 1964).

HABITAT

En la zona de estudio se encontró en río y nacimiento en zona de remanso, agua estancada y poza somera. En la literatura se reporta para lagos alpinos, estanques y arroyos. Sobre tallos caídos u otras plantas; al inicio adheridos a plantas sumergidas y después libre flotante y con plantas acuáticas.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω : 700-1301 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6.5-7, T 21-25.5°C, IL alta; VC baja.

Referencias bibliográficas: 1. Geitler, 1932; 2. Skuja, 1964; 3. Starmach, 1966; 4. Sant'Anna & De Pavia, 1995.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Río Verdito, col. M. Meave (FCME PA2323); (2) El Meco, col. G. Montejano. 6.v.1985 (FCME PA2449); (3) Nacimiento El Salto, col. G. Montejano, 17.i.2002 (FCME PA3999); (4) Nacimiento El Salto, col. M. Cartajena, 17.i.2002 (FCME PA400)

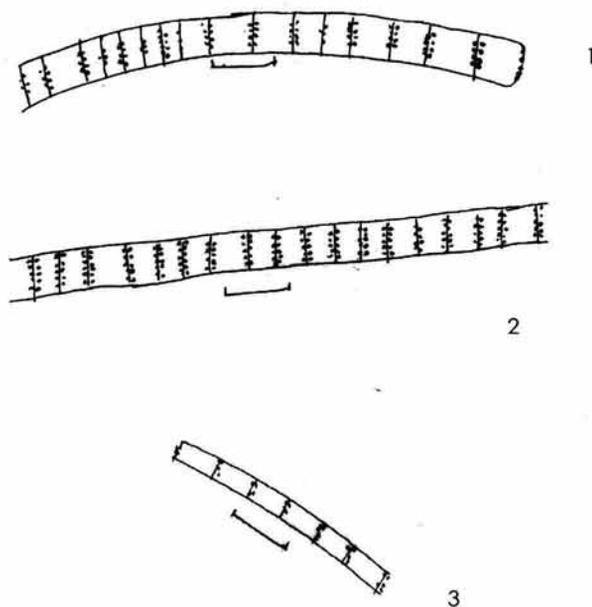


Figura. 20 *Tychonema borneii*. 1. Apice de un tricoma; 2. Células intercalares; 3. Porción de un tricoma de *Tychonema rodonema*. Escala de la barra 10 μm

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfam. PHORMIDIOIDEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Tychonema rodonema (Skuja) Anagnostidis & Komárek, 1988 (Figura 20)

Syn. *Oscillatoria rodonema* Skuja, 1964.

Solitarios, unidos laxamente sin formar un talo con forma definida, entremezclados con otras algas. Filamentos, con crecimiento determinado. Vaina rara vez presente, mucosa. Células intercalares más largas que anchas. Septos con una hilera de gránulos esféricos en cada lado. Contenido celular hialino. Célula apical redondeada. Caliptra apenas engrosada.

Dimensiones Tricomas 6.9-5.5 ($x= 5.5 \mu\text{m}$ ancho)

Células intercalares 13.6-6.8 ($x=11.2 \mu\text{m}$ largo)

Relación largo/ancho de las células intercalares 1.4-0.7 ($x=1.1$)

Observaciones microscópicas: Tricomas con distintos grados de visibilidad de los gránulos y septos. Filamentos escasos.

Comentarios taxonómicos: En principio está especie fue reportada como planctónica solitaria entremezclada con otras algas. Después se encontró en lagos subárticos como parte de un crecimiento bentónico en el fondo. A partir de ello, Skuja propone su presencia en el plankton como secundaria. Se habla de un color rosado a violeta, debido a que no se observó en vivo falta corroborar dicho carácter.

HABITAT

Los ambientes son cascadas, ríos y nacimiento a la orilla del cauce, en zonas de deslizamiento y pozas someras en cascada y en zonas de remanso

En la zona de estudio se encontró en cascadas, ríos y nacimiento a la orilla del cauce, en zonas de deslizamiento y pozas someras en cascada y en zonas de remanso.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω : 1016-1310 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7, T 19-24.3 °C. IL baja-alta; VC lenta.

Referencias bibliográficas: 1. Geitler, 1932 como *Oscillatoria rodonema* ; 2. Skuja, 1964.

Referencias de Herbario: PA2323, PA2324, PA2394, PA2403, PA3999, PA4020 (1) S.L.P. Río Verdito, col. M. Meave. 1.v.1985 (FCME PA2323); (2) Río Verdito, col. G. Montejano. 1. v. 1985 (FCME 2324); (3) Micos, col. G. Montejano. 4.v. 1985 (FCME PA2394); (4) Micos, col. G. Montejano. 4.V. 1985 (FCME PA2403); (5) Nacimiento El Salto, col. G. Montejano. 17.I. 2002 (FCME PA3999); (6) Micos, col. G. Montejano. 8.xii.2002 (FCME PA4020).

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

Familia PHORMIDIACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfamilia MICROCOLEOIDEAE Hansg. 1892

Microcoleus subtorulosus (Brebisson) Gomont, 1890 (Figura 21)

Talo macroscópico, verde, filamentosos, tipo cabellera, extendido, verde o verde azul a tapete delgado. Paquetes flexuosos, compactos, contienen 1 a 26 tricomas de distintos tamaños, unos sobre otros, paralelos y/o entrecruzados, se orientan hacia uno de los 2 extremos del paquete, a lo largo del cual el número de tricomas va disminuyendo hasta llegar a la mitad del número de los tricomas totales o incluso a uno. Vaina común es gruesa, difluente, con pliegues transversales a su eje. Filamentos, isopolares. Tricomas constreñidos en las paredes celulares de color verde. Vaina individual firme a mucilaginoso, incolora, pegada al tricoma. Células intercalares más largas que anchas. Contenido celular compuesto de una parte periférica verde poco evidente la cual rodea al centro granuloso homogéneo de color verde claro.

Dimensiones Talo 0.5-1 cm largo.

Tricomas 9.7-8.4 ($x= 8.9 \mu\text{m}$) ancho.

Células intercalares 9.9-7.9 ($x= 6.3 \mu\text{m}$) largo.

Relación largo/ancho 1-0.8 ($x= 0.7$).

Célula apical cilíndrica a cónica 13.8-7.7 ($x= 10.8 \mu\text{m}$) largo.

Observaciones microscópicas: Hay filamentos con uno o pocos tricomas en una vaina muy ancha, quizá en etapa posterior a la liberación de hormogonios. Dentro de los paquetes hay muchos tricomas en etapa de rompimiento. En la vaina individual de los filamentos se marcan líneas de los septos transversales celulares.

Comentarios taxonómicos: En varias de las poblaciones estudiadas, se describen filamentos con sólo 2 tricomas. Geitler (1932) describe a los filamentos compuestos por muchos tricomas. Sin embargo Kann E. (1978) menciona que la mayoría de los filamentos están compuestos por 2 tricomas.

HABITAT

En el área de estudio se encontró en nacimientos y ríos. Dentro de ellos estuvo presente en zona de rápidos, en zona de remanso. En la literatura se reporta para ambientes lénticos y lóticos: arroyos, cascadas, ríos y lagos. Epilítica, sobre lodo o plantas acuáticas en las cercanías del fango, con otras algas.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 307-1301 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7-7.36, T 11.5-24.3 °C, IL baja a alta, VC baja-alta.

Referencias Bibliográficas: Geitler, 1932; Frémy, 1929; Starmach, 1964; Kann, 1978; Sant'Anna *et al*, 1995; Branco *et al*, 1999.

Referencias de herbario: (1) S.L.P. Nac. El Coy, col. G. Montejano, 11.iii.1984 (FCME PA2085); (2) Nac. El Salto, col. G. Montejano, 2.v.1985 (FCME PA2352); (3) Nac. El Salto, M. Meave, 5.v.1985 (FCME PA2434); (4) Nac. El Coy, col. G. Montejano, 27.v.1987 (FCME PA2716); (5) Huichihuayan, col. G.Montejano, 15.i.2002 (FCME PA4007); (6) Nac. El Salto, col. G.Montejano, 17.i.2002.

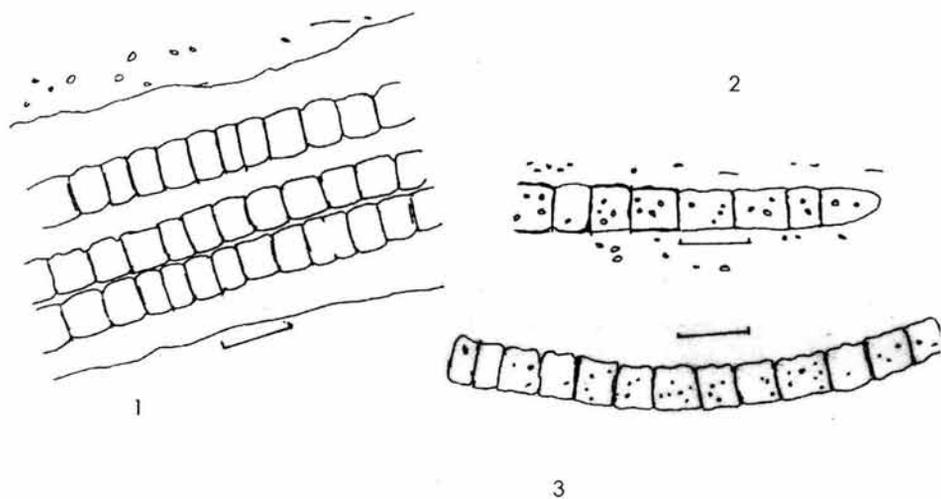


Figura 21. *Microcoleus subtorulosus*. 1. Porción de un filamento con 3 tricomas; 2. Ápice de un filamento con vaina difluente; 3. Porción de un tricoma con células intercalares. Escala de la barra 10 μm

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

Familia PSEUDANABAENACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfamilia PSEUDANABAENADEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Geitlerinema splendidum var. *maior*. (Kuff) Anagnostidis & Komárek, 1988

Syn. *Oscillatoria splendida* Greville ex Gomont

Phormidium splendidum (Grev. ex Gomont) subgénero *Geitlerinema*

Película sobre limo, filamentos enmarañados a entremezclados con otras algas. Tricomas isopolares, sin constricciones en los septos, largos, rectos a flexuosos, sin vaina visible. Septos celulares muy tenues. Células intercalares más largas que anchas. Contenido celular hialino homogéneo con 2-4 gránulos en los septos. Extremo apical súbitamente atenuado. Célula apical alargada y ganchuda, doblada hacia un lado la cual algunas veces termina en un gancho.

Dimensiones: Tricoma 3.9-3.3 (4.6 μm) ancho

Células intercalares 12.1-6.0 ($x=9.0$ μm) largo

Relación largo/ancho de la célula intercalar 3-1.5 ($x=2.4$ μm)

Longitud del extremo atenuado 17.2-7.6 ($x=13.8$ μm)

Observaciones microscópicas: Se encuentran filamentos con graduaciones en la visibilidad de los gránulos y los septos.

Observaciones taxonómicas: Esta especie fue descrita como *Oscillatoria splendida* (diámetro del tricoma 2-3 μm , largo celular de 3-9 μm largo) con 4 variedades una de las cuales es *maior* (diámetro del tricoma 4.5-5 μm para Costa Rica)

HABITAT

En el área de estudio se encontró en un nacimiento y un río, en zona de remanso y de corriente rápida. En la literatura está reportada en pozas, riachuelos, cuerpos de agua salinos y termales, tierra en muros húmedos; sobre paredes húmedas. En el suelo de una trinchera de una corriente. Sobre lodo, sobre rocas y suelo húmedo; sobre plantas acuáticas, en aguas sucias y suelos turbosos, entre otras algas.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.

Ω : 1301 $\mu\text{S cm}^{-1}$, T 24.3 °C.

Referencias bibliográficas: 1. Tilden, 1910; 2. Geitler, 1932; 3. Fremy, 1929; 4. Frémy, 1934; 5. Skuja, 1949; 6. Starmach, 1966; 7. Sant'Anna & De Paiva, 1995; 8. Branco et al 1999.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Micos, col. G. Montejano. 4.V. 1985 (FCME PA2403); (2) Nacimiento El Salto, col. M. Meave. 5.v. 1985 (FCME PA2434); (3) Nacimiento El Salto, col. M. Cartajena. 17. i. 2001 (FCME PA4001)

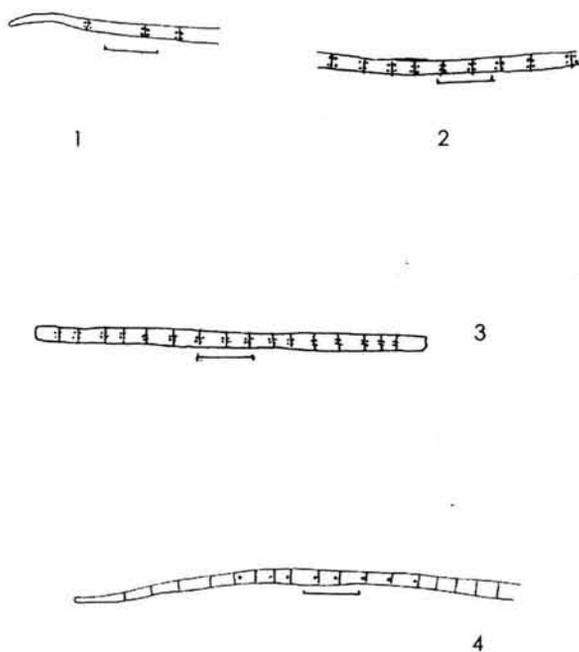


Figura 22. *Geitlerinema splendidum* var. *maior*. 1,4. ápice de un tricoma; 2, 3. porción de un filamento el cual muestra las células intercalares. Escala de la barra 10 μm

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

Familia PSEUDANABAENACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfamilia PSEUDANABAENADEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Jaaginema homogeneous (Frémy) Anagnostidis & Komárek, 1988

Syn. *Oscillatoria homogenea* Frémy (1929)

Tricomas solitarios, entremezclados con otras cianofitas filamentosas. Tricomas flexuosos, isopolares, no constreñidos en los septos celulares de color verde claro. Vaina invisible al microscopio óptico. Células intercalares más largas que anchas. Contenido celular homogéneo, verde azul pálido. Extremo apical no atenuado. Célula apical cilíndrico redondeada.

Dimensiones: Tricoma 3.8-3.0 ($x= 3.3 \mu\text{m}$) ancho.

Células intercalares 3.7- 2.6 ($x= 4.95 \mu\text{m}$).

Relación largo/ancho célula intercalar 1.1.0.8 ($x= 1.33$).

Comentarios taxonómicos: Sin hormogonios y sin necridios, el ancho del tricoma es mayor al reportado por Geitler, 1932 (diámetro del tricoma 3.4-3.6 μm).

HABITAT

En la zona de estudio se encontró en nacimientos, ríos en rápidos, agua estancada y zona de remanso. Reportada para ambientes lénticos y lóticos. Entre otras algas.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω : 1301 $\mu\text{S cm}^{-1}$, temperatura 24.3 °C.

Referencias bibliográficas: 1. Fremy, 1934 ; 2. Geitler, 1932; 3. Sant'Anna & De Paiva, 1995; 4. Branco *et al* 1999.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P Micos, col. G. Montejano. 4.v.1985 (FCME PA2391);(2) El Meco, col. G. Montejano. 6.v.1985 (FCME PA2449); (3) Nacimiento El Salto, col. G. Montejano. 17.i. 2001 (FCME PA3999)

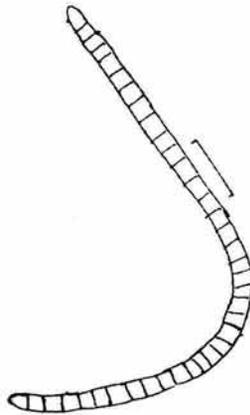


Figura 23. *Jaaginema homogeneous*. Escala de la barra 10 μ m

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

Familia PSEUDANABAENACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfamilia PSEUDANABAENADEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Leibleinia c.f. epiphytica (Hieron.) Anagnostidis et Komárek, 1988

Syn. *Lyngbya epiphytica* Hieron. Engler & Prantl, 1898

Filamentos en grupo. Vaina incolora, mucilaginoso, pegada al tricoma. Tricoma constreñido en las paredes celulares. Células más anchas que largas. Contenido celular verde hialino uniforme. Extremo apical no atenuado, célula apical redondeada.

Dimensiones: Tricoma 2.8- 2.2 ($x= 2.5 \mu\text{m}$) ancho.

Células intercalares 2.5- 2.0 ($x= 2.25 \mu\text{m}$)

Relación largo/ancho de las células intercalares 1.0- 0.8 ($x= 0.9$)

Observaciones microscópicas: hay filamentos con células separadas, la vaina es ligeramente difluente y existen algunos filamentos con hormogonios internos.

Comentarios taxonómicos: los datos morfométricos sobrepasan las medidas reportadas para la especie (diámetro del tricoma 1-1.5 μm células intercalares 1-2 μm largo) Geitler, 1932

HABITAT

En la zona de estudio se encontró en un nacimiento, en un río en zona de cantos rodados y peñascos grandes. Reportada para agua dulce, algunas veces en agua marina para ambientes lénticos. Epífita de diversas algas (*Tolypothrix*, *Lyngbya*, *Oedogonium*, *Cladophora*, *Rhizoclonium*, *Fremyella uberrima*, *Lyngbya maior* y *Plectonema wollei* y de plantas acuáticas vasculares.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 15.8,-300 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6.58, T 11.3 °C; IL baja-media, VC baja.

Referencias bibliográficas: 1. Gardner, 1927; 2. Frémy, 1929; 3. Fremy, 1934; 4. Geitler, 1932; 5. Skuja, 1949; 6. Skuja, 1964; 7. Starmach, 1966; 8. Kann, 1978; 9. Sant' Anna & De Paiva, 1995.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Huichihuayan, col. G. Montejano. 1.Xii. 2001 (FCME PA3924); (2) Hidalgo, Tlanchinol, col. G. Montejano. 14.i. 2002 (FCME PA3947); (3) S.L.P. Huichihuayan, col. M. Cartajena. 15.i. 2002 (FCME PA3955); (4) Huichihuayan, col. G. Montejano. 15.i. 2002 (FCME PA3962)

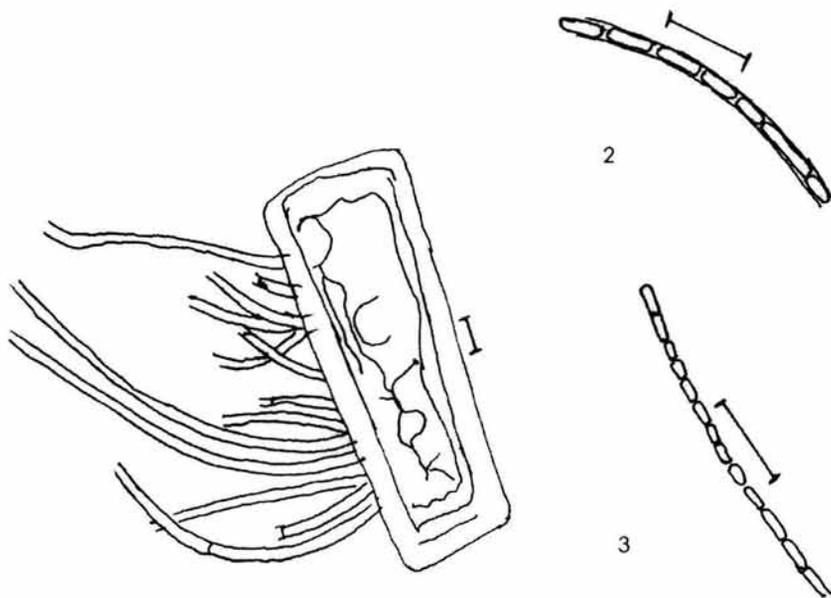


Figura 24. *Leibleinia epiphytica* 1. Filamentos sobre una célula de *Basidiadia* sp; 2. Detalle de un filamento con posibles hormogonios; 3. Detalle de un tricoma. Escala de la barra 10 μm

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

Familia PSEUDANABAENACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfamilia PSEUDANABAENADEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Pseudanabaena c.f. catenata Lauterb., 1914-1917.

Tricomas solitarios entremezclados con otras algas, isopolares, rectos a arqueados, no constreñidos en los septos celulares. Vaina no visible al microscopio óptico. Células intercalares más largas que anchas, delimitadas unas de otras. Septos celulares tenues. Contenido celular hialino homogéneo, algunas veces hay un gránulo apenas visible a cada lado del septo. Extremo apical no atenuado. Célula apical cilíndrico redondeada, sin caliptra.

Dimensiones: Tricoma 3.1-2.0 ($x= 2.2 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 5.3-3.0 ($x= 3.8 \mu\text{m}$) ancho

Observaciones microscópicas: En todas las localidades hay pocos tricomas.

Comentarios taxonómicos: Skuja (1949) también la reporta como especie esporádica.

HABITAT

En la zona de estudio se encontró en ríos y nacimientos en agua estancada, zona subaérea humedecido por salpicadura, cauce y orilla del nacimiento y en el interior de una cueva. Metafítica. En la literatura está reportada para charcos pequeños y grandes, sobre lodo en el fondo de cuerpos de agua, en suelos húmedos. Libre flotante, bentónica. Fjerdingstad (1965) la considera saprobiótica.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω : 307-1301 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7, T 19-24.3 °C; IL baja-alta, VC baja.

Referencias bibliográficas: 1. Skuja, 1949; 2. Skuja, 1964; 3. Starmach, 1966; 4. Kann E., 1978.

