



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
SISTEMÁTICA

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LOS CIANOPROCARIONTES Y LAS ALGAS
EPILÍTICOS DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE YAXCHILÁN, CHIAPAS**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:
CARLOS EDUARDO IBARRA GALLARDO

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS:
DR. EBERTO NOVELO MALDONADO
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

COMITÉ TUTOR:
DRA. HERMELINDA MARGARITA VILLEGAS RÍOS
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM
DRA. MARÍA DE LOS ÁNGELES HERRERA CAMPOS
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, ABRIL 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
SISTEMÁTICA

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LOS CIANOPROCARIOTES Y LAS ALGAS
EPILÍTICOS DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE YAXCHILÁN, CHIAPAS**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:
CARLOS EDUARDO IBARRA GALLARDO

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS:
DR. EBERTO NOVELO MALDONADO
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

COMITÉ TUTOR:
DRA. HERMELINDA MARGARITA VILLEGAS RÍOS
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM
DRA. MARÍA DE LOS ÁNGELES HERRERA CAMPOS
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, ABRIL 2017



POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO FCIE/DEP/245/2017

ASUNTO: Oficio de Jurado

Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **14 de noviembre de 2016** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de **Sistemática** del (la) alumno (a) **IBARRA GALLARDO CARLOS EDUARDO** con número de cuenta **407022144** con la tesis titulada "**Caracterización morfológica de los cianoprocariontes y las algas epilíticas de la Zona Arqueológica de Yaxchilán, Chiapas**", realizada bajo la dirección del (la) **DR. EBERTO NOVELO MALDONADO**:

Presidente: DRA. MARÍA DEL CARMEN CALDERÓN EZQUERRO
Vocal: DRA. MARÍA DE LOS ÁNGELES HERRERA CAMPOS
Secretario: DRA. HERMELINDA MARGARITA VILLEGAS RÍOS
Suplente: DRA. MARÍA DEL PILAR ORTEGA LARROCEA
Suplente: DR. VÍCTOR MANUEL LUNA PABELLO

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 21 de marzo de 2017

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



MCAA/MJFM/ASR/grf*

Agradecimientos

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM, por la oportunidad para continuar con mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca número (CVU/Becario) 625667/330306 otorgada durante la realización de mis estudios de Maestría en el programa de Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM por los proyectos IN214606-3 e IN221811-3.

A mi tutor principal, el Dr. Eberto Novelo Maldonado, y a los miembros del Comité Tutor, la Dra. Hermelinda Margarita Villegas Ríos y la Dra. María de los Ángeles Herrera Campos, por su apoyo, preguntas y propuestas que dirigieron y enriquecieron la realización de este trabajo.

Agradecimientos a título personal

A los miembros del jurado, la Dra. María del Carmen Calderón Ezquerro, la Dra. María de los Ángeles Herrera Campos, la Dra. Hermelinda Margarita Villegas Ríos, la Dra. María del Pilar Ortega Larrocea y el Dr. Víctor Manuel Luna Pabello, que con sus comentarios y recomendaciones ayudaron a dar forma final a este trabajo.

A la Dra. Rosaluz Tavera Sierra, que con sus preguntas y recomendaciones aportó elementos para el mejoramiento de este proyecto.

A la M. en C. Guadalupe Vidal Gaona, por su participación en el trabajo de campo y su apoyo y enseñanzas en el laboratorio.

A los compañeros del Laboratorio de Algas Continentales, Ecología y Taxonomía, de la Facultad de Ciencias de la UNAM, especialmente a Eleonor Cortés, Beatriz Lira, Angélica López, Erika Loyo, Roxana Maceda, Alejandra Mireles, Itzel Pedraza y Martha Segura, por sus consejos y comentarios que contribuyeron a mi formación en el campo de la Ficología.

Índice general

1. Resumen	13
2. Abstract	14
3. Introducción	15
4. Objetivos	17
5. Antecedentes	18
5.1. Hábitats de las especies de cianoprocariontes y algas de agua dulce registrados en el mundo	18
5.2. Cianoprocariontes y algas de la Zona Arqueológica de Palenque	18
6. Materiales y métodos	26
6.1. Área de estudio	26
6.2. Recolección de muestras	29
6.3. Procesamiento de las muestras	29
6.4. Registro de datos de caracteres macroscópicos de crecimientos epilíticos y factores ambientales en campo	35
6.5. Determinación de especies y estimación de su grado de dominancia	35
6.6. Análisis estadísticos	36
6.6.1. Similitud de los crecimientos epilíticos de los edificios	36
6.6.2. Evaluación de la presencia de especies formadoras de crecimientos y la influencia de la orientación de los muros donde habitan	36
7. Resultados	38
7.1. Aspecto macroscópico de los crecimientos	38
7.2. Factores macroambientales	40

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	4
7.3. Factores microambientales	42
7.4. Riqueza de especies	46
7.5. Especies por temporada de colecta y edificio	57
7.6. Relación entre la presencia de las especies con la orientación de los muros donde habitan	60
7.7. Evaluación de las especies de acuerdo a sus valencias ecológicas	60
7.8. Formación de crecimientos macroscópicos por algunas especies	65
7.9. Descripciones	67
7.9.1. División Cyanoprokaryota Komárek 1996	67
7.9.2. División Chlorophyta Reichenbach 1834	89
7.9.3. División Bacillariophyta L.S. Dillon 1963	93
8. Discusión	105
8.1. Sobre la clasificación de las especies	105
8.2. Nuevos registros de especies	105
8.3. Sobre las condiciones macro y micro ambientales	106
8.4. Especies por temporada de colecta y edificio	108
8.5. Relación entre la presencia de las especies con la orientación de los muros donde habitan	108
8.6. Sobre la evidencia física de deterioro de las rocas	109
9. Conclusiones	110
10.Literatura citada	112
11.Apéndice 1. Datos de colecta de las muestras	128
12.Apéndice 2. Glosario	132

Índice de figuras

6.1.	Localización de la Zona Arqueológica de Yaxchilán (área sombreada), dentro de los límites del Monumento Natural Yaxchilán, Chiapas (modificado de Meave <i>et al.</i> , 2008).	27
6.2.	ZA de Yaxchilán, los edificios donde se tomaron las muestras de crecimientos epilíticos se muestran sombreados con rojo (modificado de García, 2003).	28
6.3.	Edificio 16, se indican las orientaciones de los muros muestreados: a) fachada este, al SE; b) fachada oeste, al NO, y c) fachada norte, al NE. (Modificado de García, 2003.)	30
6.4.	Edificio 21, se indican las orientaciones de los muros muestreados: a) fachada norte, al NE, y b) fachada sur, al SO. (Modificado de García, 2003.)	31
6.5.	Edificio 30, se indican las orientaciones de los muros muestreados: a) fachada norte, al NNE. (Modificado de García, 2003.)	32
6.6.	Edificio 33. (Modificado de García, 2003.)	33
6.7.	Edificio 40. (Modificado de García, 2003.)	34
7.1.	a) Edificio 21, una parte del muro orientado al NE, durante la toma de muestras de agosto de 2007; se observa la cercanía de la vegetación al monumento, así como la sombra que esta proyecta sobre una parte de la edificación, que en conjunto con la orientación de los muros y la posición del sol en esta época del año, tienen un efecto sobre el establecimiento de los crecimientos epilíticos de cianoprocariontes y algas. b) Al centro, aspecto macroscópico del crecimiento correspondiente a la muestra BA395 (muro orientado al SE del edificio 16, agosto de 2007), establecido sobre el mortero; a la derecha, en esta imagen, se observa la biopelícula identificada como muestra BA396, establecida sobre la roca. c) Biopelícula colectada como muestra BA397 (muro en el interior del edificio 16, agosto de 2007), desarrollándose sobre roca y mortero. d) Crecimiento de la muestra BA404 (muro SE del edificio 16, agosto de 2007), habitando en amplias extensiones sobre roca y mortero, sin embargo, no llega a cubrir el 100 % de las superficies.	39