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Micos, col. G. Montejano. 4.v.1985 (FCME PA2391);(2) Micos, col. G. Montejano. 4.v.1985 (FCME PA2403);(3) El Meco, col. G. Montejano. 6.v.1985 (FCME PA2449); (4) Río Tamasopo en Agua Buena, col. M. Meave. 27.v.1987 (FCME PA2506);(5) Huichihuayán, col. G. Montejano. 15.i. 2001 (FCME PA3957);(6) Huichihuayán, col. G. Montejano. 15.i. 2002 (FCME PA3970);(7) Nacimiento El Salto, col. G. Montejano. 17.i. 2002 (FCME PA3998); (8) Nacimiento El Salto, col. M. Cartajena. 17.i. 2001 (FCME PA3999);(9) Nacimiento El Salto, col. M. Cartajena. 17. i. 2001 (FCME PA4000);(10) Micos, col. M. Cartajena. 18. i.2002 (FCME PA4021)

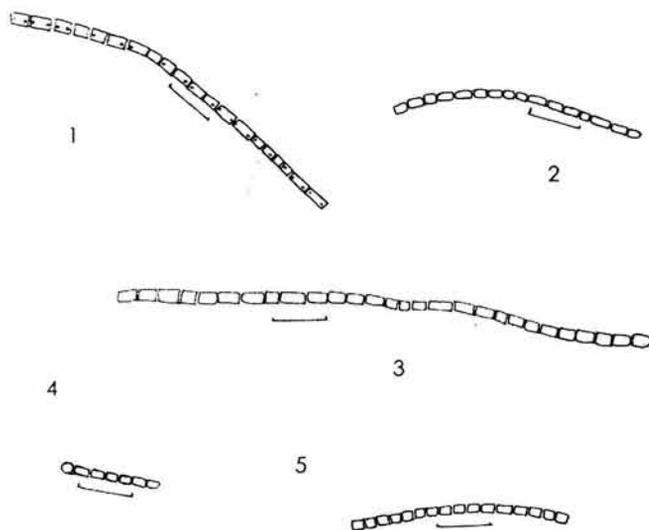


Figura 25. *Pseudanabaena* c.f. *catenata*. 1,5. Porciones de tricoma; 2, 3. Porciones de tricoma que muestran la célula apical; 4. Hormogonio. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

Familia PSEUDANABAENACEAE Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfamilia HETEROLEIBLEINIOIDEAE Anagnostidis & Komárek, 1992

Heteroleibleinia c.f. *kützingii* (Schmidle) Anagnostidis & Komárek, 1988

Syn. *Lyngbya kuetzingii* Schmidle, 1847

Leibleinia martensiana Kütz

Filamentos en grupos pequeños a tufos. Filamentos cuando largos son flexuosos. Tricomas verde claro, ligeramente constreñidos en las paredes celulares. Vaina delgada pegada al tricoma firme, incolora. Células intercalares más anchas que largas. Contenido celular verde azul pálido con granulaciones apenas visibles. Célula apical redondeada, no atenuada ni con caliptra.

Dimensiones: Filamentos 150 a 200 μm largo

Tricomas 2.8-1.9 ($x= 2.5 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 3.0-1.6 ($x= 2.1 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 1.2-0.7 ($x= 0.9$)

Comentarios taxonómicos: en la descripción de Geitler (1932), la longitud del filamento es menor a la encontrada, va de 30-70 μm . La relación largo/ancho va de 1/2 a 1/3, sin embargo en la designación nomenclatural del género *Heteroleibleinia* se habla de células más cortas o más largas que anchas. Especie reportada sobre distintas plantas acuáticas y objetos sumergidas (Skuja, 1966)

HABITAT

En la zona de estudio se reporta para un nacimiento, un río y un paredón. Dentro de estos ambientes se encuentra en una zona de remanso y en la parte del cauce con velocidad de corriente alta. Epifita. Reportada para ambientes lénticos; en la trinchera de una corriente.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω : 300-1776 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7-7.05, T 20-25.6 °C.; L baja a alta; VC baja a alta.

Referencias bibliográficas: 1. Gardner, 1927; 2. Frey, 1929; 3. Geitler, 1932; 4. Skuja, 1949; 5. Skuja, 1964; 6. Kann, 1978; 7. Valadez, 1994

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P Río Tamasopo en Agua Buena, col. M. Meave. 27.v.1987 (FCME PA2506);
(2) Huichihuayan, col. G. Montejano. 1. xii. 2001 (FCME PA3918); (3) Puente de Dios. 16.01. 2002 (FCME PA3992)

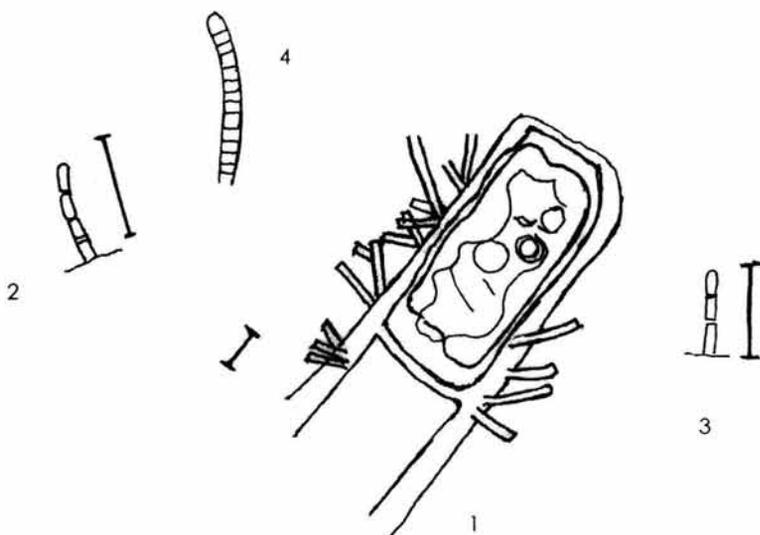


Figura 26. *Heteroleibleinia kützingii*. 1. Filamentos que crecen sobre *Basidiadia* sp.; 2,4. Posibles hormogonios; 3. Extremo de un tricoma. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA SCHIZOTRICHACEAE Elenkin, 1934

Schizothrix lacustris var. *facilis* Skuja, 1966

Talo pulvinado, erecto, ramificado subdicotómicamente. En la base del talo los filamentos son flexuosos, postrados y enmarañados y entrelazados entre sí. Decumbente en la base, en esta zona los filamentos muestran una vaina gruesa amarillenta, En la parte media y apical los filamentos son erectos, con vaina hialina. Las ramas están conformadas por el apilamiento de filamentos organizados en paquetes (3-10 tricomas) orientados en el interior de distintas direcciones y de tamaño variable, se unen y se separan entre sí hasta terminar en sólo un filamento. Filamentos con vaina individual hialina, abierta. Esta última tiende en el ápice a doblarse hasta que los extremos se juntan formando una especie de punta. Los filamentos de la parte apical del talo son atenuados en sus extremos. Tricoma verde, no constreñido en los septos. Células intercalares más anchas que largas. Contenido celular granuloso homogéneo. Célula apical redonda a atenuada sin formar un pelo.

Dimensiones: Talo 1-2 cms. de largo

Tricoma 7.6-6.0 ($x= 6.5 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 4.9- 2.9 ($x= 3.9 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.7-0.4 ($x= 0.6$)

Observaciones microscópicas: La porción apical de los filamentos del ápice del talo muestran muchos necridios rectangulares de paredes engrosadas, no refringentes a partir de los cuales se forman hormogonios de tamaño mediano. Algunos otros filamentos muestran vainas rojizo-azuladas y con células constreñidas mientras que existen otros filamentos sin septos celulares visibles.

La especie acompañante es *Terpsinoe musicae* entre los filamentos del talo en forma de cadenas.

Comentarios taxonómicos: Entre las características que sustentan la asignación del material trabajado como *Sch. lacustris* var. *facilis* están: el habitat, forma y dimensiones del talo, el tipo y cantidad de ramificación, forma de vida así como la atenuación de los filamentos. Con respecto al ápice de la vaina, Skuja (1964) reporta que en estados juveniles la vaina es cerrada y más tarde abierta

HABITAT

Se encuentra en nacimientos y ríos en el centro del cauce en zona de velocidad de corriente alta y en zona de flujo laminar. Reportada para subsuelo rocoso, en rocas sumergidas en las riberas, en un cuerpo de agua pequeño subalpino. Epífita, epilítica.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 1301 $\mu\text{S cm}^{-1}$, T 24.3°C; IL alta; VC alta

Referencias bibliográficas: 1. Skuja, 1966

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Nacimiento El Salto, col. G. Montejano. 2.v. 1985 (FCME PA2352); (2) Micos, col. G. Montejano. 4.v. 1985 (FCME PA2391); (3) Nacimiento El Salto, col. G. Montejano. 16. i. 2002 (FCME PA3997)

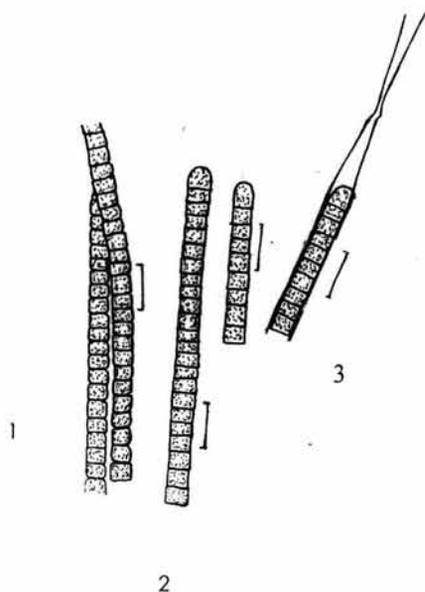


Figura 27. *Schizothrix lacustris* var. *fascilis*. 1. Porción de 2 tricomas que conforman una falsa rama resultado del apilamiento de filamentos; 2. Extremo apical de 2 tricomas; 3. Filamento con doblez de la vaina el cual casi se cierra. Escala de la barra 10 μm .

Orden OSCILLATORIALES Elenkin, 1934

FAMILIA SCHIZOTRICHACEAE Elenkin, 1934

Schizothrix lardacea Gomont, 1892

Syn. *Hypheothrix lardacea* (Cesati) Hansg.

Costra verde edáfica, muy resbalosa, lisa, se deshace al tocarla, no calcificada. Filamentos flexuosos, polares. Contienen de 1-3 tricomas. Tricomas no constreñidos ni atenuados, sin caliptra. Vainas gruesas, incoloras, gruesas, con lamelaciones paralelas que simulan canales, separadas del tricoma. Células intercalares más largas que anchas. Contenido celular verde, homogéneo, con 1 o 2 gránulos. Célula apical rectangular redondeada.

Dimensiones: Costra 0.2 cm de grosor

Tricoma 4- 2.6 ($x= 3.5 \mu\text{m}$) ancho.

Vaina 3.0-2.0 ($2.4 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 6.8-5.4 ($x= 4.05 \mu\text{m}$) ancho

Relación largo/ancho de células intercalares 2.0-1.7 ($x=1.2$)

Observaciones microscópicas: Los filamentos abundantes son los que contienen un tricoma, con septos visibles y sin gránulos. Hay algunos filamentos con dos o tres tricomas, en el de tres están paralelos y en el de dos están trenzados. En los filamentos donde los septos celulares no son visibles existen gránulos grandes y escasos. No hay hormogonios ni necridios presentes.

Comentarios taxonómicos: Se sugiere la confrontación de esta especie debido a que sobre pasa las medidas (diámetro del tricoma $1.5\text{-}2 \mu\text{m}$; células intercalares $2\text{-}3 \mu\text{m}$ largo).

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 1301 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{T}$ 24.2 °C. IL alta.

Referencias bibliográficas: 1. Fremy, 1929; 2. Geitler, 1932; 3. Skuja, 1949; 4. Skuja, 1964; 5. Starmach, 1966; 6. Golubic, 1978; 7. Novelo, 1998.

Referencias de Herbario: (1) S.L.P El Salto, col. G. Montejano. 17.i. 20001(FCME PA4008)

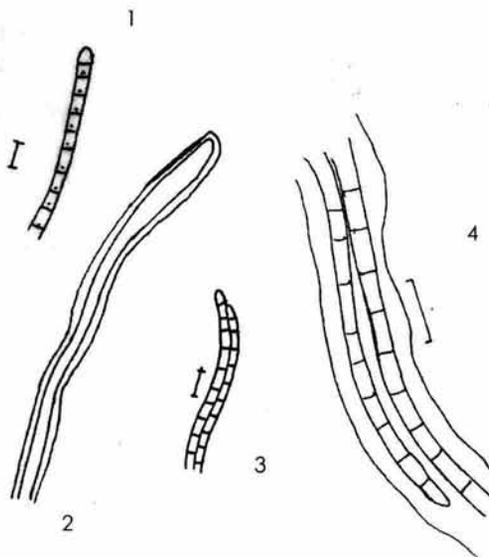


Figura 28. *Schizothrix* c.f. *lardacea*. 1. Extremo de un tricoma el cual muestra el gránulo cerca de los septos; 2. Porción de una vaina cerrada; 3,4. Dos tricomas juntos los cuales forman parte de un filamento.

Orden NOSTOCALES (Borzi, 1914) Geitler, 1925

Familia RIVULARIACEAE Rabenhorst

Dichothrix orsiniana (Kützting) Bornet & Flahault, 1907

Syn. *Calothrix orsiniana* subgénero *Dichothrix*

Talo pulvinado, erecto, verde o café, ramificado. ramas subdicotómicas presentes a nivel del heterocito, constituidas por filamentos apilados en paquetes unos al lado de otros. Tricoma no constreñido en los septos. Vaina estrecha a amplia, incolora o verduzca, no lamelada y polar: es firme en la base a hialina y apenas visible en el extremo apical, el cual se atenua. Células intercalares discoidales, hormocitos adyacentes al heterocito compuesto por células intercalares en paquetes, bulbosas, ensanchadas, con paredes transversales cafezuscas-naranjas. Heterocito esférico a subsférico con un nódulo polar, heterocitos ubicados en la base de las ramas,

Dimensiones: Talo 3.3- 1.3 ($x= 2.1$ cm) largo; 29.8- 24.2 ($x= 27.5$ μm) ancho

Filamentos 17.4-12.7 ($x=14.1$ μm)

Tricomas 10.6-7.5 ($x= 8.4$ μm) ancho

Células intercalares 6.2-3.4 (4.3 μm) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.8-0.4 ($x= 0.5$)

Heterocito 11.3-7.2 ($x=8.4$ μm) largo 10.4-6.1 ($x=8.0$ μm) ancho

Relación largo/ancho heterocito 1.5-0.6 ($x=1.0$)

Hormocitos 59.4-20.6 (33.4 μm) ancho

Células del hormocito: 10.4-3.6 ($x=5.9$ μm) largo; 11.4-8.1 ($x= 9.6$ μm) ancho

Relación largo/ancho de las células del hormocito 0.7- 0.4 ($x= 0.6$)

Número células hormocitos 16-2 ($x=5.6$ μm)

Comentarios taxonómicos: Esta especie es muy parecida a *D. baueriana*. Ambas son epilíticas pero mientras *D. orsiniana* predomina en ambientes lóticos *D.*

baueriana está reportada para cuerpos de agua lénticos. Además las dimensiones de esta última son menores a la existente en La Huasteca.

HABITAT

En la zona de estudio se encontró en un río. En la literatura se reporta para ambientes lóticos, rara vez en ambientes lénticos. En la base de una presa, rápidos y caídas del río Niagara; lagos oligotróficos, lagos de agua clara, arroyos rápidos, a la orilla de ríos, en la zona de salpicadura en cascadas. Epilítica y epipélica.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω 930 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7, T 26.4 °C.

Referencias Bibliográficas: 1. Tilden, 1910; 2. Geitler, 1932; 3. Skuja, 1964; 4. Starmach, 1966; 5. Meave del Castillo, 1983

Referencias de Herbario:

(1) S.L.P. Río Tamasopo en Agua Buena, col. M. Meave. 10.iii.1983(FCME PA1901)

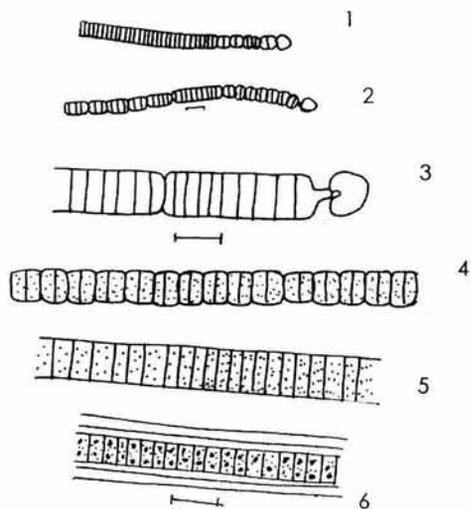


Figura 29. *Dichotrix orsiniana*. 1,4. Tricomas en formación de prehormocitos; 2. Tricoma con prehormocitos; 3. Detalle de la parte basal de un tricoma el cual muestra el heterocito; 5. Células intercalares cuyo contenido es homogéneo; 6. Porción de un filamento cuyo contenido celular es granuloso. Escala de la barra 10 μm .

Orden NOSTOCALES (Borzi, 1914) Geitler, 1925

Familia Nostocaceae Dumont, 1829

Subfamilia Nostocoideae (Borzi 1914) Komárek & Anagnostidis 1989

Nostoc verrucosum Vaucher, 1803

Talo con forma definida, fijo, acuático, litofítico, globoso macroscópico, gelatinoso, firme, no pierde su forma al sacarlo del agua y tocarlo de color violeta-morita. Periderma bien definido, liso, mucilago transparente. Tricomas torulosos a moniliformes, se arreglan de una forma más o menos radial hacia el centro del talo mientras que cerca de la superficie los tricomas son arqueados y se disponen de manera densa, en esta región, existen filamentos en la fase de vaina gruesa, mucilaginoso, cafezusco. Hacia el interior del talo los tricomas son rectos, largos. Células intercalares esféricas a ovaladas. Contenido celular granuloso homogéneo. Heterocitos esféricos, intercalares y libres entre el mucilago.

Dimensiones: talo 7-1 ($x= 4$ mm) altura; 19- 5 ($x= 11.1$ mm) ancho

Tricomas 6.6- 4.8 ($x= 5.7$ μm) ancho

Vaina 31.3-10.0 ($x= 16.9$ μm) ancho

Células moniliformes (ovaladas) 5.9- 5.0 ($x= 5.23$ μm) largo

Relación largo/ancho de las células moniliformes 1.1-0.9 ($x= 1.0$)

Células torulosas 6.6-4.1 ($x= 5.02$ μm) largo

Relación largo/ancho de las células torulosas (esféricas) 1.6- 0.9 ($x= 1.1$)

Heterocitos 10.0-6.3 ($x= 8.0$ μm) ancho; 10.9-5.9 ($x= 7.8$ μm) largo

Relación largo/ancho de los heterocitos 1.2-0.8 ($x= 1.0$)

Comentarios taxonómicos: el diámetro del tricoma en el material estudiado es de mayores dimensiones que el reportado por Tilden, 1910 y Geitler, 1932 (diámetro del tricoma 3-3.5 μm ; diámetro del heterocito 6 μm).

HABITAT

En la zona de estudio se encontró en un nacimiento, en un río en los rápidos superficiales y en zona de flujo laminar. En la literatura se reporta para ambientes lénticos y lóticos: cascadas, riachuelos; pozas, rápidos y caídas de ríos; cascadas, excepcionalmente en litoral marino. Epilítica y epipélica.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω : 714-1110 $\mu\text{S cm}^{-1}$; pH 6.55-7.5 ;T 22.8-24.2°C; IL alta; VC baja.

Referencias bibliográficas: 1. Tilden, 1910; 2. Frey, 1929; 3. Geitler, 1932; 4. Geitler, 1935; 5. Desikachary, 1959; 6. Starmach, 1964; 7. Golubic, 1977; 8. Kann, 1978.

Referencias de Herbario: (1) S.L.P. Micos, col. G. Montejano. 5.V. 1985 (FCME PA2427);(2) Nacimiento El Salto, col. J. Carmona. 9.I.1998 (FCME PA3762);(3)La Garita, col. E. Cantoral. 7. xii. 1999 (FCME PA3875)

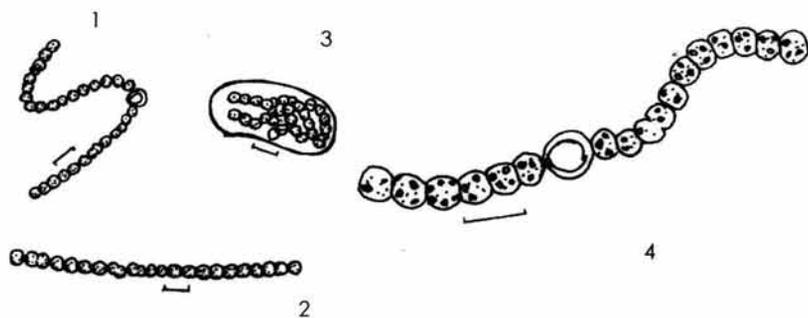


Figura 30. *Nostoc verrucosum*. 1. Vista general de un tricoma; 2,4. Tricomas con heterocito esférico intercalar; 3. Fase globosa compuesta por una vaina difluente, café. Escala de la barra 10 μm .