7.2. a) Crecimiento mucilaginoso, compuesto principalmente por <i>Gloeocapsa aeruginosa</i> , <i>Gloeothece rupestris</i> , <i>Scytonema ocellatum</i> y <i>Gloeocapsa acervata</i> (muestra BA400, edificio 16). b) Crecimiento costroso, constituido principalmente por <i>Scytonema hoffmannii</i> (muestra BA420, edificio 21). c) Crecimiento granuloso, formado solo por <i>Leptolyngbya compacta</i> (muestra BA395, edificio 16). d) Crecimiento liso integrado en su mayoría por <i>Printzina ampla</i> (muestra BA411, edificio 21). e) Crecimiento pulverulento compuesto exclusivamente por <i>Gloeocapsa punctata</i> (muestra BA416, edificio 21). f) Crecimiento fieltroso compuesto principalmente por <i>Gloeocapsa acervata</i> y <i>Scytonema javanicum</i> (muestra BA399, edificio 16). Las barras indican 0.5 cm.	41
7.3. Intervalos de temperatura ambiental en época de lluvias y seca en Yaxchilán. . . .	43
7.4. Intervalos de humedad relativa durante la época de lluvias y la seca en Yaxchilán.	43
7.5. Variación a lo largo del día de la PAR incidental, durante la época de lluvias. . . .	44
7.6. Variación a lo largo del día de la PAR cenital, durante la época de lluvias.	44
7.7. Dirección del viento en la ZA de Yaxchilán durante la época de lluvias, representada por la frecuencia registrada con respecto a la orientación desde la que provienen las ráfagas.	45
7.8. Intervalos de temperatura en los que viven las especies de algas y cianoprocariontes de la ZA de Yaxchilán. Las especies que se encuentran en las temporadas de lluvias y secas se denotan con un asterisco. El valor de la media de la temperatura por cada temporada se indica con una línea discontinua.	47
7.9. Intervalos de humedad relativa en los que viven las especies de algas y cianoprocariontes de la ZA de Yaxchilán. Las especies que se encuentran en las temporadas de lluvias y secas se denotan con un asterisco. El valor de la media de la humedad relativa por cada temporada se indica con una línea discontinua.	48
7.10. Intervalos de humedad vertical interna de las rocas en los que viven las especies de algas y cianoprocariontes de la ZA de Yaxchilán. Las especies que se encuentran en las temporadas de lluvias y secas se denotan con un asterisco. El valor de la media de la humedad vertical por cada temporada se indica con una línea discontinua.	49
7.11. Intervalos de humedad horizontal interna de las rocas en los que viven las especies de algas y cianoprocariontes de la ZA de Yaxchilán. Las especies que se encuentran en las temporadas de lluvias y secas se denotan con un asterisco. El valor de la media de la humedad horizontal por cada temporada se indica con una línea discontinua.	50
7.12. Porcentajes que representan las Divisiones de algas y cianoprocariontes encontradas en la ZA de Yaxchilán, a partir del número de especies determinadas.	51
7.13. Porcentajes que representan los Órdenes de algas y cianoprocariontes encontrados en la ZA de Yaxchilán, tomando en cuenta el número de especies reconocidas.	51
7.14. Número de especies por género determinadas en la ZA de Yaxchilán.	52

7.15. Análisis de agrupamiento entre edificios, considerando como criterio de semejanza la composición y dominancia de las especies presentes en las muestras recolectadas, en las temporadas de lluvias y de secas, desde 2006 a 2008. Los grupos que se forman se indican mediante recuadros y números ordinales.	59
7.16. Efecto de la orientación al NE de los muros de los edificios sobre la composición de especies de los crecimientos de algas y cianoprocariontes. El nivel de corte, en 2.6 %, se indica con línea discontinua.	61
7.17. Efecto de la orientación al SE de los muros de los edificios sobre la composición de especies de los crecimientos de algas y cianoprocariontes. El nivel de corte, en 4.1 %, se indica en con línea discontinua.	62
7.18. Efecto de la orientación de los muros interiores de los edificios sobre la composición de especies de los crecimientos de algas y cianoprocariontes. El nivel de corte, en 3.0 %, se indica con línea discontinua.	63
7.19. a) <i>Asterocapsa divina</i> , subcolonia de 4 células, en la superficie de la vaina se distinguen algunas proyecciones (barra = 10 μm). b) Subcolonias juveniles y unicelulares de <i>Asterocapsa divina</i> formando una colonia de mayor tamaño (barra = 20 μm). c) Subcolonias de 1 a 2 células de <i>Chroococcus cohaerens</i> , formando una colonia (barra = 10 μm). d) Al centro, subcolonia de <i>Chroococcus ercegovicii</i> , junto a colonias de <i>Gloeocapsa aeruginosa</i> (barra = 5 μm). e) Tres subcolonias de <i>Chroococcus helveticus</i> , las flechas señalan las vainas individuales de las células (barra = 5 μm). f) <i>Chroococcus helveticus</i> , subcolonia de 4 células con contenido celular violáceo (barra = 5 μm). g) Colonia de <i>Chroococcus varius</i> formada por múltiples subcolonias de 2 ó 4 células cada una (barra = 5 μm). h) Agregado de subcolonias de <i>Chroococcus varius</i> , forman un tapete que en el campo se puede ver como una colonia macroscópica (barra = 5 μm). i) Subcolonia de <i>Chroococcus varius</i> (barra = 5 μm).	96
7.20. a) Subcolonias de <i>Gloeocapsopsis</i> cf. <i>cyanea</i> agrupadas, forman una colonia microscópica, rodeada por filamentos de otros cianoprocariontes, como <i>Scytonema hofmannii</i> y <i>Leptolyngbya compacta</i> (barra = 10 μm). b) Subcolonias de <i>Pseudocapsa dubia</i> formando agregados microscópicos, las flechas señalan diferentes conjuntos de subcolonias (barra = 10 μm). c) Colonia microscópica de <i>Chlorogloea novacekii</i> , las flechas indican algunas filas de células, que van desde el centro de la colonia a la periferia en forma de radios, estas hileras se producen por divisiones mitóticas longitudinales consecutivas (barra = 10 μm). d) Colonia microscópica de <i>Pleurocapsa fusca</i> formada por pseudofilamentos (barra = 10 μm). e) Colonia microscópica de <i>Aphanocapsa fusco-lutea</i> formada por varias subcolonias, las flechas señalan dos de estas (barra = 10 μm). f) Subcolonia solitaria de <i>Aphanocapsa fusco-lutea</i> (barra = 5 μm). g) Colonia microscópica de <i>Aphanocapsa muscicola</i> con células de formas irregulares (barra = 5 μm). h) Colonia microscópica de <i>Gloeocapsa acervata</i> (barra = 10 μm). i) Colonia microscópica de <i>Gloeocapsa acervata</i> formada por varias subcolonias, las flechas indican algunas células que están en proceso de dividirse (barra = 5 μm).	97

- 7.21. **a)** Colonia microscópica de *Gloeocapsa acervata*, se observan las vainas individuales de algunas células, señaladas con flechas (barra = 5 μm). **b)** Colonia de *Gloeocapsa aeruginosa* formada por subcolonias de 2 ó 4 células (barra = 10 μm). **c)** Colonia de *Gloeocapsa atrata* (barra = 20 μm). **d)** Colonia de *Gloeocapsa biformis* formada por varias subcolonias y algunas células individuales, la flecha blanca señala un grupo de células jóvenes, que aún no han desarrollado su propia vaina, mientras que la flecha negra indica algunas células maduras con vaina y pigmentación parda (barra = 10 μm). **e)** Los círculos punteados señalan colonias de *Gloeocapsa biformis* formadas por subcolonias de 4 a 8 células (barra = 10 μm). **f)** Subcolonia de *Gloeocapsa caldariorum*, se distinguen las vainas individuales de las células con varias estratificaciones (barra = 5 μm). **g)** Subcolonias 4 células de *Gloeocapsa compacta* (barra = 5 μm). **h)** Subcolonias de 16 células de *Gloeocapsa compacta*, se observan las vainas individuales de las células con pigmentación parduzca, y con vaina común hialina (barra = 5 μm). **i)** Subcolonias de *Gloeocapsa punctata* (barra = 10 μm). 98
- 7.22. **a)** Subcolonias de *Aphanothece castagnei*, en los espacios entre algunas de estas se encuentran subcolonias de *Gloeocapsa acervata* (señaladas por flechas) (barra = 20 μm). **b)** Liberación de células de una subcolonia de *Aphanothece castagnei* (barra = 25 μm). **c)** Subcolonias de *Gloeothece confluens* (barra = 5 μm). **d)** Subcolonia de *Gloeothece palea* (barra = 5 μm). **e)** Colonia microscópica de *Gloeothece rupestris* formada por varias subcolonias de 4 células, con evidentes vainas ocreas (señaladas con flechas) (barra = 20 μm). **f)** Subcolonias de *Gloeothece tepidariorum*, células con vainas individuales con múltiples estratificaciones (barra = 25 μm). **g)** Colonia microscópica de *Synechococcus* cf. *elongatus*, la flecha señala una subcolonia, formada por dos células después de la división longitudinal de una célula madre (barra = 10 μm). **h)** Subcolonia de *Myxosarcina concinna*, indicada con el círculo de línea punteada, la flecha señala una sección con células de formas irregulares (barra = 5 μm). **i)** Parte de un filamento de *Fischerella* cf. *tiserantii*, la flecha señala un heterocito (barra = 10 μm). 99
- 7.23. **a)** Dos ramificaciones en un filamento de *Fischerella* cf. *tiserantii* (barra = 10 μm). **b)** Filamento de *Fischerella* cf. *tiserantii*, la flecha indica la célula de donde surge una nueva ramificación (barra = 10 μm). **c)** Filamentos de *Nostoc* cf. *carneum* (barra = 25 μm). **d)** Filamento de *Nostoc* cf. *carneum*, la flecha indica la posición del heterocito (barra = 15 μm). **e)** Subcolonias de *Nostoc commune*, las cabezas de flecha opuestas indican la posición y grosor del peridermo (barra = 25 μm). **f)** Filamentos de *Nostoc commune*, se observan las granulaciones de las células, la flecha indica la posición del heterocito (barra = 10 μm). **g)** Subcolonia de *Nostoc microscopicum* (barra = 50 μm). **h)** Se observa la presencia de vainas independientes alrededor de algunos filamentos de *Nostoc microscopicum* (barra = 20 μm). **i)** Filamentos de *Petalonema crassum*, las flechas señalan: H, heterocito; N, necridios, y VD, vaina divergente (barra = 25 μm). 100