Orden NOSTOCALES (Borzi, 1914) Geitler, 1925

Familia Scytonemataceae Rabenhorst

Scytonema arcangeli Bornet et Flahault, 1887

Tapete de filamentos entremezclados entre sí, cortos, isopolares, flexuosos. Ramificaciones geminadas, solitarias o en grupo. Ramas paralelas del mismo ancho que el eje principal, de distintos tamaños entre sí. Tricomas no constreñidos en las paredes, verde claro. Vaina firme, hialina. Células intercalares más anchas que largas. Contenido celular granuloso homogéneo. Célula apical redondeada o cónico redondeada, no atenuada, sin caliptra. Heterocitos rectangulares, con contenido celular, blanquizco, escasos.

Dimensiones: Filamentos 30.6-20.6 ($x=26.6 \mu\text{m}$) ancho

Tricomas 20.6-15.3 ($x=18.7 \mu\text{m}$) ancho

Células intercalares 9.5-5.0 ($x=7.0 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.5- 0.2 ($x=0.4$)

Vaina 2.7-1.6 ($x=2.3 \mu\text{m}$) ancho

Heterocito 13.95 μm largo; 7 μm ancho

Observaciones microscópicas: Hay filamentos con necridios biconcavos, otros con hormogonios y algunos otros muestran septos celulares muy tenues.

Comentarios taxonómicos: Los heterocitos son muy escasos, rectangulares y de mayor tamaño a lo reportado. Además no coincide la forma de crecimiento (cespitoso) aunque si se menciona que se le ha encontrado entre otras algas.

HABITAT

En la zona de estudio se encontro en una cascada en la zona de salpicadura, sombreada. Subaérea húmeda. En la literatura se reporta para ambientes lénticos

y lóticos; en estanques en invernaderos; lagos, presas, corrientes, cascadas y ríos. Primero unida, finalmente libre flotante. Epifita, epilítica y mezclada con otras plantas.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Ω : 920 $\mu\text{S cm}^{-1}$, T 27.5 °C, pH 7-8, salinidad 0.3

Referencias bibliográficas: 1. Tilden, 1910; 2. Frémy, 1934; 3. Starmach, 1966; 4. Sant' Anna, 1988; 5. Branco *et al*, 1999

Referencias de Herbario: (1) S.L.P. Cascada Manchí en Tanchanchín, col. M. Meave. 7.v. 1985 (FCME PA2477)

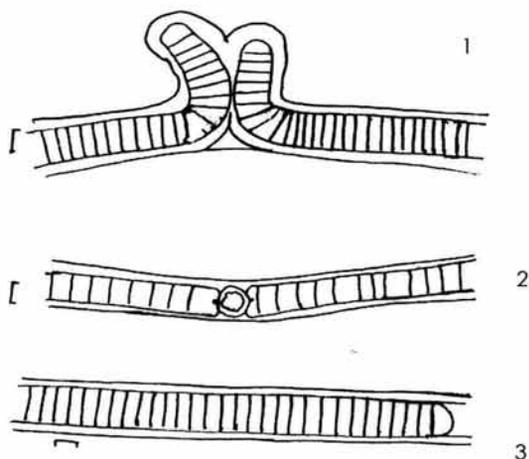


Figura 31. *Scytonema arcangeli*. 1. Ramificación geminada; 2. Heterocito intercalar con sus 2 nódulos polares; 3. Ápice de un filamento. Escala de la barra 10 μm .

Orden NOSTOCALES (Borzi, 1914) Geitler, 1925

Familia MICROCHAETACEAE Lemmermann

Subfamilia TOLYPOTRICHODEAE Komárek & Anagnostidis

Tolypothrix c.f. distorta Kützing Bornet et Flahaut, 1887

Talo compuesto por filamentos reunidos laxamente sin llegar a formar un talo, entre otra alga filamentosa que constituye la especie estructural. Filamentos apolares, flexibles, ramificados. Ramas laterales oblicuas, del mismo grosor al del eje principal. Vaina firme, hialina. Tricomas sin constreñir en los septos. Células intercalares más anchas que largas. Contenido celular granuloso. Heterocito esférico con un nódulo.

Dimensiones: Tricomas 11.4-6.0 ($x= 10.4 \mu\text{m}$) ancho

Céls intercalares 6.0- 4.3 ($x= 5.0 \mu\text{m}$) largo

Relación largo/ancho de las células intercalares 0.4-0.2 ($x= 0.3$)

Heterocito 11.5-9.5 ($x= 10.6 \mu\text{m}$) largo

Observaciones microscópicas: Filamentos productores de hormogonios chicos. Filamentos con necridios acintados, otros con heterocitos en la base de la rama (2 con heterocito en la base de la rama) unos más con extremos apicales atenuados.

Comentarios taxonómicos: No coincide con la forma de crecimiento (cespitosa o en forma de cojinete (Tilden, 1910; talo velludo, extendido Geitler, 1932)

HABITAT

En la zona de estudio se encontró en un paredón en zona de salpicadura sombreada. En la literatura se reporta para ambientes lénticos, rara vez en ambientes lóticos. Flotando o unida a plantas o piedras

Referencias bibliográficas: 1. Tilden, 1910; 2. Geitler, 1932; 2. Starmach, 1966; 4. Branco *et al* 1999.

Referencias de Herbario:

(1) Hidalgo, Zacualtipan de los Angeles, Zacualtipan, col. G. Montejano. 14. i.2002 (FCME PA3940)

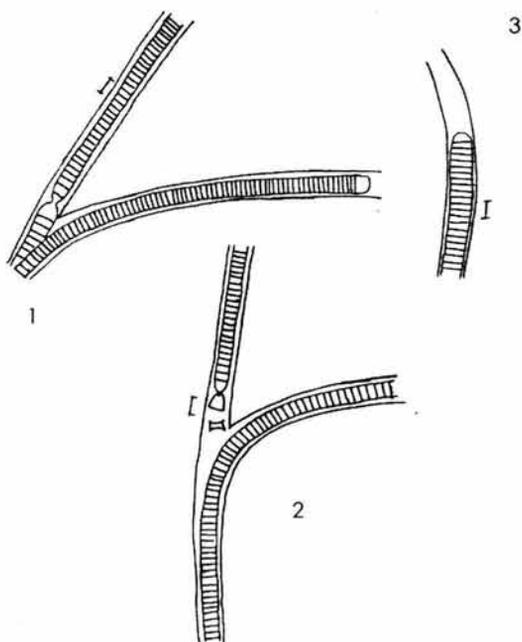


Figura 32. *Tolypothrix* c.f. *distorta*. 1. Falsa ramificación; 2. Falsa ramificación con un "heterocito"; 3. Ápice de un filamento. Escala de la barra 10 μ m.

5.5. DISTRIBUCIÓN Y ECOLOGÍA

Los ambientes trabajados fueron: ríos, manantiales o nacimientos, cascadas y paredones. Se trabajaron con muestras de 15 localidades. Tres localidades presentaron el mayor número de especies: Nacimiento el Salto (14 sp), Micos y Agua Buena en Río Tamasopo (8 sp). Hubo especies presentes en una sola localidad, algunas de ellas fueron: *Porphyrosiphon notarisii*, *Lyngbya* c.f. *maior*, *Lyngbya endophytica* y *Schizothrix* c.f. *lardacea* (Tabla 2.4)

De los 33 taxa reportados en esta tesis, 16 de ellos estuvieron presentes en zonas con velocidad de corriente baja mientras que 3 de ellas se manifestaron en lugares con velocidad de corriente alta.

En las especies determinadas se encontraron 10 formas de crecimiento distintas. Las más frecuentes fueron tapetes, tufos y pulvinadas. Las 4 especies que se manifestaron como especies estructurales y asociadas fueron *Homoeothrix juliana* var. *lyngbyoides*, *Blennothrix ganeshii*, *Microcoleus subtorulosus* y *Geitlerinema splendidum* var. *maior*. Las especies que también tuvieron 2 formas de vida fueron *Homoeothrix juliana* var. *lyngbyoides*, *Microcoleus subtorulosus* y *Geitlerinema splendidum* var. *maior*.

La primera especie *Homoeothrix juliana* var. *lyngbyoides* en la localidad Huichihuayán estuvo presente en la forma de tufos epilíticos y como epifita de *Basicladia* sp mientras que en La Garita formó parte de una costra.

Blennothrix ganeshii estuvo presente como especie estructural en casi todas las localidades excepto en Nacimiento El Salto donde sirvió de sustrato para *Schizothrix lacustris* var. *fascilis*.

Con respecto a *Microcoleus subtorulosus* estuvo presente tanto en forma de tapete así como especie asociada en la base del tufo formado por *Lyngbya* sp.

El último caso es el de la especie *Geitlerinema splendidum* var. *maior* quién formo un tapete epipélico y estuvo como especie asociada al talo infunbiliforme y tapetes conformados por las especies *Phormidium jadinianum* var. 2 y *P. subfuscum* var. 1.

En lo que respecta a la forma de vida, *Homoeothrix juliana* var. *lyngbyoides* estuvo presente como epifita y epilítica, *Microcoleus subtorulosus* como litofítica y metafítica grande y *Geitlerinema splendidum* var. *maior* como epipélica y metafítica pequeña.

Tabla 2.4. Distribución de los taxa determinados por localidades.

Localidad	Ambiente	Especies
Nacimiento El Salto (14 especies)	Manantial	<i>Homoeothrix juliana</i> var. <i>lyngbyoides</i> <i>Komovaphoron. crassum</i> <i>Blennothrix ganeshii</i> <i>Phormidium jadinianum</i> var. 1 <i>P. retzii</i> <i>P. subfuscum</i> var. 1 <i>Tychonema rodonema</i> <i>T. bometii</i> <i>Microcoleus subtorulosus</i> <i>Geitlerinema splendidum</i> var. <i>maior</i> <i>Jaaginema . homogenum</i> <i>Pseudanabaena</i> c.f. <i>catenata</i> <i>Schizothrix lacustris</i> var. <i>fascilis</i> <i>Nostoc verrucosum</i>
Micos (8 especies)	Río	<i>K. crassum</i> <i>B. ganeshii</i> <i>Phormidium</i> c.f. <i>truncicola</i> <i>T. rodonema</i> <i>G. splendidum</i> var. <i>maior</i> <i>J. homogenum</i> <i>P. c.f. catenata</i> <i>S. lacustris</i> var. <i>fascilis</i>
Río Tamasopo en Agua Buena (8 especies)	Río	<i>Lyngbya</i> c.f. <i>maior</i> <i>L. c.f. martensiana</i> <i>Phormidium jadinianum</i> var. 2

Taxonomía y distribución de cianofitas filamentosas de La Huasteca, México.

Tabla 2.4. (Continuación). Distribución de las taxa determinados por localidades.

Localidades	Ambiente	Especies
Río Tamasopo en Agua Buena		<i>P. c.f. catenata</i> <i>P. subfuscum</i> var. 1. <i>T. bornetii</i> <i>Heteroleiblenia kützingii</i>
Huichihuayán (9 taxa, 7 especies)	Manantial	<i>Dichotrix orsiniana</i> <i>Homoeothrix juliana</i> var. <i>lyngbyiodes</i> <i>Phormidium</i> sp 1 <i>Phormidium</i> sp 2 <i>P. retzii</i> <i>Porphyrosiphon notarisii</i> <i>Microcoleus subtorulosus</i> <i>Leiblenia epiphytica</i> <i>Pseudanabaena c.f. catenata</i>
La Garita (5 especies)	Río	<i>Heteroleiblenia kützingii</i> <i>Homoeothrix juliana</i> var. <i>lyngbyiodes</i> <i>Blennothrix ganeshii</i> <i>Tychonema rodonema</i>
Puente de Dios (4 especies)	Río	<i>P. c.f. catenata</i> <i>Nostoc verrucosum</i> <i>H. juliana</i> var. <i>lyngbyiodes</i> <i>Phormidium subfuscum</i> var. 2
Río Verdito (3 especies)	Paredón	<i>L. epiphytica</i> <i>H. kützingii</i> <i>Komovophoron. crassum</i>
Nacimiento El Coy (4 taxa, 3 especies)	Manantial	<i>P. subfuscum</i> var. 2 <i>T. rodonema</i> <i>T. bornetii</i> <i>K. crassum</i> <i>Lyngbya spp</i>
El Meco (4 especies)	Río	<i>Phormidium subfuscum</i> var. 1 <i>P. jadinianum</i> var. 1 <i>P. c.f. tinctorium</i> , <i>T. bornetii</i> <i>H. kützingii</i>
Santa Anita	Río	<i>H. kützingii</i>
Tanchanchín	Cascada	<i>Scytonema arcangeli</i>
Tlanchinol	Paredón	<i>H. juliana</i> var. <i>Lyngbyoides</i>
Zacuallipán	Paredón	<i>Tolypothrix c.f. distorta</i>

Taxonomía y distribución de cianofitas filamentosas de La Huasteca, México.

Tabla 2.5. Clasificación de las especies en base a su papel en las formas de crecimiento, su forma de vida y cuando fue posible, se especificó el dato de velocidad de corriente bajo el cual se les colectó.

Especies	Forma de crecimiento	Forma de vida	Vel. de corriente
<i>Homoeothrix juliana</i> var. <i>lyngbyoides</i>	costra	epilítica	--
<i>Homoeothrix juliana</i> var. <i>lyngbyoides</i>	tufa	epilítica	Baja
<i>Homoeothrix juliana</i> var. <i>lyngbyoides</i>	---- ²	Epífita	baja
<i>Komvophoron crassum</i>	---- ²	Metafítica, pequeña	----
<i>Blennothrix bremerii</i>	---- ²	metafítica grande	alta
<i>B. ganeshii</i>	cabellera ¹	epilítica	baja.
<i>B. ganeshii</i>	---- ²	metafítica grande	baja
<i>Lyngbya</i> sp	tufa ¹	epilítica	alta
<i>L. endophytica</i>	---- ²	epífita	baja
<i>L. c.f. maior</i>	---- ²	metafítica grande	baja
<i>L. c.f. martensiana</i>	---- ²	metafítica grande	baja
<i>Oscillatoria obtusa</i>	---- ²	metafítica grande	baja
<i>Phormidium</i> sp 1	tufa	epilítica	baja
<i>Phormidium</i> sp 2	tufa	epilítica	baja
<i>P. jadinianum</i> var. 1	tapete ¹	epilítica	baja
<i>P. jadinianum</i> var. 2	---- ²	metafítica grande	baja
<i>P. retzii</i>	película ¹	epilítica	baja
<i>P. subfuscum</i> var. 1	infunbiliforme	epilítica	baja
<i>P. subfuscum</i> var. 2	flóculo mucilaginoso	metafítica grande	baja
<i>P. c.f. tinctorium</i>	---- ²	metafítica grande	baja
<i>P. c.f. truncicola</i>	cojinete	epilítica	baja
<i>Porphyrosiphon notarisii</i>	tapete enmarañado	Epilítica	----
<i>Tychonema bormetii</i>	---- ²	metafítica pequeña	----
<i>T. rodonema</i>	---- ²	metafítica pequeña	----
<i>Microcoleus subtorulosus</i>	tapete ¹	epilítica	baja
<i>M. subtorulosus</i>	---- ²	metafítica grande	alta
<i>Geitlerinema splendidum</i> var. <i>maior</i>	tapete ¹	epipéllica	----
<i>G. splendidum</i> var. <i>mayor</i>	---- ²	metafítica pequeña	----
<i>Jaaginema homogenum</i>	---- ²	metafítica pequeña	----
<i>Pseudanabaena c.f. catenata</i>	---- ²	metafítica pequeña	----
<i>Heteroleiblenia kützingii</i>	---- ²	epífita	----
<i>Schizothrix c.f. lardacea</i>	costra ¹	Edáfica	----
<i>S. lacustris</i> var. <i>fascilis</i>	pulvinado ¹	Epilítica	alta
<i>Scytonema arcangeli</i>	---- ²	metafítica grande	----
<i>Nostoc verrucosum</i>	Globoso ¹	Litofítica	baja
<i>Dichothrix orsiniana</i>	Pulvinado	Litofítica	----
<i>Tolypothrix c.f. distorta</i>	---- ²	metafítica grande	baja

* Superíndices de la columna 2 sobre la forma de crecimiento: 1 Especie estructural; 2. Especie asociada.

VI. DISCUSIÓN

6.1. TAXONOMÍA

6.1.1. Problemática a nivel familia

La ubicación del género *Homoeothrix* a nivel de familia es dudosa. Ha pasado de la familia Homoeotricaceae (Anagnostidis & Komárek, 1988), Ammatoideaceae (Komárek s.f.pub.) a Pseudanabaenaceae, subfamilia Heteroblenoideae (Komárek *et al*, 2003). Esta última asignación no parece ser muy adecuada. La familia Pseudanabaenaceae se caracteriza por sus células intercalares más largas que anchas, su contenido celular homogéneo y la carencia de necridios. En este esquema, se le dio más peso taxonómico a la polaridad que al resto de los caracteres. Por otro lado, en la especie *Homoeothrix juliana* var. *lyngbyoides* se observaron células intercalares más anchas que largas, contenido celular granuloso homogéneo que recuerda más al de la familia Oscillatoriaceae. Su posición a nivel familia tendrá que discutirse en trabajos posteriores.

A partir del trabajo llevado a cabo al microscopio, se observó al tipo de contenido celular como una característica distintiva entre las familias. Los tipos encontrados fueron:

- 1) Granuloso uniforme con relieve. Su apariencia recuerda a la textura que produce el colorear con crayola. Los gránulos son grandes, distribuidos en toda la célula. Este tipo de contenido está presente en la familia Oscillatoriaceae.
- 2) Homogéneo, hialino. No se observan gránulos. Este contenido celular es característico de las familias Borziaceae y Pseudanabaenaceae. En el caso de la especie *Geitlerinema splicedum* var. *maior* existen 2 gránulos por septo.
- 3) Verde uniforme sin relieve. La granulación es fina, parece conformada por puntos pequeños. Las familias que lo presentan son la Phormidiaceae (excepto

Tychonema y *Phormidium subfuscum* var. 1 y 2.), Ammatoideaceae y Schizotricaceae.

4) La familia Phormidiaceae se compone de 2 tipos de contenido celular:

a) hialino con gránulos alrededor de los septos. Para el caso de las 2 especies de *Tychonema* y *Phormidium subfuscum* var. 1 se trata de una hilera de gránulos.

b) Compuesto por una parte periférica verde que rodea a un centro granuloso homogéneo verde claro en donde a veces existen algunos gránulos grandes de forma irregular.

La validez de este carácter se tendrá que probar para el resto de las especies de todas las familias.

6.1.2. Problemática a nivel genérico

De los 33 taxa abarcados en este estudio, hubo 4 con dificultades en la delimitación genérica: *Homoeothrix*–*Tapinothrix* ; *Phormidium* sp 1 y 2 y *Schizothrix*

6.1.2.1. *Homoeothrix*–*Tapinothrix*

En este caso, la problemática resultó de la caracterización incompleta y a la ubicación incierta del género *Tapinothrix*.

Los representantes de los géneros *Homoeothrix*–*Tapinothrix*, en general, presentan filamentos no ramificados y atenuados. En el trabajo de Geitler (1932) no se menciona nada sobre el lugar de atenuación del filamento para *Tapinothrix* pero si especifica que no forma un pelo articulado sino mucilaginoso, sólo se reportan 2 especies cuyo diámetro es igual o menor a 4 μm y se menciona que quizá las especies de este género han sido descritas como estadios de *Homoeothrix*. En el mismo estudio, Geitler aclara que la permanencia de *Tapinothrix* radica en

razones históricas. Como contraparte, la especie colectada en la huasteca potosina coincide con las características de la especie *Homoeothrix juliana* var. *juliana* reportada por Komárek & Kann (1973), para las especies de dicho género presentes en cuerpos de agua de montaña. De acuerdo con Geitler (1932), no hay problemas para delimitar al material de La Huasteca como parte del género *Homoeothrix*.

La confusión *Homoeothrix-Tapinothrix* proviene de la enciclopedia sin publicar hecha por Komárek. En dicho escrito, este autor habla de 2 subgéneros para *Homoeothrix*: *Tapinothrix* y *Homoeothrix*. A los representantes del primer subgénero los delimita como delgados y cilíndricos a lo largo de la mayor parte del filamento con atenuación súbita mientras que a los del otro subgénero los define con atenuación continua. Dentro de este marco la especie *H. juliana* var. *lyngbyoides* sería parte del subgénero *Tapinothrix* pero, en este mismo trabajo, Komárek también contempla a *Tapinothrix* como género independiente al cual incluye en la subfamilia Heteroleibleinioideae, familia Pseudanabaenaceae compuesto por alrededor de 20 especies. El comentario que hace es que probablemente las especies marinas del género *Homoeothrix* pertenezcan a este género. Falta esperar la publicación de la flora filamentosa europea de algas verde-azules en el 2004 para saber que pasa con el género *Tapinothrix*. Independientemente de lo anterior, este último género requiere una reevaluación y una revisión de sus especies para aclarar totalmente su definición y ubicación.

6.1.2.2. *Phormidium-Symploca*

La problemática genérica fue para los subtaxa *Phormidium* sp 1 y 2 presentes en Huichihuayán. En un principio se pensó que se podía tratar de alguna especie del género *Lyngbya* puesto que los talos se encuentran fijos al substrato y los filamentos poseen una vaina gruesa y lamelada. Sin embargo, el tipo de división y contenido celular y la forma de las células intercalares no concordaban con las características de la familia Oscillatoriaceae. Además, ninguna de las

descripciones de las especies dulceacuícolas para este género se correspondieron con nuestro material.