- 7.24. **a)** Filamentos de *Petalonema densum*, las flechas señalan: VD, vaina divergente; HO, hormogonio, y N, sitio donde se formó el necridio y separando el segmento que formaría el hormogonio del filamento que lo originó (barra = 30 μm). **b)** Filamentos de *Petalonema densum*, las células del tricoma se observan más delgadas que lo normal, por la pérdida de humedad durante la temporada seca, cuando se colectó el material; la flecha indica la posición del heterocito (H) (barra = 55 μm). **c)** Filamentos de *Petalonema densum*, destaca el grosor de las vainas y su color ocre (barra = 40 μm). **d)** La flecha indica un haz de filamentos de *Scytonema drilosiphon*, dentro de las células de estos se encuentran algunos gránulos pardos (barra = 25 μm). **e)** Filamentos de *Scytonema drilosiphon*, las flechas indican: N, necridio; RF, ramificación falsa, y H, heterocito (barra = 20 μm). **f)** Filamento de *Scytonema evanescens*, la flecha indica la posición del heterocito (barra = 30 μm). **g)** Hormogonios de *Scytonema evanescens* (barra = 35 μm). **h)** Filamento de *Scytonema hofmannii* con vaina amarillentas, la flecha indica la posición del heterocito (barra = 15 μm). **i)** Filamentos de *Scytonema hofmannii* con vainas hialinas (barra = 20 μm). 101
- 7.25. **a)** Filamento de *Scytonema javanicum* (barra = 20 μm). **b)** Filamento de *Scytonema javanicum*, se observan las granulaciones en las células del tricoma; la flecha señala la posición del heterocito (barra = 15 μm). **c)** Filamento de *Scytonema ocellatum*, se observan algunas granulaciones en las células del tricoma, la flecha indica la posición del heterocito (barra = 30 μm). **d)** Filamento con ramificaciones de *Stigonema hormoides*, las ramas nuevas son uniseriadas (U) y las maduras son biseriadas (B) (barra = 25 μm). **e)** Filamentos de *Leptolyngbya cebennensis*, se observa el ápice redondeado (A) y las zonas donde se forman los gránulos en las células (G) (barra = 10 μm). **f)** Filamentos de *Leptolyngbya cebennensis*, se indican los polos de una célula donde se forma un gránulo (G1) y un par de gránulos (G2) (barra = 10 μm). **g)** Filamentos de *Leptolyngbya compacta*, en algunos se observa la presencia de la vaina (V); se indica el ápice redondeado (A) (barra = 10 μm). **h)** Filamentos de *Leptolyngbya laminosa*, se indica una célula con gránulos en lados opuestos de la célula (barra = 10 μm). **i)** Filamento de *Leptolyngbya laminosa*, se señala la célula apical con forma cónica atenuada (barra = 10 μm). 102
- 7.26. **a)** Cenobio de *Scenedesmus bijuga*, la flecha indica la posición del pirenoide (barra = 10 μm). **b)** Cenobio de *Scenedesmus obtusus* (barra = 5 μm). **c)** Autospora con cuatro células de *Scenedesmus obtusus* (barra = 5 μm). **d)** Cenobio de *Tetradesmus obliquus* (barra = 5 μm). **e)** Filamento de *Printzina ampla* (barra = 15 μm). **f)** Filamento de *Printzina ampla* con un esporangio con forma de frasco en posición terminal (señalado con una flecha) (barra = 15 μm). **g)** Filamentos de *Printzina ampla* conformados por células globosas, la flecha indica el poro del esporangio por donde se liberan las esporas (barra = 15 μm). **h)** Filamento de *Printzina bossei* (F), se indica el poro de un esporangióforo (P) (barra = 20 μm). **i)** La flecha señala la estructura, con forma de anillo, que une filamento y esporangio de *Printzina bossei* (barra = 20 μm). 103

7.27. **a)** Filamentos de *Printzina bossei*, las flechas señalan las posiciones de algunos esporangios (E) y de un esporangióforo (EF) (barra = 30 μm). **b)** Filamentos de *Printzina effusa*, se indican con flechas los esporangióforos (EF) y un esporangio (E) en posición terminal (barra = 30 μm). **c)** Filamentos de *Printzina effusa*, se indican con flechas un esporangióforo (EF) y un esporangio (E) intercalares (barra = 20 μm). **d)** Filamentos de *Trentepohlia aurea*, en las células apicales se desarrolla un capuchón de pectina (C) (barra = 50 μm). **e)** Filamentos de *Trentepohlia aurea*, se señalan esporangios en posición intercalar (E) (barra = 25 μm). **f)** Frústula de *Navicula orangiana* (barra = 10 μm). **g)** Frústula de *Pinnularia borealis* (barra = 10 μm). **h)** Frústula de *Pinnularia borealis* (barra = 10 μm). **i)** Frústula de *Pinnularia borealis* con cloroplasto en forma de H (barra = 10 μm). 104

Índice de cuadros

5.1. Registros de especies de algas y cianoprocariontes de agua dulce en el mundo y en México (LACET, 2016). Los reportes de taxones subaéreos forman parte de los dulceacuícolas.	19
5.2. Especies registradas en trabajos previos hechos en las zonas arqueológicas de Palenque, Bonampak y Yaxchilán, Chiapas, ordenadas por su clasificación biológica (Komárek, 2013; Komárek y Anagnostidis, 1998, 2005; Rindi <i>et al.</i> , 2009). Clave de trabajos que reportan estos taxones: Torres, 1993 (1); Ramírez, 2006 (2), 2012 (3); Loyo, 2009 (4), 2015 (5); Mireles, 2012 (6); Pedraza, 2014 (7). Se señalan con asterisco las entidades que no se determinaron hasta nivel de especie y que no deben confundirse con las denominadas anteriormente de forma semejante por otros autores.	20
6.1. Número de muestras por periodo de muestreo y sitio de colecta.	29
6.2. Número de muestras por localización del edificio y orientación de los muros donde se recolectaron.	30
7.1. Características ambientales durante los periodos de muestreo. Los valores estimados a través de mediciones puntuales en los sitios de colecta se señalan con un asterisco.	40
7.2. Especies determinadas en la ZA de Yaxchilán, se indican cuales especies corresponden a nuevos registros para Chiapas, incluyendo zonas arqueológicas, o para México.	53
7.3. Especies halladas en las colectas tomando como criterios la temporada en que se muestreo y el edificio. Se destacan con letras en negritas las especies encontradas en la mayoría de los periodos de colecta.	55
7.4. Especies halladas en las colectas hechas en los edificios 30, 33 y 40, considerando la temporada en que se muestreo. Se destacan con letras en negritas las especies presentes en la mayoría de los periodos de colecta.	58
7.5. Valencias ecológicas de las especies colectadas en la ZA de Yaxchilán.	64

7.6. Características de algunas especies, por tamaño de los crecimiento epilíticos, su relación con el biodeterioro y la temporada en que se colectaron. (CM, especies formadoras de crecimientos macroscópicos; EF, especies frecuentes en todas las colectas; D, desprende material de los muros; Lluvias, solo se colectaron en temporada de lluvias; Secas, solo se colectaron en temporada de secas.)	66
11.1. Relación de las claves de las muestras con respecto a la fecha de colecta, edificio y orientación de los muros donde se obtuvieron.	128