Para el género *Symploca* tampoco se encontró ninguna especie que se acoplara a las características del material huasteco. Aunado a lo anterior, las especies de este género son, en su mayoría terrestres sobre suelos húmedos, subaéreas epilíticas, epifitas de musgos y algunas de ellas son marinas (Komárek *et al*, 2003). Además, la forma de crecimiento del material estudiado no es el típico para *Symploca*: filamentos postrados en la base y posteriormente erectos, lo que si coincide es el tipo de división celular al tratarse de la familia Phormidiaceae.

La incertidumbre acerca de la pertenencia del material trabajado al género *Phormidium* residió en que sus formas de crecimiento típicas son las películas tipo piel o fieltro y los talos mucilaginosos. No obstante, aunque menos frecuentes, también existen talos penicelados. El otro carácter que puso en duda la identidad de *Phormidium* fue la presencia de una vaina gruesa lamelada cuando la presencia de ésta para el género va de facultativa a casi obligatoria y sólo se reporta gruesa y lamelada, en algunos casos, para los filamentos viejos (Komárek *et al*, 2003). En el camino de identificar a especie, se contemplaron varias especies de *Phormidium*, las 3 más próximas a lo que esta presente en Huichihuayán son: *P. pachydermaticum*, *P. ambiguum* y *P. coutinhoi*. Existen dudas acerca de las 3 porque para ninguna de ellas se describe su forma de crecimiento. La primera de ellas, además de estar sumergida en ríos se le reporta como subaérea en la corteza de los árboles (Fremy, 1929); la segunda se ha encontrado en ambientes lóticos y lénticos, en manantiales templados y calientes y la tercera se reporta como similar a *P. ambiguum* pero como epifita de musgos acuáticos Starmach (1966). En las ilustraciones de *P. coutinhoi* se muestra un filamento sin septos visibles y con gránulos irregulares grandes que recuerda a una de las fases encontradas en las poblaciones de *Phormidium* sp 1 y 2.

Para poder caracterizar a nivel especie el material de La Huasteca etiquetado como *Phormidium* sp se requiere realizar varias cosas:

a) Hacer una búsqueda bibliográfica sobre todas las especies dulceacuícolas del género *Phormidium*, pues aunque se trata de un género muy común con alrededor de 200 especies, no se cuenta con las descripciones de todas ellas.

b) Revisar los ejemplares tipo de las especies similares a *Phormidium* sp 1 y 2.

c) Realizar colectas con seguimiento estacional de esta especie para obtener su caracterización biológica y ecológica.

6.1.2.3. *Schizothrix*

Subgéneros

Geitler (1932) contempla para este género 4 subgéneros: *Inactis*, *Schizothrix*, *Chromosiphon* e *Hypheothrix*. Dentro de este esquema la especie *Schizothrix* c.f. *lardacea*, es parte del subgénero *Hypheothrix* mientras que la especie *Schizothrix lacustris* pertenece al subgénero *Shizothrix*.

Por otro lado, en las clasificaciones de Komárek (1988, s.f. pub.) se habla sólo de 2 subgéneros: *Inactis* y *Schizothrix*. En la enciclopedia no publicada de géneros de algas verde-azules, este autor comenta que probablemente las especies incluidas en el subgénero *Hypheothrix* pertenezcan al género *Phormidium*.

Delimitación genérica

Del material de La Huasteca fueron 2 especies las que se trabajaron: *Sch.* c.f. *lardacea* y *Sch. lacustris* var. *fascilis*. En este apartado se compararán los caracteres para ambas especies. Son 3 los caracteres propios de este género:

a) La existencia de varios tricomas por filamento, este carácter lo presentan las 2 especies trabajadas.

b) La inmovilidad de los tricomas. Este carácter no fue evaluado para ninguna de las especies pues todas las muestras se fijaron durante la labor de campo.

c) Vaina cerrada en el ápice. En este punto hay diferencias para las 2 especies. En el caso de *Schizothrix* c.f. *lardacea*, sólo se observó la vaina cerrada para pocos filamentos. En *Schizothrix lacustris* var. *fascilis*, los filamentos sencillos presentaron su vaina individual abierta, para estos filamentos comúnmente la vaina terminaba en punta en el extremo hasta casi cerrarse. En sentido estricto, la vaina no está cerrada. No obstante, en la descripción de esta variedad hecha por Skuja (1964), este autor comenta que la vaina de los filamentos primero es cerrada y luego abierta.

Para poder esclarecer la veracidad de la determinación de estas especies es necesario:

a) Realizar nuevas colectas y verificar si existe o no la capacidad de movimiento en los tricomas vivos de estas especies.

b) Llevar a cabo cultivos para seguir el ciclo de vida de las especies y reconocer la existencia de filamentos con vainas cerradas y abiertas.

6.1.3. Problemática de las especies

A diferencia de los taxa familias y géneros, no existe un trabajo de Anagnostidis & Komárek para identificar especies. Los criterios que se emplearon para delimitarlas fueron: formas de crecimiento, apariencia y grado de constricción del tricoma, características de la vaina, clases de células apicales y los datos morfométricos (diámetro del tricoma, largo de las células intercalares y relación largo-ancho de

las células intercalares). Para las especies sin problema de determinación, los caracteres morfológicos ya fueron tratados en el apartado de resultados. Aquí sólo se hará referencia a la problemática encontrada en los caracteres morfométricos.

6.1.3.1. Caracteres morfométricos

Para los caracteres morfométricos hubo 2 aspectos a considerar: la carencia de criterios para la toma de estos datos y el sobrepaso de los datos morfométricos en las poblaciones trabajadas con respecto a las medidas dadas en las descripciones de las especies.

6.1.3.1.1. Carencia de criterios en la toma de datos morfométricos

Fjerdingstad (1970) hizo una revisión de herbario sobre las especies *Oscillatoria limosa* y *O. nitida* en la cual concluyó que los datos morfométricos representan el único carácter taxonómico válido debido a su constancia. Sin embargo, ni este autor ni ninguno explican de que manera tomaron los datos, es decir, cuántas medidas totales, de que porción del tricoma y a partir de que criterio se deben llevar a cabo. En las poblaciones estudiadas se midió el diámetro de varios filamentos en distintas porciones y se observó que variaba dentro de un mismo filamento.

En el presente estudio, los datos de diámetro del tricoma se midieron de la porción media del filamento en tanto que las medidas de longitud celular se obtuvieron a partir de células que ya habían alcanzado su tamaño adulto después de la división celular. Para tener el rango de tamaño se registraron algunas medidas de las células pequeñas. En las poblaciones trabajadas si se observó la recurrencia de los datos dentro de un rango. A partir de ello se plantea que el criterio utilizado puede servir para estandarizar la toma de datos morfométricos de las cianofitas filamentosas.

6.1.3.1.2. *Incompatibilidad entre los datos morfométricos tomados y los reportados para las especies*

Durante la determinación de las especies uno de los inconvenientes comunes fue el hecho de que los datos morfométricos de los taxa de algas verde-azules presentes en La Huasteca son mayores a los reportados para las especies a las cuales corresponden. A pesar de ello, se asignaron nombres a las especies. El argumento a partir del cual se hizo fue el de que, a diferencia de lo planteado por Fjerdingstad (1970), no existe un sólo criterio que caracterize en su totalidad a una especie sino que dicha caracterización es posible como consecuencia de la coincidencia de un conjunto de caracteres particulares para cada especie (Komárek, 1994); (Beltrán, 2002).

6.1.3.2. *Especies determinadas*

Las especies determinadas se dividieron en 2 grupos: aquellas cuya identificación fue certera (tabla 2.2) y un segundo grupo para el cual se enfrentaron distintos tipos de problemas para su determinación (tabla 2.3).

6.1.3.2.1. *Especies similares a las descripciones*

En el grupo 1 las especies coincidieron con las descripciones en los caracteres biológicos y la ecología. La variabilidad en los caracteres se observó de varias maneras: variedades, variación poblacional y fases del ciclo de vida. Los aspectos a considerar son la falta de criterios en la toma de datos morfométricos y el sobrepaso de las medidas con respecto a los datos reportados en las descripciones.

6.1.3.2.1.1. *Variedades*

En la etapa de identificación de especies también se hallaron poblaciones cuyas características se corresponden con la descripción de una especie pero que

entre ellas existen diferencias, tal fue el caso de las especies *Phormidium jadinianum* y *Phormidium subfuscum* (tablas 2.4 y 2.5).

Tabla 2.4 Comparación de los caracteres entre *Phormidium jadinianum* var. 1 y 2.

Caracter	<i>Phormidium jadinianum</i> var. 1	<i>Phormidium jadinianum</i> var. 2
Talo	Tapete extendido verde-cianofita, Talo infundibiliforme verde-azul obscuro.	Entremezclado con otras algas.
Tricomas	Constreñidos en las paredes celulares	Constreñidos en las paredes celulares
Vaina	Invisible al microscopio óptico.	Invisible al microscopio óptico
Célula apical	Rectangular acuminada.	Rectangular acuminada con una punta hacia a un lado.
Contenido celular	Verde granuloso homogéneo, poco frecuente la periferia verde-obscura.	Periferia verde-obscura rodea a un centro verde-claro compuesto por gránulos chicos.
Datos morfológicos	Sobrepasa lo reportado para la especie	Corresponde con lo reportado.

Tabla 2.5. Comparación de los caracteres entre *Phormidium subfuscum* var. 1 y 2.

Caracter	<i>Phormidium subfuscum</i> var. 1	<i>Phormidium subfuscum</i> var.2
Talo	Aplanado, extendido verde-oscuro intenso alargado infundibiliforme erecto a tulo.	Flóculo mucilaginoso, verde-cianofita.
Tricomas	No constreñido en los septos, rectos a arqueados.	No constreñidos en los septos, rectos a arqueados.
Vaina	Facultativa, mucilaginosa, visible sólo en algunas porciones.	No visible al microscopio óptico.
Célula apical	Con caliptra.	Célula apical apenas atenuada, a menudo está rota.
Contenido celular	Hialino homogéneo con una hilera de gránulos alrededor de los septos.	Hialino con 2 o 3 gránulos alrededor de los septos pero algunas veces están los gránulos en el centro de la célula. La porción periférica de color más oscuro no está claramente definida.
Células intercalares	Más anchas que largas.	Más anchas que largas.

En esta tesis se apoya la idea de que se traten de 2 poblaciones de la misma especie que se encuentran en la etapa de especiación, esto de acuerdo con el concepto de variedad de Sundtröm. Sin embargo, para ambas especies se requiere confrontar su identidad con el ejemplar tipo. Adicionalmente la

caracterización de campo y de cultivo junto con trabajos de ultraestructura ayudarán a dilucidar si se trata de variedades de la misma especie o de especies distintas.

6.1.3.2.1.2. Variación poblacional

Del material trabajado, hubo 3 casos para quienes las diferencias entre poblaciones de la misma especie se interpretaron como variación poblacional; *Phormidium retzii*, *Phormidium* sp 1 y 2 y *Porphyrosiphon notarisii*.

La especie *Phormidium retzii*, fue el único caso que presentó un morfotipo delimitado por la diferencia en los datos morfométricos.

Por otro lado, las poblaciones *Phormidium* 1 y 2 fueron similares en los siguientes caracteres: forma de crecimiento, polaridad de los filamentos, características de la vaina, color y constricción de los tricomas, relación largo-ancho de las células intercalares, tipo de célula apical y forma de vida. Sus diferencias residieron en los datos morfométricos del diámetro del tricoma, longitud celular y la fase del ciclo de vida que predominó es distinta para las 2 poblaciones. En base a sus similitudes se propone que sean 2 variantes de una misma especie que en esta tesis no se llegó a determinar.

Por último se plantea la variación poblacional de la especie *Porphyrosiphon notarisii*. Esta especie sólo fue encontrada en la localidad Huichihuayán. La población trabajada forma un tapete denso pardo-anaranjado compuesto por filamentos largos e hirsutos. Dicho color es resultado del pigmento existente en la vaina. En las poblaciones observadas existieron filamentos (escasos) con vaina incolora entremezclados con los naranjas. Sin embargo, en una recolecta del 2002, externa a los propósitos de esta tesis, se detectó en las cercanías, otra población en forma de tapetes verdes en la cual la fase dominante es la de los filamentos con vaina incolora. La afirmación anterior debe, no obstante, ser avalada por futuros estudios.

6.1.3.2.2. *Especies con determinaciones dudosas*

Los problemas enfrentados en la delimitación de especies fueron: géneros poco caracterizados con pocas especies escritas, falta o duda en una característica de importancia genérica, variación poblacional inducida por condiciones ambientales, forma de crecimiento distinta a la reportada para la especie y poco material observado (tabla 2.3).

6.1.3.2.2.1. *Pocas especies dulceacuícolas descritas*

No existe en la actualidad un trabajo actual para identificar especies de cianofitas filamentosas. Por ello, en gran parte en este trabajo se empleó el tratado de Geitler (1932). Otros como los de Skuja, 1964; Starmach, 1966; Sant'Anna, 1995, se emplearon para ciertas especies (*Schizothrix lacustris* var. *fascilis*, *Komvophoron crassum*, *Scytonema arcangeli*). En los esquemas de clasificación para el orden Oscillatoriales de Anagnostidis & Komárek, 1988 y Komárek, s.f.pub., dentro de la familia Pseudanabaenaceae quedaron incluidos muchos géneros que antes eran subgéneros de *Lyngbya* (*Heteroleiblenia*, *Leiblenia*); *Phormidium* (*Geitlerinema*) y *Oscillatoria* (*Jaaginema*). Las especies de estos géneros, junto con la reportada de *Microcoleus* fueron identificadas con el trabajo de Geitler en donde son pocas las especies dulceacuícolas descritas. Debido a que muchos de ellos son géneros poco caracterizados y a la dificultad para observarlos al microscopio, no se puede descartar la posibilidad de que en sus descripciones se abarquen muchas especies.

6.1.3.2.2.2. *Delimitación genérica o subgenérica dudosa*

La problemática enfrentada para las 2 especies de *Schizothrix* ya se discutió en el apartado de delimitación genérica. Se retoma aquí porque también pone en duda la identidad de las especies.

En segundo plano, la especie *Blennothrix bremeii*, se identificó como tal debido a que cumple con todas las características dadas para dicha especie en Komárek & Watanabe, 1989. Sin embargo, en el material trabajado, no se observó la ramificación falsa tipo *Coleodesmium* sino tipo *Microcoleus*. Además en el artículo recién mencionado no se incluyen fotografías o dibujos con los cuales contrastar.

En tercer plano, en las poblaciones de *Lyngbya* c.f. *maior* se observaron tricomas con y sin vaina. Si la producción de dicha estructura es rara se trataría de una especie del género *Oscillatoria*. Dicho problema se puede solucionar con la realización de alguna tinción que contraste la vaina.

6.1.3.2.2.3. Forma de crecimiento distinta a la reportada

Como se afirmó en el apartado de criterios útiles en la delimitación de especies, el tipo de forma de crecimiento fue valioso para las especies estructurales. Por otro lado, para las especies asociadas (catalogadas en esta tesis como metafíticas grandes y pequeñas) no se cuenta con dicha información. Al desconocer su variante como formas estructurales, existe cierta duda en dichas identificaciones (tabla 2.3)

6.1.3.2.2.4. Variación poblacional inducida por cambios ambientales

Esta clase de variación poblacional se observó para el material reportado como *Lyngbya* sp. En un principio, se creyó que pertenecía a la especie *L. majuscula* en base a sus semejanzas en los datos morfológicos y morfométricos. Esta especie es típicamente marina y ocasionalmente se le reportó en agua dulce. Es muy probable que los reportes para ambientes dulceacuícolas se traten de la especie *Blennothrix ganeshii* puesto que la validez de este género ocurrió en 1989 y los registros de *Lyngbya majuscula* en ambientes epicontinentales son previos a esa fecha. Por otro lado, Carmona & Beltrán (en prensa) en su trabajo sobre Taxonomía y distribución de *Blennothrix ganeshii* reportan el caso de una

población sin ramificaciones de esta especie presente en una zona con velocidad de corriente alta. El material determinado también estaba presente en velocidad de corriente alta y no presenta ramificaciones. Al no haber sido demostrado que no se trata de una especie del género *Lyngbya*, aquí se reporta como tal. Si se comprueba que la población de *Blennothrix ganeshii* sin ramificaciones y en velocidad de corriente alta es similar al material determinado como *Lyngbya* sp, se trata de un caso de variación poblacional inducida por condiciones ambientales distintas.

6.1.3.2.2.5. Escasez y desarrollo inmaduro de heterocitos

En las especies *Scytonema arcangeli* y *Tolypothrix distorta*, los heterocitos son escasos y cuando están presentes no se desarrollan del todo; mantienen el contenido celular. Lo anterior, quizá sea consecuencia de la alta concentración de nitratos en el agua de la subcuenca del río Verde-Tampaón Montejano (com. pers.). Debido a ello, falta corroborar la producción de heterocitos en dichas especies.

6.1.3.2.2.6. Poco material observado

Un problema de trabajar con ejemplares de herbario de colectas previas fue el identificar especies con poco material. Dentro de este grupo se encuentran las especies *Lyngbya maior*, *L. martensiana* y *Tychonema rodonema*.

6.1.3.3. Determinaciones de especies

Como resultado del trabajo de determinación realizado en esta tesis, se propone que en próximas investigaciones se tomen en cuenta los siguientes aspectos: fases del ciclo de vida, ecología y la caracterización ecológica y biológica durante el trabajo de campo.

6.1.3.3.1. Fases del ciclo de vida

A raíz de la toma de datos morfométricos se observó la dificultad para identificar especies debido a que en las poblaciones dominaban filamentos con características distintas a las incluidas en las descripciones de las especies de algas verde-azules filamentosas. Actualmente, no existe una propuesta sobre el ciclo de vida para este grupo (al menos publicado formalmente, falta esperar el trabajo de Komárek sobre las especies europeas de cianofíceas filamentosas del Orden Oscillatoriales). Para las distintas poblaciones, la especificación de que fases dominaron se registró en cada descripción de los taxa determinados. Durante la etapa de trabajo al microscopio óptico dichas fases se catalogaron de la siguiente forma:

- a) Fase de producción de necridios.
- b) Filamentos con hormogonios en su interior
- c) Fase de liberación de hormogonios
- d) Fase de septos celulares muy gruesos
- e) Fase de filamentos sin septos celulares visibles. El contenido de las células intercalares está compuesto por gránulos muy finos lo cual le da una apariencia homogénea al tricoma.

Algo común fue que en las distintas poblaciones dominara alguna de estas fases sobre todas las demás. Con la realización de varias preparaciones por muestra se hallaron y relacionaron dichas fases con los filamentos y tricomas característicos de las descripciones de las especies trabajadas.

6.1.3.3.2. Ecología

Aunque en esta tesis sólo se presentan caracterizaciones ambientales cualitativas, con sus resultados se afirma que en La Huasteca hay especies de

cianoprocariontes filamentosos con distribución amplia y otras restringidas a una sola localidad (tabla 2.1).

Las especies con distribución "amplia" fueron las catalogadas como metafiticas pequeñas (*K. crassum*, *P. catenata*, *J. homogeneous*, *T. bornetii* y *T. rodonema*). Si bien están distribuidas en varias localidades, éstas son parte de una misma subcuenca hidrológica (Río Verde-Tampaón). Estas especies son componentes de la comunidad metafitica y desempeñan el papel de especies asociadas dentro de las formas de crecimiento de las cuales forman parte. El otro caso de distribución "amplia" en el área de estudio es el de *Blennothrix ganeshii*. Hay reportes de esta especie para 8 localidades del sistema Verde-Tampaón pero en todas ellas, su existencia está circunscrita a zonas sombreadas con alta cobertura de vegetación y de baja profundidad (Beltrán, 2002).

Algunas de las especies de distribución restringida en la región de estudio son *Porphyrosiphon notarisii*, *Scytonema arcangeli* y *Oscillatoria obtusa*. Estas 3 especies sólo fueron encontradas bajo condiciones específicas y en una sola localidad. *P. notarisii* estuvo presente como constituyente de un tapete enmarañado subaéreo, *Scytonema arcangeli* conformó un tapete presente en la zona de salpicadura mientras que *Oscillatoria obtusa* formó parte de un tapete delgado en una zona de flujo laminar. Su distribución en otras localidades podrá ser probada con estudios posteriores. La información ecológica es indispensable en la caracterización de las especies de algas verde-azules (Komárek 1994; Montejano, 1998; Beltrán, 2002).

6.1. 3.4.3. Trabajo de campo: caracterización ecológica y biológica.

Parte de los problemas enfrentados durante la identificación de especies fueron consecuencia de una toma incompleta de los datos en la labor de campo. Para obtener una integración ambiental y biológica se propone la toma de datos y de revisión al microscopio a 3 niveles distintos:

- 1) General o macroscópico
- 2) Intermedio o mesoscópico.
- 3) Particular o microscópica

General o macroscópica

Su objetivo es tipificar tanto el ambiente algal como las formas de crecimiento recolectadas. Para caracterizar el ambiente se toman la ubicación geográfica y los datos físico-químicos: (temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, irradiancia, tipo de sustrato) así como caracterizar las formas de crecimiento recolectadas (tabla 2.6)

Tabla 2.6. Tipos de forma de crecimiento en base a su aspecto externo.

Apariencia de la Forma de Crecimiento	Apariencia de la Forma de Crecimiento
Cabellera	Flóculo filamentoso
Césped	Globoso tipo morita
Colchón o cojinete	Infunbiliforme erecto
Costra domo	Masa de filamentos flotantes
Costra lisa	Mechones
Costra mucilaginoso	Mechones de filamentos flotantes
Costra rugosa	Nata planctónica
Crecimiento algodonoso	Nata sumergida de habitat epipéllico
Crecimiento globoso	Película filamentosos
Crecimiento hemisférico	Película compacta
Crecimiento velludo	Pulvinada o filamentos plumulosos
Domos	Saco mucilaginoso
Filamentos quebradizos	Tapete
Filamentos trenzados	Tufo
Flóculo mucilaginoso	Tufo hemisférico

Intermedio o mesoscópica

A este nivel se incluyen datos biológicos de las formas de crecimiento recolectadas (especies que las constituyen, formas de vida etc) así como la caracterización microambiental (Tabla 2.7.)

Tabla 2.7. Especies y fases del ciclo de vida abundantes que constituyen las formas de crecimiento recolectadas

ESPECIES		FASES DOMINANTES DEL CICLO DE VIDA	
Estructurales	Asociadas	Estructurales	Asociadas

Caracterización particular o microscópica

Esta etapa consiste en el registro de los caracteres morfológicos, morfométricos, fases del ciclo de vida y reproducción de valor taxonómicos detectables sólo a nivel microscópico. Dicha información está dividida a su vez en 3 partes caracteres del filamento y/o tricoma, del hormogonio y de las células intercalares (tablas 2.8 a 3.1).

Tabla 2.8. Caracteres de los filamentos útiles en la caracterización de las poblaciones.

Morfología del tricoma	Tipo de ramificación falsa	Número de tricomas	Constricción del tricoma	Crecimiento del filamento	Polaridad	Célula apical	Atenuación
arqueado	<i>Scytonema</i>	1	Ausente	determinado	isopolar	cónica	ausente
flexuoso	<i>Coleodesmium</i>	2	Tenua	No determinado	Heteropolar	acuminada hemisférica	Gradual Último tercio
recto	<i>Tolypothrix</i>	3	Una porción			cónico redondeada	últimas 2 o 3 células
	<i>Schizothrix</i>	muchos	Profunda				

Taxonomía y distribución de cianofitas filamentosas de La Huasteca, México.

Tabla 2.9 . Caracteres de las células intercalares útiles en la caracterización poblacional.

Forma de las células intercalares	Contenido celular	Septos	Necridios	Zona meristemática
Barril isodiamétrica	granuloso fino	sin gránulos	bicóncavos	apical
Cilíndrica	granuloso rugoso	con un gránulo	acintados	subapical
	porción rectangular periférica que rodea a un centro granuloso fino	con 3 o 4 gránulos	rectangulares con septos separados de las células contiguas	intercalar
Discooidal	Hialino	una hilera	rectangulares con septos celulares gruesos	
Rectangular	hialino con gránulos en los septos		material celular	

Tabla 3.0. Caracteres de la vaina útiles en la caracterización poblacional.

Consistencia	Color	Lamelación	Incrustación de carbonato	Ramificación
Firme		paralelas al eje del tricoma	sí	lateral
mucilaginoso		transversales al eje del tricoma	no	dicotómica en el ápice

Tabla 3.1. Caracteres de los hormogonios útiles en la caracterización poblacional.

Lugar donde se encuentran	Longitud	Desarrollo	Vaina	Cantidad
dentro del filamento	Cortos	en un ápice	Presente	Escasa
fuera del filamento	Largos	en ambos parte media	ausente	intermedia abundante

Junto con todo lo anterior, algo indispensable es el planteamiento de problemas taxonómicos particulares simultáneamente con la realización de floras regionales. Deben hacerse revisiones bibliográficas de todas las especies, género por género acompañadas de sus ejemplares tipo.

Todo lo dicho en esta tesis corresponde a lo que se puede llevar a cabo dentro de la escuela botánica tradicional. El siguiente paso es la búsqueda de nuevos caracteres taxonómicos. A raíz del trabajo realizado con cultivos de cianofitas de Tolantongo, Hidalgo, se observó que cada especie aislada manifiesta una forma de crecimiento particular. Además, en dichos cultivos pueden realizarse estudios sobre la formación y liberación de hormogonios en los distintos y así evaluar su importancia como carácter taxonómico. Otros criterios de importancia taxonómica potencial son el arreglo de los tilacoides; el tipo, estructura, diámetro, arreglo y composición molecular de los ficobilisomas junto con la clase y cantidad de inclusiones intracelulares (ribosomas, plásmidos, cuerpos de polifosfatos, glicógeno, cianoficina, gránulos lipídicos, carboxisomas etc) (Anagnostidis & Komárek, 1988).

6.2. .BIOGEOGRAFÍA

6.2.1. Similitud de la flora con otras regiones geográficas

La región de La Huasteca es parte de la zona tropical, el ambiente particular es una zona cársica caracterizada por cuerpos de agua con concentraciones altas de carbonatos. En la tabla 3.4. se muestra que la flora de la presente investigación es más afín a la de otras zonas tropicales que con las templadas. Esto también concuerda con lo hallado para las especies de rodofitas de agua dulce presentes en ambientes lóticos de la región central de México (Carmona et al, en prensa)

Tabla 3.2. Especies en común presentes en varias regiones.

Región	Especies
San Pablo, Brasil.	<i>Lyngbya maior</i> .
Sant' Anna, Paiva Azevedo, 1995; Branco Necci y Branco, 2001.	<i>L. martensiana</i> .
(13 spp)	<i>Phormidium jadinianum</i> .
	<i>P. retzii</i> .
	<i>P. subfuscum</i>
	<i>Porphyrosiphon notarisii</i>
	<i>Oscillatoria borneti</i> . = <i>Tychonema borneti</i>
	<i>Microcoleus subtorulosus</i> .
	<i>Oscillatoria splendida</i> = <i>Geitlerinema splendidum</i> .
	<i>O. homogenea</i> = <i>Jaaginema homogenea</i> .
	<i>Leibleinia epiphytica</i>
	<i>Scytonema arcangelii</i> .
	<i>Tolypothrix distorta</i> .
Birmania. Skuja, 1964..	<i>L. martensiana</i>
(10 spp)	<i>Oscillatoria rhodonema</i> = <i>Tychonema rhodonema</i>
	<i>O. borneti</i> = <i>T. borneti</i> .
	<i>O. splendida</i> = <i>G. splendidum</i> .
	<i>L. kuetzingii</i> = <i>Heteroleibleinia kuetzingii</i>
	<i>L. epiphytica</i> Hieron. = <i>Leibleinia epiphytica</i>
	<i>Pseudanabaena catenata</i> .
	<i>Schizothrix c.f. lardacea</i>
	<i>Dichothrix orsiniana</i>
	<i>T. distorta</i>

Tabla 3.2. (Continuación). Especies en común presentes en varias regiones.

<p>Aguas continentales tropicales. Geitler, 1935. (8 sp)</p>	<p><i>Homoeothrix juliana</i> var. <i>lyngbyoides</i> <i>L. maior</i> <i>Phormidium. retzii</i> <i>Microcoleus subtorulosus</i> <i>Lyngbya epiphytica</i> = <i>Leibleinia epiphytica</i> <i>L. kützingii</i> = <i>Heteroleibleinia kuetzingii</i> <i>Schizothrix lardacea</i> <i>Nostoc verrucosum</i></p>
<p>Norteamérica. Sheath y Cole, 1992. (7 sp)</p>	<p><i>Homoeothrix juliana</i> <i>Lyngbya major</i> <i>Oscillatoria splendida</i> = <i>G. splendidum</i> <i>P. retzii</i> <i>P. subfuscum</i> <i>N. verrucosum</i> <i>T. distorta</i></p>
<p>Valle de Tehuacan, Puebla. Novelo, 1998 (5 sp)</p>	<p><i>P. tinctorium</i> <i>M. subtorulosus</i> <i>G. splendidum</i> <i>L. epiphytica</i> <i>Schizothrix lardacea</i></p>
<p>Huasteca Potosina Carmona (1990, 1993); Cantoral (1993); Meave (1983) (5 sp)</p>	<p><i>H. juliana</i> <i>Blennothrix ganeshii</i> <i>Lyngbya martensiana</i> var. <i>calcareo</i> <i>P. retzii</i> <i>Dichothrix orsiniana</i> <i>Nostoc verrucosum</i></p>

6.2.2. Reportes previos de La Huasteca

De las 50 especies de cianofíceas filamentosas enlistadas en trabajos previos para La Huasteca, sólo 5 especies se reportan en esta tesis: *Homoeothrix juliana*, *Blennothrix ganeshii*, *Phormidium retzii*, *Dichothrix orsiniana* y *Nostoc verrucosum* (Apéndice). *Tolypothrix distorta* se registró para la Huasteca Hidalguense y no en la Potosina mientras que el registro de *P. autumnale* muy probablemente corresponda al conjunto de *Phormidium subfuscum* por Kann y Komárek (1973).

Otro aspecto pendiente es la caracterización de las variedades de la especie *Homoeothrix juliana*. La reportada para Nacimiento El Salto es la *tenuis* (Cantoral, 1997). De manera simultánea hay que investigar la presencia de otras especies del género como son *H. varians* y *H. endophytica*.

De las especies del género *Plectonema*, en este trabajo no se encontró evidencia. Lo anterior quizá esté relacionado con la inhibición en la producción de heterocitos en las especies *Scytonema arcangeli* y *Tolypothrix distorta*. Es probable que lo reportado como *Plectonema* se trate de especies de *Scytonema*. Por ello, es necesario hacer futuros estudios al respecto.

6.2.3. Similitud con otras zonas cársticas

Whitford (1956), propone 6 tipos de zonas cársticas en función de su flora y contenido de minerales en el agua. Con uno de estos sitios, el calificado como calcáreo, se comparten 4 especies: *Geitlerinema splendidum*, *Heteroleiblenia kuëtzingii* y *Leiblenia epiphytica*, reportadas por él como *Oscillatoria splendida*, *Lyngbya kuëtzingii* y *Lyngbya epiphytica* junto con *Lyngbya martensiana*. Aunque no son muchas las especies en común, destaca la abundancia y representatividad de la comunidad aufwuchs (término alemán que engloba al perifiton y al metafiton), en las 6 clases de zonas cársticas. Dichos resultados coinciden con la alta proporción de especies metafiticas encontradas en las formas de crecimiento estudiadas en esta tesis.

VII. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

7.1. CONCLUSIONES

7.1.1. Taxonomía

☞ La única manera de abordar el conocimiento de la biodiversidad de cianofíceas filamentosas es con la propuesta de trabajo de la escuela botánica. Los manuales regionales de identificación si son útiles para la zona que se elaboraron. Hace falta realizar estudios de determinación para el resto de las zonas tropicales.

☞ Es posible caracterizar a las especies de cianofitas filamentosas de los órdenes Oscillatoriales y Nostocales, a partir del registro de la variación de los caracteres morfológicos y morfométricos, la observación de filamentos en distintas fases del ciclo de vida (fases de producción de necridios y de hormogonios, etc) y la inclusión de distintos tipos de variación: variedades, morfotipos, variación poblacional genética y la inducida por cambios ambientales. Esto no es suficiente para esclarecer la taxonomía del grupo. Se requieren nuevos caracteres que ayuden a resolver la problemática de la delimitación de sus taxa. El seguimiento de los ciclos de vida en cultivo (formas de crecimiento y formación y liberación de hormogonios, por ejemplo) pueden ser criterios de importancia taxonómica potencial.

☞ La consideración de las fases del ciclo de vida, la ecología y la toma de datos ecológicos y biológicos satisfactoria son propuestos para llevar a cabo descripciones e identificaciones adecuadas. Además, es necesario producir floras regionales, simultáneamente al planteamiento y solución de problemas taxonómicos particulares.

📌 El esquema de clasificación de Anagnostidis & Komárek, 1988 para el orden Oscillatoriales fue útil para la delimitación de taxa supraespecíficos. Los géneros con problemas delimitativos fueron *Homoeothrix*, *Phormidium* sp 1 y 2 y *Schizothrix*.

📌 El tipo de: división celular, falsa ramificación, necridios y crecimiento sirvieron para delimitación las familias. Se propone que el contenido celular sea otro carácter más que ayuda a delimitarlas.

📌 Los caracteres útiles en la caracterización de especies fueron: la forma de crecimiento y tipo de célula apical, características de la vaina junto con la apariencia y grado de constricción del tricoma.

📌 La manera de tomar los datos morfométricos empleada en esta tesis, es potencialmente valioso para estandarizar la toma de medidas de las poblaciones de cianofíceas filamentosas.

📌 Considerar en la identificación de especies de cianoprocariontes filamentosas el registro de la variabilidad de los caracteres morfológicos y morfométricos: la caracterización de las formas de crecimiento, las formas de vida, las especies estructurales y asociadas así como el reconocimiento de sus fases del ciclo de vida y las distintas fuentes de variabilidad: variedades, poblacional e inducida por cambios ambientales.

📌 Complementar la evaluación del esquema de clasificación de Anagnostidis & Komárek para las cianofíceas filamentosas del Orden Oscillatoriales con los caracteres no considerados en este trabajo (movimiento de los tricomas y hormogonios, posición de los tilacoides, proporción de ficobilinas y ficoeritrinas etc).

📌 Extender el trabajo de identificación de las especies pertenecientes al orden Nostocales e iniciar el del orden Stigonematales en la región de La Huasteca.

📌 Continuar el trabajo taxonómico de las especies del orden Oscillatoriales para la región de La Huasteca Potosina y extender al resto de la Huasteca (Hidalguense y Tamaulipeca).

📌 Realizar estudios específicos para conocer la identidad de las variedades de *Phormidium* sp 1 y 2; *P. jadinianum* var. 1 y 2 y de *Phormidium subfuscum* var. 1 y 2

📌 Evaluar la variación en la producción de pigmentos de las 2 poblaciones de *Porphyrosiphon notarisii* en la localidad de Huichihuayan.

📌 Llevar a cabo un trabajo particular para las especies de los géneros *Scytonema* y *Tolypothrix* con el fin de conocer el desarrollo de los heterocitos y relacionarlo con las concentraciones de nitrógeno disuelto en el agua.

7.1.2. Distribución

📌 La distribución de *Blennothrix ganeshii* y de las especies metafíticas pequeñas es amplia a lo largo de la subcuenca Verde-Tampaón. No obstante, están limitadas a condiciones específicas.

📌 Las especies: *Porphyrosiphon notarisii*, *Blennothrix bremeii*, *Lyngbya* c.f. *maior*, *Lyngbya* c.f. *martensiana*, *Lyngbya endophytica*, *Oscillatoria obtusa* y *Scytonema arcangeli* estuvieron presentes en una sola localidad. Posteriores estudios podrán detectar si realmente muestran una distribución restringida o no.

7.1.3. Ecología y biogeografía

📌 El ambiente con mayor número de especies fue el río (20 spp), seguido del manantial (16 spp).

📌 El mayor número de especies se presenta en zonas con V.C. baja, en porciones de los cuerpos de agua donde existen microambientes lénticos.

Se presentaron 17 especies estructurales y 19 asociadas. En base a la abundancia del último tipo se destaca la relevancia de trabajar las especies esporádicas o secundarias.

Las formas de crecimiento conformadas por las especies estructurales son: cabellera, tapete, cojinete, costra, pulvinada, flóculos mucilaginosos, película, globosa, infunbuliforme erecto y tufos. Las formas de crecimiento más frecuentes fueron tapetes (5), tufos (3) y pulvinadas (2).

La forma de vida más frecuente fue la metafítica (10 grandes, entremezcladas con otras algas y 7 pequeñas, solitarias) seguida de la epilítica (15) lo cual concuerda con las comunidades algales de La Huasteca Potosina reportadas por Montejano *et al* (2000).

La flora de algas verde-azules filamentosas se asemeja más a las floras brasileñas que a las templadas.

La abundancia de la comunidad metafítica es una cualidad común con otras regiones calcáreas (Whitford, 1956).

7.2. PERSPECTIVAS

- 👤 Desarrollar nuevas líneas de investigación relacionadas con la búsqueda de nuevos caracteres, el conocimiento del ciclo de vida, estudios citoquímicos y evaluación de la constancia y variabilidad de los pigmentos fotosintéticos para zonas para condiciones particulares.

- 👤 Considerar en la identificación de especies de cianoprocariontes filamentosas el registro de la variabilidad de los caracteres morfológicos y morfométricos: la caracterización de las formas de crecimiento, las formas de vida, las especies estructurales y asociadas así como el reconocimiento de sus fases del ciclo de vida y las distintas fuentes de variabilidad: variedades, poblacional e inducida por cambios ambientales.

- 👤 Complementar la evaluación del esquema de clasificación de Anagnostidis & Komárek para las cianofíceas filamentosas del Orden Oscillatoriales con los caracteres no considerados en este trabajo (movimiento de los tricomas y hormogonios, posición de los tilacoides, proporción de ficobilinas y ficoeritrinas etc).

- 👤 Extender el trabajo de identificación de las especies pertenecientes al orden Nostocales e iniciar el del orden Stigonematales en la región de La Huasteca.

- 👤 Continuar el trabajo taxonómico de las especies del orden Oscillatoriales para la región de La Huasteca Potosina y extenderlo al resto de la Huasteca (Hidalguense y Tamaulipeca).

- 👤 Realizar estudios específicos para conocer la identidad de las variedades de *Phormidium* sp 1 y 2; *P. jadinianum* var. 1 y 2 y de *Phormidium subfuscum* var. 1 y 2

📌 Evaluar la variación en la producción de pigmentos de las 2 poblaciones de *Porphyrosiphon notarisii* en la localidad de Huichihuayan.

📌 Llevar a cabo un trabajo particular para las especies de los géneros *Scytonema* y *Tolypothrix* con el fin de conocer el desarrollo de los heterocitos y relacionarlo con las concentraciones de nitrógeno disuelto en el agua.

REFERENCIAS

- ☞ Anagnostidis, K. & J. Komárek, 1985. *Modern approach to the classification system of cyanophytes.1. Introduction.* Archiv für Hydrobiologie. Supp. 71. Algological Studies. 38/39: 291-302.
- ☞ Anagnostidis, K. & Komárek, 1988. *Modern approach to the classification system of cyanophytes.3. Oscillatoriales.* Archiv. für Hydrobiologie. Supp. 80. Algological Studies. 50-53: 327-472.
- ☞ Anagnostidis, K; Economou A.A. & Makris K. 1988. *On the morphotypes of Phormidium boryanum (Bory ex Gom.) Anagn. & Kom. and Phormidium janthiphorum (Fior-Mazz. ex Gom.) Elenk. A taxonomic consideration.* Arch. Hydrobiol. Suppl. 80. 1-4. (Algological Studies 50-53). 71-91.
- ☞ Anagnostidis K. & Komárek J. 1990. *Modern approach to the classification system of cyanophytes. 5. Stigonematales.* Algological Studies 59 pp 1-73.
- ☞ Baker. D.P. 1999. *Role of akinetes in the development of cyanobacterial populations in the lower Murray River, Australia.* Mar. Freshwater Res., 50: 265-279.
- ☞ Becerra A. I. 2002. *Cambios de la comunidad algal relacionados con el ciclo hídrico en un tinal inundable en Quintana Roo.* Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 88 pp.
- ☞ Beltrán M.Y.P. 2002. *Variación morfo-funcional de Blennothrix ganeshii Watanabe et Komárek (Oscillatoriaceae/Cyanoprokaryota) en Los Manantiales, Morelos.* Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 74 pp.

- ↳ Bojorge G.M.G. 2002. *Ecología de comunidades algales en una localidad del río La Magdalena, D.F.* Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 46 pp.
- ↳ Blum J.L. 1956. *The Ecology of River Algae*. The Botanical Review. 22 (59): 291-341
- ↳ Bornet E. & Flahault. 1886-1888. *Revision des Nostocacées heterocystées* En: Castenholz & Waterbury, 1989. *Oxygenic Photosynthetic Bacteria* En: Staley J.T. et al (eds.) *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. 3: 1710-1717.
- ↳ Bourrelly, P. 1969. *Quelques remarques sur la classification des algues bleues* En: Anagnostidis, K. & Komárek, 1988. *Modern approach to the classification system of cyanohyetes*. 3. *Oscillatoriales*. *Archiv. für Hydrobiologie. Supp.* 80. *Algological Studies*. 50-53: 327-472.
- ↳ Bourrelly, P. 1970. *Les algues d'eau douce. Initiation a la Systematique. Les algues bleues et rouges*. T.III. N. Boubée et Cie. París. 512 pp.
- ↳ Bourrelly, P. 1985. *Les algues d'eau douce. Initiation a la Aystematique. III. Les algues blueues et rouges. Les Eugleniens, Peridiniens et Cryptomonadines*. Societé Nouvelle des Editions Boubée, Paría. 606 pp.
- ↳ Branco Z. L.H. , Necchi J.O., Branco Z. C.C 1999. *Cyanophyceae from lotic ecosystems of Sao Paulo State, southeastern Brazil*. *Algological Studies*. 94. 63-87.
- ↳ Branco Z.L.H. , Necchi J.O., Branco Z. C.C. 2001. *Ecological distribution of Cyanophyceae in lotic ecosystems of Sao Paulo State*. *Revta. Brasil. Bot. Sao Paulo*. V. 24. Núm. 1. 99-198.