Capítulo 1

Resumen

La Zona Arqueológica de Yaxchilán, Chiapas, se encuentra en la Selva Lacandona, rodeada por un meandro del río Usumacinta, lo que la hace un lugar propicio para el desarrollo de microorganismos como algas y cianoprocariontes (cianobacterias) subaéreos. En los años 2006, 2007 y 2008, durante las temporadas de lluvias (agosto) y de secas (enero), se colectaron 135 crecimientos epilíticos de algas y cianoprocariontes de algunos monumentos de esta zona arqueológica. Los microorganismos de estos grupos fueron determinadas para conocer la riqueza de especies de este sitio. También se analizaron la composición de especies y la abundancia relativa de estas en cada muestra. Además, las especies determinadas en este estudio se compararon con las reportadas anteriormente en las zonas arqueológicas de Yaxchilán y Palenque. Fueron determinadas 49 especies en Yaxchilán, correspondientes a los órdenes Chroococcales (51 %), Nostocales (24.5 %), Oscillatoriales (6.1 %), Chlorellales (6.1 %), Trentepohliales (8.2 %) y Naviculales (4.1 %). El grupo con mayor cantidad de especies es el de los cianoprocariontes, lo que coincide con estudios previos de este tipo. En menor proporción se encuentran las Trentepohliales. Los grupos de Chlorellales y Naviculales encontrados se pueden considerar como estacionales, ya que se encontraron principalmente en la temporada de lluvias, cuando la humedad del sitio es máxima y estas condiciones ambientales les permiten sobrevivir, sin embargo, no llegan a establecerse poblaciones del tamaño como las de las especies de los otros grupos, ni a mantenerse en los mismos sitios durante la época de secas.

Palabras clave: algas, cianoprocariontes, ambientes subaéreos, riqueza de especies, monumentos arqueológicos.

Capítulo 2

Abstract

The archaeological site of Yaxchilan, Chiapas, Mexico is located in the Lacandon rain forest, surrounded by a meander of Usumacinta River, therefore, is a region with favorable conditions for the colonization of microorganisms like subaerial algae and cyanoprokaryotes (cyanobacteria). In 2006, 2007, and 2008, during the rainy (August) and dry (January) seasons, 135 samples of biofilms formed by epilithic algae and cyanoprokaryotes were collected from some buildings in this archaeological site. The microorganisms forming these biofilms were identified to know the species richness of this site. Also the species composition and the relative abundance of these taxa were analyzed for each sample. These species were compared to the previously reported species from archaeological sites of Yaxchilan and Palenque. Forty-nine species were determined in Yaxchilan, the Orders represented are Chroococcales (with 51 % of total species), Nostocales (with 24.5 %), Oscillatoriales (with 6.1 %), Chlorellales (with 6.1 %), Trentepohliales (with 8.2 %), and Naviculales (with 4.1 %). The taxon with more species was the Division Cyanoprokaryota, like in previous studies in archaeological sites in Chiapas. The Order Trentepohliales represents a lesser proportion. The found taxa Chlorellales and Naviculales may be considered like seasonal, due to these groups were collected only in the rainy season, when there is greater humidity, and these environmental conditions are suitable for the survival of those organisms, but they are not able to form such large populations as the main taxa, nor to keep in the same places during the dry season.

Keywords: algae, cyanoprokaryotes, subaerial environments, species richness, archaeological monuments.

Capítulo 3

Introducción

Se le ha llamado algas a cualquier tipo de organismo fotosintético con nivel de organización talofítico (Lee, 2008), sin embargo, esto es poco preciso, ya que bajo estos criterios se han incluido juntos procariontes y eucariontes, e incluso entre estos últimos se hallan grupos de distintos orígenes evolutivos. Por lo anterior, es necesario diferenciar a los grupos de cianoprocariontes (cianobacterias, cianofitas o algas verde-azules) de las algas eucariontes, aunque estas últimas evolucionaron a partir de diferentes ancestros con dos o más eventos de endosimbiosis, que dieron lugar a las mitocondrias y a los organelos fotosintéticos (Alberts *et al.*, 2002; Cotton, 1993; Jarvis, 2001).

Estos organismos fotosintéticos tienen la capacidad de habitar en una amplia variedad de ecosistemas. Uno de estos son los subaéreos, caracterizados por sustentarse a partir solamente de la humedad contenida en el aire (Komárek y Anagnostidis, 1998). En este ambiente habitan algas y cianoprocariontes epilíticos, formando crecimientos en forma de capas de materia orgánica, también llamados biopelículas. Además de algas y cianoprocariontes, estos crecimientos sustentan a otros organismos como bacterias, hongos e invertebrados, y llegan a ser importantes para la colonización de los musgos.