- ☞ Cantoral U.E.A. 1990. *Ficoflora de ambientes lénticos de la Localidad El Salto, en la región de la Huasteca Potosina*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 139 pp.
- ☞ Cantoral U.E.A. 1993. *Las algas de la localidad El Salto (San Luis Potosí, México), "un ejemplo de estudios florísticos en ambientes cambiantes"*. Bol. Soc. Bot. México. 53:3-20.
- ☞ Cantoral U.E.A. 1997. *Ecología de Comunidades Algales del Sistema Hidrológico El Salto, en la Huasteca Potosina*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, México. 97 pp.
- ☞ Carmona J.J. 1990. *Ficoflora de manantiales de la huasteca potosina*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 105 pp.
- ☞ Carmona, J. y G. Montejano. 1993. *Caracterización algal en manantiales de la Huasteca Potosina*, México 53:21-41.
- ☞ Carmona J.J. 1997. *Taxonomía del género Audouinella Bory, 1823 (Acrochaetiales, Rhodophyta) en la Cuenca Baja del Río Pánuco, México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 144 pp.
- ☞ Carmona J.J., Montejano Z.G. & Cantoral U.E.A. (). *The distribution of Rhodophyta in streams of Central México*. Algological Studies. 114 (en prensa)
- ☞ Carmona J.J., Beltrán M.J. & Collado V.L. (). *Taxonomy and distribution of freshwater Blennothrix ganeshii Watanabe & Komárek (Oscillatoriaceae, Cyanophyceae) from Central, México*. Nova Hedwigia (en prensa).
- ☞ Carr N.G. & Whitton B.A. (eds.) 1982. *The ecology of cyanobacteria*. Inglaterra. Blackwell Scientific Publications. 688 pp

- ☞ Castenholz R.W. & Waterbury J. 1989. *Oxygenic Photosynthetic Bacteria* En: Staley J.T. et al (Eds.) *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. 3: 1710-1717.
- ☞ Castenholz W. R. 1991. *Species usage, and evolution in the cyanobacteria (Blue-green algae)*. *J. Phycol.* 28, 737-745.
- ☞ Christensen T. (1980) *Algae. A taxonomic survey* En: Anagnostidis, K. & Komárek, 1988. *Modern approach to the classification system of cyanohytes. 3. Oscillatoriales. Archiv. für Hydrobiologie. Supp.* 80. *Algological Studies.* 50-53: 327-472.
- ☞ Collado V.C.M. 1994, González G.J & Gold M.M. 1994. *A descriptive Approach to the Floating Masses of Algae of a Mexican Caribbean Coastal Lagoon.* *Botánica Marina.* Vol. 37, pp. 391-396.
- ☞ Copeland H.F. *The kingdoms of organism* En: Rippka & Cohen B. *The cyanobacteriales: a legitimate Order based on the type stain Cyanobacterium stanieri.* *Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur)* 1983. 134: 21-36.
- ☞ Crow. W. B. 1926. *Variation and species in Cyanophyceae.* *J. Genetics.*
- ☞ Desikachary, 1953. *Status of Classical Taxonomy* En: Carr N.G. & Whitton B.A. (Eds.) 1982. *The ecology of cyanobacteria.* Inglaterra. Blackwell Scientific Publications. Pp. 473-481.
- ☞ Desikachary T.V. 1959. *Cyanophyta.* *Monographs on Algae.* Indian Council of Agricultural Research., New Delhi, 686 pp.
- ☞ De Duve C. 1996. *The birth of Complex Cells.* *Sc. Am.* Pp. 38-45.

☞ Dickerson. 1978. *Chemical evolution and the origen of life*. Sc. Am. 239 (3): 70-86.

☞ Donald A.B. editor. 1994. *The Molecular Biology of Cyanobacteria*. USA. Kluwer Academic Publishers. 855 pp.

☞ Drouet, 1968. *Revision of the classification of Oscillatoriaceae* En: *Taxonomía de Cyanoprokaryota (Cyanophyta/ cyanobacteria) epifitas del Orden Chroococcales de la región central de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 286 pp.

☞ Drouet, 1873. *Revision of the Nostocaceae with cylindrical trichomes* En: *Taxonomía de Cyanoprokaryota (Cyanophyta/ cyanobacteria) epifitas del Orden Chroococcales de la región central de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 286 pp.

☞ Drouet, 1978. *Revision of the Nostocaceae with constricted trichomes* En: *Taxonomía de Cyanoprokaryota (Cyanophyta/ cyanobacteria) epifitas del Orden Chroococcales de la región central de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 286 pp.

☞ Drouet, 1881. *Summary of the Classification of Blue-green algae* En: *Taxonomía de Cyanoprokaryota (Cyanophyta/ cyanobacteria) epifitas del Orden Chroococcales de la región central de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 286 pp.

☞ Drouet F & Dasily, 1956. *Revision of the coccoid Myxophyceae* En: *Taxonomía de Cyanoprokaryota (Cyanophyta/ cyanobacteria) epifitas del Orden Chroococcales de la región central de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 286 pp.

- ☞ Elenkin A.A.1935: *Ob osnovnykh principakh sistemy Cyanophyceae* En Anagnostidis & Komárek, 1988. *Modern approach to the classification system of cyanohytes.3. Oscillatoriales. Archiv. für Hydrobiologie. Supp. 80. Algological Studies. 50-53: 327-472.*
- ☞ Elenkin A.A. 1938-1949. *Monographia algarum cyanophycearum aquidulcium et terrestrium in finibus URSS inventarium (Sinezelenye Rodorosli SSSR)* En: Anagnostidis & Komárek, 1988. *Modern approach to the classification system of cyanohytes.3. Oscillatoriales. Archiv. für Hydrobiologie. Supp. 80. Algological Studies. 50-53: 327-472.*
- ☞ Fjerdingsstad E. 1970. *Dimensions and Taxonomy of Oscillatoriaceae. I. Oscillatoria limosa Ag. and Oscillatoria nitida Schkorb. Emend. Hydrologie. 33/1. 171-199.*
- ☞ FontQuer. 1985. *Diccionario de Botánica. De Labor Barcelona. 1244 pp.*
- ☞ Frémy P.1929. *Les Myxophycées del'Afrique Equatoriale Francaise.* En: *Archives de Botanique. Tome III, memorie núm.2. Caen. Francia. 507 pp.*
- ☞ Frémy P. 1934. *Les Cyanophycées des Cotes d' Europe.* En: *Mem. Soc. Nat. Mat. 41: 1-236.*
- ☞ Fritch F. E., 1942. *The interrelations and classification of Myxophyceae* En: Desikachary, 1959. *Cyanophyta. Monographs on Algae. Indian Council of Agricultural Research., New Delphi, 686 pp.*
- ☞ Fritsch F.E., 1945. *The structure and reproduction of algae* En: Desikachary, 1959. *Cyanophyta. Monographs on Algae. Indian Council of Agricultural Research., New Delphi, 686 pp.*

- ☞ Fritsch F.E. 1953. *The annual cycle of a Phormidium stratum*. Osterr. Botan. Zeitschrift. Bd. 100 (4-5): 657-667.
- ☞ Gardner N.L. 1927. *New Myxophyceae from Porto Rico*. Memoirs of the New York Botanic Garden 7: 1-144.
- ☞ Geitler L. 1932. *Cyanophyceae*. En: Rabenhorst's Kryptogamen Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Akademische Verlagsgesellschaft. Leipzig. Germany. 1196 pp.
- ☞ Geitler L. & Ruther F., 1935/36. *Die Cyanophyceen der Deutschen Limnologischen Sunda Expedition, ihre Morphologie, Systematik und Ökologie*. Arch. Hydrobiol. Supp. 14. Tropische Binnengewässer. 6: 308-369.
- ☞ Geitler, 1942. *Schizophyta (Klasse Schizophyceae)* En: Desikachary, 1959. *Cyanophyta*. Monographs on Algae. Indian Council of Agricultural Research., New Delhi, 686 pp.
- ☞ Golubic S. 1965. *Ubre die variabilitat zweier mariner Oscillatoria aus der sektion "Margaritiferae"*. Hydrobiologie. 27(2): 2333-2337.
- ☞ Golubic S. 1969. *Algae and other aquatic plants. Tradition and revision in the system of the Cyanophyta*. Verb. Intern. Verein. Limnol. 17: 752-756.
- ☞ Golubic S. 1979. *Cyanobacteria (Blue-green) under the bacteriological code? An ecological objection*. Taxon. Vol. 28. 387-389.
- ☞ Golubic S., Hernandez M. y Hoffmann L. 1996. *Developmental aspects of branching in filamentous Cyanophyta/ Cyanobacteria*. Algological Studies. 83. 303-329.

- ☞ González G.J. & Novelo M.E. 1986. *Técnicas especiales de recolección y preparación de ejemplares de grupos selectos de planta* En: A. Lot y F. Chiang (Eds). Manual de herbario. Consejo Nacional de la Flora de México. Pp. 47-54.
- ☞ Graham E. L. Wilcox W. Lee. 2000. *Algae*. USA. Prentice Hall. 640 pp.
- ☞ Herdmann M, Janvier M, Rippka R, Stanier R. & Mandel, 1979. *Desoxyribonucleic acid base, composition of cyanobacteria* En: Montejano (1998) *Taxonomía de Cyanoprokaryota (Cyanophyta/ cyanobacteria) epfitas del Orden Chroococcales de la región central de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 286 pp.
- ☞ Hollerbach M.M; Kosinskaja E.K. & Poljanski V.J. 1953. *Synezekenye roborali (Blue-green algae)* En: Anagnostidis, K. & Komárek, 1988. *Modern approach to the classification system of cyanohytes.3. Oscillatoriales*. *Archiv. für Hydrobiologie*. Supp. 80. Algological Studies. 50-53: 327-472.
- ☞ Hoek C. van den, Mann D.G. y H.M. Jahns. 1995. *An introduction to phycology*. U.S.A. o Inglaterra. Cambridge University Press. 627 pp.
- ☞ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985. *Síntesis Geográfica del estado de San Luis Potosí*. México. Secretaria de Programación y Presupuesto. México. 186 pp.
- ☞ Johansson, 1982. *Attached algal vegetation in running waters of Jämtland Sweden*. *Acta Phytogeogr. Suec.* 71: 1-80.
- ☞ Jones B.S. 1988. *Sistemática Vegetal*. México. McGraw-Hill. 553 pp.
- ☞ Komárek J. 1958. *Die taxonomische reuision der planktischen Blauangen de Tschechoslowakei und Ehl*.

☞ Kann E., J. Komárek. 1970. *Systematisch-ökologische Bemerkungen zu den Arten Formenkreises Phormidium autumnale*. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie. 32/2. 495--518.

☞ Kann E. 1978. *Systematik und Ökologie der Algen österreichischer Bergbäche*. Arch. Hydrobiol. Suppl. 53. 4. 405-643.

☞ Karlsson, 2003. *Studies on the life cycles of akinete forming cyanobacteria* En: http://www.publicationsuu.se/uu/fulltext/nbn_se_uudiva_3432.pdf.

☞ Komárek, J. & E. Kann. 1973. *Zur Taxonomic und Ökologie der Gattung Homoeothrix. Taxonomical and Ecological Review of the Genus Homoeothrix*. Arch. Protistenk. Bd.: 173-233.

☞ Komárek J. , Anagnostidis K. 1989. *Modern approach to the classification system of Cyanophytes 4- Nostocales*. Arch. Hydrobiol. Supp. 82: 3. 247-345. (Algological Studies 56).

☞ Komárek J. 1994. *Current trend and species delimitation in the cyanoprokaryote taxonomy*. Algological Studies 75. 11-29.

☞ Komárek J. (s.f.pub.) *Encyclopedia of algal género (Cyanophyceae-Cyanobacteria)* 299 pp.

☞ Komárek J. & Anagnostidis K. 1999: *Cyanoprokaryotes I. Chroococcales* En: Ettl.H. et al (eds). *Susswasserflora von Mitteleuropa*. 19/1.Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-Jena. 548 pp

- ☞ Komárek J, Komárkova J. & Kling H. 2003. *Filamentous Cyanobacteria* En: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Wehr D. & Sheath G. (Eds.). USA. Academic Press. pp. 117-196.
- ☞ Komárek J. 2003. *Two Camptylonemopsis species (cyanoprokaryotes) from "Mata Atlántica" in coastal Brazil*. *Preslia, Praha*. 75: 223-232.
- ☞ Kondrateva N.V., 1968. *Sin'o Zelenivodorosti-Cyanophyta (Blue-green algae-Cyanophyta)* En: Anagnostidis, K. & Komárek, 1988. *Modern approach to the classification system of cyanohytes.3. Oscillatoriales*. *Archiv. für Hydrobiologie, Supp.* 80. *Algological Studies*. 50-53: 327-472.
- ☞ Lazcano A.A. 1994. *El origen de la vida. Evolución química y evolución biológica*. México. Edit. Trillas. Serie Concepciones. 107 pp.
- ☞ Lee E.R. 1989. *Phycology*. Inglaterra. Cambridge University Press. 645 pp.
- ☞ Lewin A. R. 1976. *Naming the blue-greens*. *Nature*. Vol. 259. pp. 334.
- ☞ Lewin A.R. 1979. *Formal Taxonomic Treatment of Cyanophytes*. *International Journal of Systematic Bacteriology*. Vol. 29. Núm. 4. 411-412.
- ☞ Margain H. M.R. 1981. *Flora ficológica de los cuerpos de agua temporales de la región oriental y sur de la cuenca del río Pánuco*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 422 pp.
- ☞ Meave D.C, M.E. 1983. *Ficoflora de las cascadas del río Micos en la región de la Huasteca Potosina: un ejemplo de aproximación al estudio ficoflorístico por ambiente*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 147 pp.

↳ Meave D.C.M.E. 1986. *Análisis del género Cladophora: una aproximación a los estudios de la flora tónica*. F.C. UNAM. México. 316 pp.

↳ Meave D.C.M. E. 1997. *Taxonomía y distribución de las Cladophorales (Chlorophyta) en la región de la huasteca potosina*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México

↳ Montejano Z.G. & González G.J. 1979. *Algunas observaciones sobre el ciclo de vida de Nostoc microscopicum*. Carmichael Both Annual AIBS Meeting Oklahoma State. University Stillwaler O.K. U.S.A..

↳ Montejano Z.G.A. 1998. *Taxonomía de Cyanopokaryota (Cyanophyta/cyanobacteria) epifitas del Orden Chroococcales de la región central de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 286 pp.

↳ Montejano Z.G.A., J. Carmona J., E.A. Cantoral U. 2000 . *Algal communities from calcareus springs and streams in La Huasteca, central México: a synthesis* En: *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Hope*. Edit. por Munawar M., Lawrence S.G. & D.F. Malley. Backhuys Publishers, Leiden. The Netherlands. pp. 135-149.

↳ Novelo M.E. 1998. *Flora Ficológica del Valle de Tehuacán Puebla*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 599 pp.

↳ Puig H. 1991. *Vegetación de la Huasteca (México)*. Estudio fitogeográfico y ecológico. México. Instituto de Ecología. A.C. 627 pp.

↳ Prescott, L.M, Harley P, Klein A.D. *Microbiology*. U.S.A. McGraw-Hill. 4 ed. 962 pp.

⇒ Ramírez V. M. 2002. *Flora algal de ambientes lóticos en la zona occidental de la Cuenca del Valle de México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 107 pp.

⇒ Riding 1991. *Calcareous Algae and Stromatolites*. Springer- Verlag. Alemania. 571 pp.

⇒ Rippka R. y Cohen-B. 1983. *The cyanobacteriales: a legitimate order based on the type strain Cyanobacterium stanieri*. Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur). 1983; 134 B, 21-36.

⇒ Sant' Anna L. C. 1988. *Scytonemataceae (Cyanophyceae) from the state of Sao Paulo, southern Brazil*. Nova Hedwigia. 46: 3-4. 519- 539.

⇒ Sant'Anna L.C., Paiva A. M. T. 1995. *Oscillatoriaceae (Cyanophyceae) from Sao Paulo State, Brazil*. Nova Hedwigia. 60; 1-2. 19--58.

⇒ Schopf. 1978. *The evolution of the earliest cells*. Sci. Amer. 239 (3): 110-138.

⇒ Sheath, R.G. y K. M. Cole. 1992. *Biogeography of the stream macroalgae in North America*. J. Phycol. 28: 448-460.

⇒ Secretaria de Recursos Hidráulicos, 1971. *Jefatura de Irrigación y Control de Ríos*. Dirección de Hidrología. México. Boletín Hidrológico. 44: (103.10)

⇒ Skuja, H. 1949. *Zur Süßwasseralgen Flora Burmas*. Nova acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis. Ser. IV. Vol. 14. Núm. 5. 86 pp con 37 láminas.

⇒ Skuja, H. 1964. *Grundzüge der Algenflora und algenvegetation der Fjeldgegenden un Abisko in Schwedisch Lappland*. Nov. Act. Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis: Ser. IV. Vol. 18. Núm. 3.

⇨ Shukovsky S.E. y Halfen N. L. 1976. *Cellular differentiation of terminal regions of trichomes of Oscillatoria princeps*. J. Phycol. 12: 336-342.

⇨ Smith G.M. 1950. *The fresh-water Algae of the United States*. McGraw-Hill. U.S.A. 719 pp.

⇨ Stam W.T. (1980) *Relationships between number of filamentous blue-green algae strains (Cyanophyceae) revealed by DNA-DNA hybridization* En: Montejano (1998). *Taxonomía de Cyanoprokaryota (Cyanophyta/ cyanobacteria) epifitas del Orden Chroococcales de la región central de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 286 pp.

⇨ Stam W.T. & Venema G. (1977) *The use of DNA-DNA hybridization for determination of the relationship between some blue-green algae (Cyanophyceae)* En: Montejano (1998). *Taxonomía de Cyanoprokaryota (Cyanophyta/ cyanobacteria) epifitas del Orden Chroococcales de la región central de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 286 pp.

⇨ Stanier R.Y., Siström W.R. 1978. *Proposal to Place the Nomenclature of the Cyanobacteria (Blue-Green Algae) Under the Rules of the International Code of Nomenclature of Bacteria*. Vol. 28. Núm. 2. 335-336.

⇨ Starmach K. 1966. *Flora Ślasko-wodna Polski*. Tomo 2: *Cyanophyta-Sinice, Glaucophyta Glaukofity*. Polska Akademia Nauk. Warszawa-Kraków. 807 pp.

⇨ Stevenson R.J., Bothwell L.M. & Rex K.L. eds. 1996. *Stream Ecology*. Academic Press. U.S.A. 753 pp

☞ Stulp & Stam, 1984. *Genotypic relationships between strains of Anabaena (Cyanophyceae) and their correlation with morphological affinities* En: Montejano (1998). *Taxonomía de Cyanoprokaryota (Cyanophyta/ cyanobacteria) epifitas del Orden Chroococcales de la región central de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 286 pp.

☞ Tavera S., R.L., J. González G. 1990. *Caracterización ficoflorística de los paredones de la Sierra de Juárez, Oaxaca. Importancia de las formas de crecimiento algales en la tipificación de un ambiente*. Bol. Soc. Bot. México. 50: 121-133.

☞ Tilden, J. 1910. *The myxophyceae of North America and adjacent regions including Central América, Greenland, Bermuda, the West Indies and Hawaii*. Minnesota Algae, vol. 1. Minneapolis, Minnesota, USA. 328 pp. Planches.

☞ Tsujimura S., Okubo Takuya. 2001. *Development of Anabaena blooms in a small reservoir with dense sediment akinete population, with special reference to temperature and irradiance*.

☞ Valadez C.F. 1992. *Flora ficológica de ambientes lóticos de la Cuenca Baja del río Amacuzac, Morelos*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias.U.N.A.M. México. pp.

☞ Valadez C. F. 1998. *Empleo de crecimientos algales para la caracterización de ambientes lóticos en la Cuenca Baja del río Amacuzac, Morelos*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias U.N.A.M. México. 116 pp y 7 láminas.

☞ Watanabe M. & Komárek J. 1989. *New Blennothrix species (Cyanophyceae-Cyanobacteria) from Nepal*. Bull. Nath. Sci. M. Tokyo, ser. B. 15 (3). Pp. 67-79

- ☞ Whitford A.L. 1956. *The communities of algae in the springs and spring stream of Florida*. Ecology. 37 (3). Pp. 433-442.
- ☞ Wolk P, Ernst A. & Elhai J. 1994. *Heterocyst Metabolism and Development* En: Donald A.B. (Ed.), 1994. *The Molecular Biology of Cyanobacteria*. USA. Kluwer Academic Publishers. 855 pp.
- ☞ Wolk P. C. 1996. *Heterocyst formation*. Ann. Rev. Genet. 30: 59-78.
- ☞ Whitton A. B. y Potts M. (Eds). 2000. *The ecology of Cyanobacteria. Their Diversity in Time and Space*. U.S.A. Kluwer Academic Publishers. 669 pp.
- ☞ Zanini Branco C.C. Necchi Junior O., 1996. *Survey of stream macroalgae of eastern Atlantic Rainforest of Sao Paulo State, Southeastern Brazil*. Algological Studies. 80. 35-57

APÉNDICE

I. ESPECIES DE ALGAS VERDE-AZULES FILAMENTOSAS REPORTADAS EN AMBIENTES TERRESTRES Y LÓTICOS MEXICANOS.

1. Registros nacionales

1. Orden Oscillatoriales

Familia Ammatoideaceae Elenkin 1934

Homoeothrix juliana (Meneghini) Kirchner

H. sinensis Jao

Familia Oscillatoriaceae (s.f. Gray) Harvey ex Kirchner, 1898

Subfamilia Oscillatorioideae Gomont 1892

Lyngbya aerugineo-coerulea (Kützing) Gomont

L. aestuarii (Mertens) Liebmann

L. allorgei Frémy

L. arachnoidea Kützing

L. circumcreta West

L. diguetii Gomont

L. hieronymusii Lemmermann

L. lagerhemii (Möblus) Gomont

L. latissima Prescott

L. limnetica Lemmermann

L. magnifica Gardner

L. major Meneghini ex Gomont

L. martensiana Meneghini ex Gomont

L. muscicola Lemmermann

L. perelegans Lemmerman

L. putealis Mont. ex Gomont

L. rivulariarum Gomont
L. scottii Fritsch
L. subconfervoides Borge
L. taylorii Drouet et Strickland

Oscillatoria. akenii Agardh y Gomont

O. angustissima Wet G.S. West
O. curviceps. Agardh ex Gomont
O. chlorina. Kützing ex Gomont
O. foreaui Frémy
O. geitleriana Elenkin
O. geminata Meneghini
O. lemmermannii Wolosz
O. limosa Agardh ex Gomont
O. numidica Gomont
O. obscura Bruhl y Biswas
O. princeps Vaucher ex Gomont
O. proteus Skuja
O. pseudogeminata G. Schmidle
O. raoi De Toni
O. sancta Kützing ex Gomont
O. subrevis. Schmidle
O. tenuis Ag. ex Gomont
O. proteus. Skuja

Familia Oscillatoriaceae (s.f. Gray) Harvey ex Kirchner 1898

Subfamilia Plectonemioideae Gomont 1892

Plectonema gracillimum (Zopf) Hansgirg
P. nostocorum Bornet
P. radiosum (Schiedermayer) Gomont

P. tomasinianum (Kützing) Bornet

P. wollei Farlow ex Gomont

Familia Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek, 1988

Subfamilia Phormidioideae Anagnostidis & Komárek, 1988

Phormidium aerugineo-coeruleum (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

P. allorgei (Frémy) Anagnostidis & Komárek

P. ambiguum Gomont

P. ambiguum var. *major* Lemmermann

P. amphibium (Agardh ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

P. animale (Agardh ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

P. autumnale Agardh ex Gomont

P. corium Gomont

P. diguetii (Gomont) Anagnostidis & Komárek

P. formosum (Bory ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

P. hamelii (Frémy) Anagnostidis & Komárek

P. incrustatum (Nägeli).

P. irrigum (Kützing ex Gomont.) Anagnostidis & Komárek

P. martensianus (Menegh. ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

P. c.f. minnesotense (Tilden) Drouet

P. molle f. *tenuis* W. & S. West

P. mucicola Huber-Pestalozzi & Naumann.

P. numidicum (Gomont) Anagnostidis & Komárek

P. puteale (Montagn. ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

P. raoi (De Toni) comb. nov.

P. retzii (J. Agardh) Kützing.

P. simplicissimum (Gomont.) Anagnostidis & Komárek.

P. tenue (Agardh ex Gomont)

P. willei (Gardner) Anagnostidis & Komárek

P. laminosum Agardh ex Gomont

P. papyraceum Agardh ex Gomont

P. tinctorium Kützing

Planktothrix agardhii (Gomont) Anagnostidis & Komárek

Porphyrosiphon martensianus (Meneghini ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

Pseudophormidium tenue (Thuret ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

Tychonema chlorina (Kützing) Anagnostidis & Komárek

Familia Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek

Subfamilia Microcoleoideae Hansgirg, 1892.

Microcoleus acutissimus Gardner.

M. hospitus

M. lacustris (Rabenhorst) Farlow

M. paludosus (Kützing) Gomont

M. sociatus West & West

M. subtorulosus (Brébisson) Gomont

M. vaginatus (Vaucher) Gomont

Familia Pseudanabaenaceae Anagnostidis & Komárek

Subfamilia Pseudanabaenoideae Anagnostidis & Komárek

Geitlerinema amphibium (Agardh ex Gomont) Anagnostidis

G. claricentrosom (Gardner) Anagnostidis

G. splendidum (Greville ex Gomont) Anagnostidis

Jaaginema angustissimum (W. et. G. S. West) Anagnostidis & Komárek

J. geitleri (Frémy) Anagnostidis et Komárek

J. geminatum (Meneghini ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

J. quadripunctulatum (Bruhi et Biswas) Anagnostidis & Komárek

Leibleinia epiphytica (Hieronymus) Anagnostidis & Komárek

Leptolyngbya foveolarum (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

L. frigida (Fritsch) Anagnostidis & Komárek

L. lurida (Gomont) Anagnostidis & Komárek

L. nostocorum (Bornet ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

L. tenuis (Gomont) Anagnostidis & Komárek

Spirulina major. Kützing ex Gomont

S. nordstedtii. Gomont

Familia Pseudanabaenaceae Anagnostidis & Komárek, 1988.

Subfamilia Heteroleibleinioideae Anagnostidis & Komárek, 1992.

Heteroleibleinia kützingii (Schmidle) Anagnostidis & Komárek

Familia Schizotrichaceae Elenkin, 1934

Schizothrix friesii (Ag.) Gomont

S. lacustris A. Braun ex Gomont

S. lardacea. Gomont

S. violacea Gardner

2. Orden Nostocales (Borzi 1914) Geitler, 1925.

Familia Microchaetaceae

Subfamilia Tolypotrichoideae

Hassalia c.f. *bysoidea* Hassall ex Bornet & Flahault

Petalonema c.f. *densum* (Braun) Nigula

Tolypothrix tenuis (Kützing) Schmidt

Familia Nostocaceae Dumont 1829

Subfamilia Anabaenoideae (Bornet et Flahault) Kirchner 1900

Anabaena laxa (Rabenhorst) A. Braun

Anabaenopsis tanganykae (Wets,G.S.) Wolosz & Miller

Cylindrospermum stagnale (Kützing) Bornet & Flahault

Familia Nostocaceae Dumont 1829

Subfamilia Nostocoideae (Borzi 1914) Komárek & Anagnostidis 1989

Nostoc muscorum Agardh ex Bornet & Flahault

Familia Rivulariaceae Kützing 1843

Calothrix braunii Bornet & Flahault

C. clavata West

C. elenkinii

C. fusca (Kützing) Bornet & Flahault

C. marchica Lemmermann

C. membranacea Schmidle

C. similaris Gardner

C. parietina Thuret

C. stagnalis

Rivularia hansgirgi. Schmidle

Familia Scytonemataceae Kützing, 1843

Scytonema bohneri Schmidle

S. coactile Montane ex Bornet & Flash

3. Orden Stigonematales

Familia Stigonemaceae

Hapalosiphon intricatus W. & West

H. welwitschii W. & West

Stigonema dendroidenum

II. Especies de cianofíceas filamentosas reportadas para la huasteca

1. Orden Oscillatoriales

Familia Ammatoideaceae Elenkin, 1934

Homoeothrix juliana f. *tenuis* Singh

H. juliana (Menegh) Krichner

H. varians Geitler

H. endophytica Lemmermann

Familia Oscillatoriaceae (s.f. Gray) Harvey ex Kirchner, 1898.

Subfamilia Oscillatorioideae Gomont, 1892

Blennothrix ganeshii Watanabe & Komárek

Lyngbya majuscula Harvey ex Gomont

Oscillatoria acuta Bruh & Biswas

O. allorgei Frémy

O. amphigranulata Van Goor

O. annae Van Goor

O. foreani Frémy

O. geminata Meneghini

O. hamelii Frémy

O. hieronymusii Lemmermann

O. jasorvensis Vouk

- O. limnética* Lemmermann
- O. martensiana* var. *calcareo* Tilden
- O. ornata* Kützing ex Gomont
- O. prolífica* (Grev.) Gomont
- O. redekei* Van Goor
- O. subrevis* Schmidle

Familia Oscillatoriaceae (s.f. Gray) Harvey ex Kirchner, 1898
Subfamilia Plectonemioideae Gomont, 1892

- Plectonema radiosum* (Schiedermayer) Gomont
- P. tomasinianum* (Kützing) Bornet ex Gomont
- P. wollei* Farlow ex Gomont

Familia Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek, 1988.
Subfamilia Phormidioideae Anagnostidis & Komárek, 1988.

- Phormidium autumnale* (Ag.) Schmidt
- P. retzii* (J. Agardh) Kützing
- P. uncinatum* (Agardh) Gomont

Familia Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek, 1988
Subfamilia Microcoleoideae Hansgirg, 1892

- Microcoleus paludosus* (Kützing) Gomont
- Symploca borealis* Rabhenhorst

Familia Schizotrichaceae Elenkin, 1934
Schizothrix muelleri Nägeli y Gomont

Familia Pseudanabaenaceae Anagnostidis & Komárek, 1988
Subfamilia Pseudanabaenoideae Anagnostidis & Komárek, 1988

- Spirulina major* Kützing ex Gomont

S. princeps W. & G.S. West

2. Orden Nostocales (Borzi 1914) Geitler, 1925.

Familia Microchaetaceae

Subfamilia Tolypotrichoideae

Tolypotrix distorta Kuetzing

T. tenuis (Kützing) Schmidt

Familia Nostocaceae Dumont, 1829

Subfamilia Nostocoideae (Borzi 1914) Komárek & Anagnostidis 1989

Anabaena ambigua Rao

Cylindrospermum minutissimum Collius

Nostoc microscopicum Carm. ex Bornet & Flahault

N. sphaericum Vaucher

Nostoc piscinale Kützing

N. verrucosum Vaucher

Nodularia spumigena Mertens

Familia Rivulariaceae Kützing, 1843

Dichotrix orsiniana (Kützing) Bornet & Flahault

Familia Scytonemataceae Kützing 1843

Scytonema cincinnatum Thuret ex Bornet et Flahault

S. simplex Bharadwaja.

Nota: En este apéndice no se considera el trabajo de Ortega M. (1984). Este trabajo es una compilación importante de los registros de especies algales mexicanas. Sin embargo, al menos para el caso de las cianofíceas filamentosas, no aporta reportes completos del habitat por lo cual es difícil saber si se trata realmente de esas especies. Además, para el caso de las especies que si poseen citas del habitat éstas existen para ambientes lénticos.

2. ESQUEMAS DE CLASIFICACIÓN BÁSICOS PARA LAS CIANOFICEAS FILAMENTOSAS

Tabla 1.1. Esquemas de clasificación Geitler (1932); Smith (1950) y Desikachary (1959)

Geitler (1932)	Smith (1950)	Desikachary (1959)
Orden Hormogonales	Orden Oscillatoriales	Orden Nostocales Geitler
Fam. Capsosiraceae Wettstein	Suborden Oscillatorineae	Fam. Oscillatoriaceae Kirchner
<i>Capsosira</i> Kützing	Familia Oscillatoriaceae	<i>Criminalium</i> Crow
<i>Desmosiphon</i> Boris	<i>Borzia</i> Cohn	<i>Microcoleus</i> Desmazieres
<i>Letestuinema</i> Frémy	<i>Oscillatoria</i> Vaucher	<i>Sirocoleus</i> Kützing
<i>Stauratomonema</i> Frémy	<i>Arthrospira</i> Stizenberger	<i>Polychlamydom</i> West et West
Fam. Leptobosaceae Elenkin	<i>Spirulina</i> Turpin	<i>Dasygloea</i> Thwaites
<i>Leptobasis</i> Elenkin	<i>Symploca</i> Kützing	<i>Hydrocoleum</i> Kützing
Fam. Loeffgreniaceae Elenkin	<i>Phormidium</i> Kützing	Schizothrix Kützing
<i>Loeffgrenia</i> Gomont	<i>Trichodesmium</i> Ehrenberg	<i>Porphyrosiphon</i> Kützing
Fam. Mastigocladaceae Geitler	<i>Romeria</i> Koczwara	<i>Lyngbya</i> Agardh
<i>Brachytrichia</i> Zanardini	<i>Lyngbya</i> Agardh	<i>Symploca</i> Kützing
<i>Herpyzonema</i> Weber von Bosse	<i>Porphyrosiphon</i> Kützing	<i>Trichodesmium</i> Ehrenberg
<i>Kirtuthrix</i> Ercégovic	<i>Schizothrix</i> Kützing	<i>Oscillatoria</i> Vaucher
<i>Liphonema</i> Ercégovic	<i>Microcoleus</i> Desmazieres	<i>Spirulina</i> Turpin em
<i>Mastigocladus</i> Cohn	<i>Hydrocoleum</i> Kützing	<i>Arthrospira</i> Stizenberger
Fam. Microchaetaceae Lemmermann	Suborden Nostochineae	<i>Katagnymene</i> Lemmermann
<i>Aulosira</i> Kirchner	Familia Nostocaceae	<i>Phormidium</i> Kützing
<i>Hormothamnio</i> Grunow	<i>Cylindrospermum</i> Kützing	Familia Nostocaceae Kützing
<i>Microchaete</i> Thuret	<i>Anabaenopsis</i> Woloszynska	<i>Richelia</i> Schmidt
Fam. Nostocaceae Kützing	<i>Nodularia</i> Mertens	<i>Anabaenopsis</i> (Wolosz.) Miller
<i>Anabaena</i> Bory	<i>Aphanizomenon</i> Morren	<i>Cylindrospermum</i> Kützing
<i>Anabaenopsis</i> Miller	<i>Wollea</i> Bornet et Flahault	<i>Aphanizomenon</i> Moorren
<i>Aphanizomenon</i> Morren	<i>Nostoc</i> Vaucher	<i>Anabaena</i> Bory
<i>Cylindrospermum</i> Kützing	<i>Aulosira</i> Kirchner	<i>Wollea</i> Bornet et Flahault
<i>Nodularia</i> Mertens.	<i>Anabaena</i> Bory	<i>Nostoc</i> Vaucher
<i>Nostoc</i> Vaucher	Familia Scytonemataceae	<i>Raphidiopsis</i> Fritsch & Rich.
<i>Richelia</i> Schmidt	<i>Plectonema</i> Thuret	<i>Pseudanabaena</i> Lauterb.
<i>Wollea</i> Bornet et Flahault	<i>Fremyella</i> De Toni	<i>Hormothamnion</i> Grun.
Fam. Nostochopsidaceae Geitler	<i>Tolypothrix</i> Kützing	<i>Nodularia</i> Mertens
<i>Mastigocoleopsis</i> Lagerhelm	<i>Scytonema</i> Agardh	<i>Aulosira</i> Kirchner
<i>Mastigocoleus</i> Geitler	<i>Diplocolon</i> Nágel	Fam. Scytonemataceae Rabenhorst
<i>Myxoderma</i> Schmidle	<i>Desmonema</i> Berk. & Thwaites	<i>Pseudoscytonema</i> Elenkin
<i>Nostochopsis</i> Wood	Familia Stigonemataceae	<i>Plectonema</i> Thuret
Familia Oscillatoriaceae (Gray Kirchner)	<i>Nostochopsis</i> Wood	<i>Hydrocoryne</i> Schwabe
<i>Atractella</i> Printz	<i>Capsosira</i> Kützing	<i>Scytonematopsis</i> Kisselewa
<i>Borzia</i> Cohn	<i>Stigonema</i> Agardh	<i>Petalonema</i> Berk

Tabla 1.1. (Continuación). Esquemas de clasificación Geitler (1932); Smith (1950) y Desikachary (1959)

Geitler (1932)	Smith (1950)	Desikachary (1959)
<i>Crinalium</i> Crow	<i>Thalpophila</i> Borzi	<i>Campylonemopsis</i> Desikachary
<i>Gomontiella</i> Teodoresco	<i>Hapalosiphon</i> Nágeli	<i>Scytonema</i> Ag.
<i>Hydrocoleus</i> Kützing	<i>Colteronema</i> Copeland	<i>Tolypothrix</i> Kützing
<i>Isocystis</i> Borzi	<i>Albrightia</i> Copeland	Fam. Microchaetaceae Lemmermann
<i>Microcoleus</i> Desmazziérez	Fam. Rivulariaceae	<i>Microchaete</i> Thuret
<i>Oscillatoria</i> Vaucher	<i>Amphithrix</i> Kützing	<i>Fortiea</i> De Toni
Lyngbya Ag. Secciones: Hetero- leibleinia, Leibleinia, Spirocoleus, Eulyngbya.	<i>Calothrix</i> Agardh	Familia Rivulariaceae Rabenhorst
<i>Phormidium</i> Kützing	<i>Sacconema</i> Borzi	<i>Calothrix</i> Ag.
<i>Porphyrosiphon</i> Kützing	<i>Rivularia</i> Roth	<i>Dichothrix</i> Zanardini
<i>Pseudanabaena</i> Lauterborn	<i>Gloeotrichia</i> Agardh	<i>Rivularia</i> (Roth) Agardh
<i>Romeria</i> Koczwara	<i>Dichothrix</i> Zanardini	<i>Gloeotrichia</i> Ag.
<i>Sirocoleus</i> Kützing	<i>Scytonemopsis</i> Kisselawa	<i>Leptochaete</i> Borzi
<i>Schizothrix</i> . Kützingf	<i>Calothrix</i> Agardh	<i>Homoeothrix</i> (Thuret) Fritsch
Secciones: <i>Symplocastrum</i> , <i>Chromosiphon</i> , <i>Hypheothrix</i> e <i>Inactis</i>		
<i>Spirulina</i> Turpin	<i>Rhaphidiopsis</i> Fritsch & Rich	Orden Stigonematales Geitler
<i>Pelagothrix</i> Schmidt	<i>Hammatoidea</i> West	Fam. Capsosiraceae Geitler
<i>Haliatachne</i> Lemmermann		<i>Stauramatonea</i> Frémy
<i>Katagnymene</i> Lemmermann		Fam. Nostochopsidaceae Geitler
<i>Proteronothrix</i> West		<i>Mastigocoleus</i> Lagerheim
<i>Polychlamydom</i> West		<i>Nostochopsis</i> Wood em Geitler
<i>Dasygloea</i> Thwaites		Fam. Mastigocladopsidaceae Iyengar et Desikachary
<i>Symploca</i> Kützing		<i>Mastigocladopsis</i> Iyengar et Desikachary.
<i>Campothrix</i> West		Fam. Mastigocladaceae Geitler
<i>Ernstiella</i> Chodat		<i>Brachytrichia</i> Zanardini
<i>Paraplectonema</i> Frémy		<i>Mastigocladus</i> Lagerh.
Fam. Loriellaceae Geitler		Fam. Stigonemataceae Kirchner
<i>Hypomorpha</i> Boris		<i>Iyengariella</i> Desikachary
<i>Loriella</i> Borzi		<i>Campylonema</i> Schmidle
Fam. Pulvinulariaceae* Geitler		<i>Fischerella</i> (Born & Flah.) Gomont
<i>Pulvinularia</i> Boris		<i>Stigonema</i> Ag.
Familia Sokoloviaceae Elenkin		<i>Fischerellopsis</i> Fritsch
<i>Sokolovia</i> Elenkin		<i>Fischerella</i> (Born. & Flah.) Gomont
<i>Herpyzonema</i> Weber voin Bosse		<i>Westiella</i> Borzi
<i>Lithonema</i> Ercégovic		<i>Hapalosiphon</i> Nágeli
		<i>Westiellopsis</i> Janet

Tabla 1.1. (Continuación). Esquema de clasificación Geitler (1932)

Geitler (1932)	Geitler (1932)
Fam. Rivulariaceae Rabenhorst	Fam. Scytonemataceae Rabenhorst
<i>Leptopchaete</i> Borzi	<i>Petalonema</i> Berkeley
<i>Amphithrix</i> Kützing	<i>Camptylonema</i> Schmidle
<i>Homoeothrix</i> (Thuret) Kirchner	<i>Tildenia</i> Kossinskaja
<i>Tapinothrix</i> Sauvageau	<i>Scytonema</i> Agardh
<i>Hammatoidea</i> West	<i>Hydrocoryne</i> Schwabe
<i>Dichoethrix</i> Zanardini	<i>Desmonema</i> Berkeley et Thwaites
<i>Polythrix</i> Zanardini	<i>Gloeochlamys</i> Schmidle
<i>Calothrix</i> Agardh	Fam. Stigonemataceae
<i>Gloeotrichia</i> Agardh	<i>Fischerella</i> Gomont
<i>Rivularia</i> Agardh	<i>Stigonema</i> Agardh
<i>Isactis</i> Thuret	<i>Rosaria</i> Carter
<i>Sacconema</i> Borzi	<i>Westiella</i> Borzi
<i>Raphidiopsis</i> Fritsch	<i>Hapalosiphon</i> Nägeli
Fam. Scytonemataceae Rabenhorst	<i>Matteia</i> Borzi
<i>Plectonema</i> Thuret	<i>Thalophila</i> Borzi
<i>Spelaeopogon</i> Borzi	<i>Leptopogon</i> Borzi
<i>Seguenzaea</i> Borzi	<i>Chondrogloea</i> Schmidle
<i>Diplonema</i> Boris	
<i>Scytonematopsis</i> Kisselewa	
<i>Tolypothrix</i> Kützing	

Tabla 1.2. Esquemas de clasificación de Starmach (1966) y Bourrelly (1970)

Starmach (1966)	Bourrelly (1970)
División Cyanophyta	División Schizophyta
CLASE Hormogoniophyceae	CLASE Cianoesquifitineae
1. SUBCLASE Nostocophycideae	SUBCLASE Hormogonoficidae
Orden Oscillatoriales	Orden Nostocales
Fam. Oscillatoriaceae Kirchner	Fam. Oscillatoriaceae (Gray) Bory
<i>Tribu</i> Lyngbya	<i>Pseudanabaena</i> Lauterborn
<i>Borzia</i> Cohn	<i>Borzia</i> Cohn
<i>Oscillatoria</i> Vaucher	<i>Isocystis</i> Borzi
<i>Romeria</i> Koczwara	<i>Palikiella</i> Claus
<i>Spirulina</i> Turpin	<i>Sinaiella</i> Gruia
<i>Phormidium</i> Kützing	<i>Crinalium</i> Crow
<i>Lyngbya</i> Agardh	Lyngbya. Agardh Secciones: <i>Heteroleibleinia</i> , <i>Leibleinia</i> , <i>Lyngbya</i> , <i>Spirocoleus</i> , <i>Phormidium</i> y <i>Symploca</i> .
Tribu Vaginariae	<i>Microcoleus</i> Desmazières

Tabla 1.2. (Continuación). Esquemas de clasificación de Starmach (1966) y Bourrelly (1970)

Starmach (1966)	Bourrelly (1970)
Ammatoidea W. & G.S. West	<i>Capsosira</i> Kützing
Fam. Scytonemataceae Rabenhorst	<i>Hyphomorpha</i> Borzi
<i>Plectonema</i> Thuret	Fam. Mastigocladopsidaceae Iyengar & Desikachary
<i>Coleodesmium</i> Borzi	<i>Mastigocladopsis</i> Iyengar & Desikachary
<i>Scytonema</i> Agardh	Fam. Mastigocladaceae
<i>Hydrocorine</i> Schwabe	<i>Brachytrichiopsis</i> Jao
<i>Tolypothrix</i> Kützing	<i>Iyengariella</i> Desikachary
SUBCLASE Stigonematophycideae	<i>Herpyzonema</i> Weber van Bosse
Orden Stigonematales Geitler	<i>Symphonema</i> Jao
Fam. Mastigocladaceae Geitler	<i>Symphonemopsis</i> Tiwari & Mitra
<i>Mastigocladus</i> Cohn	<i>Loefgrenia</i> Gomont
Fam. Nostochopsidaceae Geitler	<i>Mastigocladus</i> Cohn
<i>Nostochopsis</i> Wood	Fam. Stigonemataceae Hasall
<i>Mastigocoleus</i> Lagerheim	<i>Leptopogon</i> Borzi
Fam. <i>Borzinemataceae</i>	<i>Westiella</i> Boris
<i>Borzinema</i> De Toni	<i>Schmidleinema</i> De Toni
<i>Seguenzaea</i> Borzi	<i>Mastigocoleopsis</i> Geitler
<i>Spelaeopogon</i> Borzi	<i>Daliocatella</i> Geitler
<i>Schmideliella</i> De Toni	<i>Albrightia</i> Copeland
Fam. Pulvinulariaceae Geitler	<i>Homoeopyche</i> Skuja
<i>Pulvinaria</i> Borzi	<i>Geitleria</i> Friedmann
Fam. Capsosiraceae Geitler	<i>Stigonema</i> Agardh
<i>Desmosiphon</i> Borzi	<i>Thalpophila</i> Borzi
<i>Capsosira</i> Kützing	<i>Voukiella</i> Ercégovic
Fam. Stigonemataceae (Kirchner) Geitler	<i>Hapalosiphon</i> Nágeli
<i>Voukiella</i> Ercégovic	<i>Fischerella</i> (Bornet & Flahault) Gomont
<i>Thalpophila</i> Borzi	<i>Westiellopsis</i> Janet
<i>Westiella</i> Boris	Fam. Borzinemataceae Geitler
<i>Sommierella</i> Borzi	<i>Handeliella</i> Skuja
<i>Leptopogon</i> Borzi	<i>Spelaeopogon</i> Boris
<i>Hapalosiphon</i> Nágeli	<i>Seguenzaea</i> Borzi
<i>Fischerella</i> (Bornet & Flahault)	
<i>Stigonema</i> Agardh	

Tabla 1.2 (Continuación). Esquema de clasificación de Bourrelly (1970)

Bourrelly (1970)
Fam. Borzinemataceae Geitler
<i>Borzinema</i> De Toni
Fam. Nostochopsidaceae Geitler
<i>Nostochopsis</i> Wood
<i>Mastigocoleus</i> Lagerheum
<i>Baradlaia</i> Palik

Esquemas de clasificación de komárek y anagnostidis

1. Orden Oscillatoriales Elenkin 1934

Tabla 1.3. Esquemas de clasificación propuestos por Anagnostidis K., J. Komárek (1988) y Komárek J. (s.f.pub.).

Anagnostidis K., J. Komárek (1988)	Komárek J. (s.f.pub.)
Fam. Borziaceae Borzi	Fam. Ammatoideaceae Elenkin
<i>Borzia</i> Cohn ex. Gomont	<i>Ammatoidea</i> W. & G.S. West
<i>Komvophoron</i> Anagnostidis & Komárek	<i>Homoeotrix</i> (Thuret ex. Born & Fla.) Kirchner
<i>Sinaiella</i> Gruia	<i>Pseudoscytonema</i> Elenkin
Fam. Homoeotrichaceae Elenkin	Fam. Borziaceae Borzi
Subfamilia Ammatoideoideae (Elenkin) Anagnostidis & Komárek	<i>Borzia</i> Cohn ex. Gomont
<i>Ammatoidea</i> W. & G.S. West	<i>Komvophoron</i> Anagnostidis & Komárek
<i>Pseudoscytonema</i> Elenkin	<i>Sinaiella</i> Gruia
Subfamilia Homoeotrichoideae (Elenkin) Anagnostidis & Komárek	<i>Proterendothrix</i> W. & G.S. West
<i>Heteroleibleinia</i> (Geitler) Hoffmann	<i>Yonedaella</i> Umez (syn. <i>Sphaeronema</i>)
<i>Homoeothrix</i> (Thuret ex Bornet & Flahault) Kirch	Fam. Gomontielleaceae Elenkin
<i>Sokolovia</i> Elenkin	Subfamilia Gomontielleoideae Anagn. & Komárek
Fam. Oscillatoriaceae (S.f. Gray) Harvey ex Kirchner	<i>Crinalium</i> Crow

Tabla 1.3. (Continuación). Esquemas de clasificación propuestos por Anagn.& Komárek (1988) y Komárek (s.f.pub.).

Anagnostidis K., J. Komárek (1988)	Komárek J. (s.f..pub.)
Subfamilia Starioideae Hoffmann	<i>Oscillatoria</i> Vaucher ex. Gomont
<i>Crinalium</i> Crow	Subfamilia Plectonematoideae
<i>Cyanarcus</i> Pasch	<i>Plectonema</i> Thuret ex Gomont
<i>Gomontiella</i> Teodoresco	Fam. Phormidiaceae
<i>Staria</i> Lang	Subfamilia Phormidioideae
Fam. Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek	<i>Arthrospira</i> Stitzenb. Ex. Gomont
Subfamilia Phormidioideae Anagnostidis & Komárek	<i>Phormidium</i> Kütz. Ex Gomont (Subgéneros
<i>Phormidium</i> Kütz ex Gomont (Subgéneros:Geitlerinema,	<i>Gomontinema</i> , <i>Phormidium</i> y <i>Hansgirgia</i>
<i>Gomontinema</i> , <i>Phormidium</i> y <i>Hansgirgia</i>)	<i>Planktothrix</i> Anagnostidis & Komárek
<i>Planktothrix</i> Anagnostidis & Komárek	<i>Porphyrosiphon</i> Kütz. Ex Gomont
<i>Porphyrosiphon</i> Kützing ex Gomont	<i>Pseudophormidium</i> (Forti) Anagnostidis & Komárek
<i>Proterendolthrix</i> W & G.S. West	<i>Symploca</i> Kütz. ex Gomont
<i>Pseudophormidium</i> (Forti) Anagnostidis & Komárek	<i>Trichodesmium</i> Ehrenb. Ex Gomont
<i>Symploca</i> Kützing ex Gomont	<i>Tychonema</i> Anagnostidis & Komárek
<i>Trichodesmium</i> Ehrenberg ex Gomont	Subfamilia Microcoleoideae
<i>Tychonema</i> Anagnostidis & Komárek	<i>Hydrocoleum</i> Kütz. ex Gomont
Subfamilia Microcoleoideae Hansgirgi	<i>Lyngbyopsis</i> Gardner
<i>Hydrocoleum</i> Kützing ex Gomont	<i>Microcoleus</i> Desm. Ex Gomont
<i>Lyngbyopsis</i> Gardner	<i>Sirocoleum</i> Kütz. ex Gomont
<i>Microcoleus</i> Desmazieres ex Gomont	<i>Symplocastrum</i> (Gomont) Kirchner
<i>Sirocoleum</i> Kützing ex Gomont	Fam. Pseudanabaenaceae Anagnostidis & Komárek
Subfamilia Spirulinoideae Forti	Subfamilia Heteroleibleinioideae
<i>Arthrospira</i> Stitzenberg ex Gomont	<i>Heteroleibleinia</i> (Geitler) Hoffmann
<i>Spirulina</i> Turpin ex Gomont	<i>Sokolovia</i> Elenkin
Familia Pseudanabaenaceae Anagnostidis & Komárek	<i>Tapinothrix</i> Sauvageau
Subfamilia Leptolyngbyoideae Anagnostidis & Komárek	Subfamilia Pseudanabaenoideae
<i>Leibleinia</i> (Gomont) Hoffmann	<i>Arthronema</i> Kom. & Lukav
<i>Leptolyngbya</i> Anagnostidis & Komárek	<i>Geitlerinema</i> (Anag. & Komárek) Anagnostidis
<i>Planktolingbya</i> Anagnostidis & Komárek	<i>Glaucospira</i> Lagerh.
Subfamilia Limnothricoideae Anagnostidis & Komárek	<i>Jaaginema</i> Anagnostidis & Komárek
<i>Arthronema</i> Komárek & Lukar	<i>Leibleinia</i> (Gomont) Hoffmann
<i>Jaaginema</i> Anagnostidis & Komárek	<i>Leptolyngbya</i> Anagnostidis & Komárek
<i>Limnothrix</i> Meffert	<i>Limnothrix</i> Meffert
<i>Palkiella</i> Claus	<i>Planktolingbya</i> Anagnostidis & Komárek
Subfam. Pseudanabaenoideae Anagn. & Komárek	<i>Pseudanabaena</i> Lauterb.
<i>Pseudanabaena</i> Lauterb.	<i>Romeria</i> Koczw.
<i>Romeria</i> Koczw.	<i>Spirulina</i> Turp. Ex Gomont
Familia Schizotrichaceae Elenkin	Familia Schizotrichaceae Elenkin
<i>Schizothrix</i> Kützing ex Gom. Subgén. <i>Schizothrix</i> , <i>Inactis</i>	<i>Schizothrix</i> Kütz. ex Gom. Subgén. <i>Schizothrix</i> , <i>Inactis</i>

2. Orden Nostocales (Borzi, 1914) Geitler, 1925.

Tabla 1 .4 Esquema de clasificación de Komárek J., Anagnostidis K. (1989)

Familia Microchaetaceae Lemmermann	Fam. Nostocaceae (Boris) Komárek & Anagnostis
Subfam. Microchaetoideae Komárek & Anagn.	Subfam. Anabaenoideae (Bornef & Flahault) Kirchner
<i>Camptylonemopsis</i> Desikachary	<i>Anabaena</i> Bory ex Bornef & Flahault
<i>Coleodesmiumopsis</i> Dutt <i>et al</i>	<i>Anabaenopsis</i> (Wolosz) Mill.
<i>Fortiea</i> De-Toni	<i>Aphanizomenon</i> Morr. Ex Bornef & Flahault
<i>Microchaete</i> Thuret ex Bornef & Flahault	<i>Cylindrospermopsis</i> Seenayya & Subba Raju
<i>Hassallia</i> Berk. Ex Born & Flahault	<i>Cylindrospermum</i> Kützing ex Bornef & Flahault
<i>Petalonema</i> Berk. Ex Kirchner	<i>Hydrocoryne</i> Schwabe ex Bornef & Flahault
Subfam. Tolypotrichoideae Komárek & Anagn.	<i>Raphidiopsis</i> Fritsch & Kirchner
<i>Coleodesmium</i> Borzi	<i>Richelia</i> Schmidt
<i>Tolypothrix</i> Kützing ex Bornef & Flahault	<i>Wollea</i> Bornef & Flahault
<i>Calothrix</i> Agardh ex Bornef & Flahault	Subfam. Nostocvoideae (Borzi) Komárek & Anagn.
<i>Dichothrix</i> Zanardini ex Bornef & Flahault	<i>Aulosira</i> Kirchner ex Gomont & Flahault
<i>Gardnerula</i> De-Toni	<i>Isocystis</i> Borzi ex Bornef & Flahault
<i>Gloeotrichia</i> Agardh ex Bornef & Flahault	<i>Nodularia</i> Mert. Ex Born & Flahault
<i>Isactis</i> Thuret ex Bornef & Flahault	<i>Nostoc</i> Vaucher ex Bornef & Flahault
<i>Rivularia</i> (roth) Agardh ex Bornef & Flahault	<i>Kirtuthrix</i> Ercégovic
<i>Sacconema</i> Borzi	<i>Scytonema</i> Agardh ex Bornef & Flahault
	<i>Scytonematopsis</i> Kisel
	<i>Trichormus</i> (Ralfs ex Bornef & Flahault) Komárek & Anagnostidis

3. Orden Stigonematales Geitler, 1925.

Tabla 1.5. Esquema de clasificación de Komárek &, Anagnostidis (1990) para el Orden Stigonematales Geitler 1925.

Fam. Chlorogloeopsaceae (Mitra) Mitra & Pandey	Fam. Capsosiraceae (Boris) Geitler
<i>Chlorogloeopsis</i> Mitra	<i>Capsosira</i> Kützing ex Bornet & Flahault
<i>Heterocyanococcus</i> Kuffer	<i>Desmosiphon</i> Boris
Fam. Borzinemataceae Geitler	<i>Hyphomorpha</i> Borzi
<i>Borzinema</i> De Toni	<i>Letestuinema</i> Frémy
<i>Handeliella</i> Skuja	<i>Nematoplaca</i> Geitler
<i>Schmidleinema</i> De-Toni	<i>Stauromatonema</i> Frémy
<i>Seguenzaea</i> Borzi	Fam. Loriellaceae Geitler
<i>Spelaepogon</i> Borzi	<i>Albrightia</i> Copeland
Fam. Fischerellaceae Anagnostidis & Komárek	<i>Brachytrichiopsis</i> Jao
<i>Doliocatella</i> Geitler	<i>Colteronema</i> Copeland
<i>Fischerella</i> (Bornet & Flahault) Gomont	<i>Geitleria</i> Friedm.
<i>Leptopogon</i> boris	<i>Loefgrenia</i> Gomont
<i>Parthasarathiella</i> Subba Raju	<i>Loriella</i> Boris
<i>Westiellopsis</i> Janet	<i>Mastigocoleopsis</i> Geitler
	<i>Matteia</i> Borzi

Tabla 1.5. Esquema de clasificación de Komárek &, Anagnostidis (1990) para el orden Stigonematales Geitler 1925.

Fam. Stigonemataceae (Hass.) Kirchner	Fam. Mastigocladaceae
<i>Homoeopryche</i> Skuja	Subfam. Mastigocladoideae
<i>Pulvinaria</i> Boris	<i>Adrianema</i> De-Toni
<i>Stigonema</i> Agardh ex Bornet & Flahault	<i>Chondrogloea</i> Schmidle
Fam. Nostochopsaceae Geitler	<i>Hapalosiphon</i> Nägeli ex Bornet & Flahault
<i>Baradlaja</i> Palik	<i>Mastigocladus</i> Cohn
<i>Mastigocladopsis</i> Iyeng. & Desikachary	<i>Symphyonema</i> Jao
<i>Mastigocoleus</i> Lagerh.	<i>Thalpopphila</i> Borzi
<i>Nostochopsis</i> Wood ex Bornet & Flahault	<i>Umezakia</i> Watanabe
	<i>Voukiella</i> Ercegovic
	<i>Westiella</i> Borzi
	Subfam. Brachytrichioideae (Bornet & Flahault) Fritsch
	<i>Brachytrichia</i> Zanardini ex Bornet & Flahault
	<i>Herpyzonema</i> Webeer-Bosse
	<i>Iyengariella</i> Desikachary
	<i>Parenchymorpha</i> Tseng. & Hua
	<i>Symphyonemopsis</i> Tiwari & Mitra

3. FORMAS DE CRECIMIENTO

En este apartado se incluyen algunas de las clasificaciones sobre las formas de crecimiento resultado del trabajo de campo de los ficólogos que laboran en el laboratorio de Ficología de la Facultad de Ciencias.

Tabla 1.6 Caracteres morfológicos y estructurales de las formas de crecimiento. (Montejano, Carmona y Cantoral)

Filamentos	Forma	Consistencia	Color en campo	Color al microscopio óptico	Ubicación	Orientación	Organización interna	Substrato
No visibles	Constante	Mucilaginoso consistente			Subaéreo seco	Horizontal	Manojos Fascículos	Roca Madera
Visibles mayores a 3 cm largo	Se deshece al colectarla	Mucilaginoso inconsistente			Sumergido Humedecido por sal picadura Flota	Vertical	Entrelazados Radial Paralelos, separados sin formar paquetes	Arena Limo Planta
Visibles menores a 3 cm de largo	Indefinida	Algodón Hirsuto Cuero Barba Lanosa Tomento Aterciope lada						

Tabla 1.7. Clasificación de formas de crecimiento (Cantor, 1990).

Forma de crecimiento	Características
Césped	Formado por filamentos compactos cortos que crecen verticalmente.
Colchón	Formado por filamentos cortos, adheridos firmemente al sustrato, textura esponjosa. Su crecimiento predominante es horizontal.
Costra	Epilítica, rugosa, adherida firmemente al sustrato, para desprenderse se necesita una espátula.
Crecimiento de Chara	Agrupaciones de talos de Chara, presentes en condiciones lénticas, con poco flujo de corriente.
Domos	Formados por filamentos cortos y compactos que crece de forma radial
Pulvinados o plumulosos	Filamentos muy ramificados, adheridos al sustrato.
Filamentos flotantes	Masa de filamentos que se desprenden del sustrato y permanecen flotando en condiciones lénticas.
Mechones	Grupo de filamentos, ramificados o no.
Mechones de filamentos filiformes	Grupo de filamentos con apariencia de hilo
Nata planctónica	Crecimientos filamentosos sobre los que crece una comunidad metafítica. Flotan en la superficie del cuerpo del agua.
Película	Compuesta por una trama de filamentos no visible a simple vista con apariencia de piel que cubre las rocas. Su textura por lo general es suave.
Tapetes	Formado por filamentos compactos, cortos.
Tufos	Filamentos con organización radial sin una matriz común, firmemente adherida al sustrato en su mayoría de forma vertical.

Taxonomía y distribución de cianofitas filamentosas de La Huasteca, México.

Tabla 1. 8. Descripción de formas de crecimiento hecha por Valadez, 1998

Forma de crecimiento	Características
Cabellera	Crecimiento epilítico, café oscuro, mucilaginoso. Formado por filamentos largos con apariencia de cabellos. Epilíticos, adheridos firmemente al sustrato.
Césped.	Epilítico, verde-gris a azul-verde, áspero. Formado por filamentos cortos compactados con crecimiento vertical con amplia distribución horizontal. Débilmente adheridos al sustrato.
Colchón.	Epilítico, verde botella, mucilaginoso. Formado por filamentos largos, crece horizontalmente sobre el sustrato. Débilmente adherido.
Costra-domo	Epilítico, verde seco, áspero y rugoso, con forma de domos. Formado por filamentos cortos y compactos con crecimiento radial, con aspecto seco a pesar de recibir humedad continua. Fuertemente adherido al sustrato.
Costra-lisa	Epilítico, verde-gris, lisa y suave. Formado por talos expandidos irregularmente sin llegar a formar filamentos verdaderos. Firmemente adheridos al sustrato.
Costra- mucilaginoso	Epilítico, azul-verde, mucilaginoso. Formada por filamentos cortos compactados y enredados. Débilmente adherido al sustrato.
Costra-rugosa	Epilítico, verde oscuro, áspera. Formada por filamentos enredados, con incrustaciones de CaCO_3 , crece horizontalmente. Adherido de forma firme.
Crecimiento algodonoso	Epilítico, verde-azul brillante a café, áspero. Formado por filamentos enredados, más o menos extendidos sobre el sustrato. Débilmente adherido al sustrato
Crecimiento arbustivo	Epilítico, verde seco, áspero. Formado por conjunto de talos de <i>Chara</i> que crecen de forma vertical. Adherido sobre rocas cubiertas por limo.
Saco mucilaginoso	Epilítico, translúcido a verde limón, mucilaginoso, con apariencia lustrosa. Formado por una masa compacta en forma de sacos rugosos. Débilmente adherido al sustrato.
Tufo	Epilítico, verde brillante, mucilaginoso. Formado por filamentos de hasta 8 cm de largo que parten de un mismo punto, crecen casi siempre erectos. Firmemente adheridos al sustrato.
Tufo hemisférico	Epilítico, verde-pardo, mucilaginoso con forma de hemisferio. Formado por filamentos erectos de hasta 1 cm de largo con crecimiento radial. Firmemente adheridos al sustrato.

Tabla 1.9 . Caracterización de formas de crecimiento hecha por Tavera & González, 1990.

Caracter	Costra	Flóculo filamentoso	Flóculo muci laginoso.	Película compacta	Película filamentosa	Tapete	Crecimiento hemisférico
Color	Verde oscuro	Verde oscuro	Verde claro	Verde claro	Verde Pasto	Pardo oscuro	Verde claro
Textura	Suave	Rasposa	Suave	Mucilago	Muy suave	Fieltro	Suave
Características.	Se desprende sólo con algún instrumento. Se fragmenta al coleccionarla. Seca a pesar de la humedad Epilítica	Filamentosos, entremezclados, lonosos voluminosos	Se adhiere al sustrato con el mucílago	Como piel que recubre la roca sin rasgarse	Trama de filamentos compactos, visibles a simple vista.	Muy compacto, Trama distinguible sólo en el microscopio	masas domosas, translúcidas Compacta, mucilaginoso, apariencia lustrosa