Este tipo de crecimientos de microorganismos se presenta en muchos sitios, uno de ellos son las rocas que constituyen los monumentos arqueológicos, por lo que se ha suscitado interés en su control y eliminación para la conservación del patrimonio cultural. Las investigaciones que se han hecho en torno a los crecimientos de microorganismos que se desarrollan sobre obras de arte, monumentos u otros objetos de interés histórico o cultural, se han enfocado en el biodeterioro, entendido este como la alteración de las cualidades originales de los materiales a causa de la acción directa o indirecta de los seres vivos (Allsopp *et al.*, 2004). No obstante, también existe la controversia acerca de si los crecimientos realmente son agentes de biodeterioro o si influyen en la conservación de los materiales estructurales, al evitar drásticas fluctuaciones en la cantidad de humedad contenida en los sustratos.

Se ha sostenido que el biodeterioro de materiales rocosos deriva de la producción de ácidos orgánicos producidos por bacterias, cianoprocariontes, algas, hongos y líquenes (Adamo y Violante, 2000; Banfield *et al.*, 1999; Lian *et al.*, 2008; McIlroy, 2012; Ortega-Calvo *et al.*,

1995; Perry *et al.*, 2005; Saiz-Jimenez, 1997). Sin embargo, la biosíntesis de estos compuestos sólo ha sido demostrada para algunos grupos de bacterias y hongos, que forman parte de la rizósfera (Fox y Comerford, 1990), y líquenes (McIlroy *et al.*, 2012). No obstante esto, por extensión también se han incluido a algas y cianoprocariontes, junto con bacterias y hongos, formadores de crecimientos epilíticos como productores de ácidos orgánicos. Aunque las afirmaciones de que tanto algas y cianoprocariontes producen ácidos orgánicos y son responsables del biodeterioro del patrimonio cultural material son comunes en la literatura, no existen fuentes que precisen cuáles son las especies que producen dichas sustancias, algunos autores se limitan a determinar hasta nivel de clase, otros de género, y pocos son los trabajos donde se llega a determinar las especies que forman los tapetes microbianos sobre las rocas de monumentos culturales. De 42 artículos publicados entre 1990 y 2015, 5 reportan algas y cianoprocariontes hasta nivel de especie (Caneva *et al.*, 2005; Cutler y Viles, 2010; Hallman, 2015; Macedo *et al.*, 2009; Martínez y Asencio, 2010). Dado que es inadecuado hacer extrapolaciones de las características de ciertas especies a otras que pueden estar o no muy relacionadas filogenéticamente, el planteamiento básico de este tipo de investigaciones debería incluir la identificación de los organismos hasta nivel de especie. Como esto no se ha realizado habitualmente, el conocimiento de las especies de algas y cianoprocariontes y su relación con el biodeterioro aún está incompleto. Incluso, algunas investigaciones parten del supuesto de que la presencia de estos seres vivos es perjudicial (Adamo y Violante, 2000; Ariño *et al.*, 1996; Ascaso *et al.*, 2002; Banfield *et al.*, 1999; Caneva *et al.*, 2005; Castañeda *et al.*, 2008; Crispim *et al.*, 2006; Cutler y Viles, 2010; Farooq *et al.*, 2015; Hernández-Mariné y Roldán-Molina, 2012; Hoppert *et al.*, 2004; Lian *et al.*, 2008; López-Moreno *et al.*, 2014; McIlroy *et al.*, 2012; McIlroy *et al.*, 2014; McNamara y Mitchell, 2005; McNamara *et al.*, 2006; Ortega-Calvo *et al.*, 1995; Ortega-Morales, B. O. 2006a; Ortega-Morales, B. O. 2006b; Ortega-Morales *et al.*, 2013; Ortega-Morales *et al.*, 1999; Pandey *et al.*, 2011; Scheerer *et al.*, 2009; Tomaselli *et al.*, 2000; Videla y Guiamet, 2000; Videla *et al.*, 2003; Wakefield y Jones, 1998), y, salvo algunas excepciones (Cutler *et al.*, 2013; Herrera y Videla, 2004; McIlroy, 2014; Pinna, 2014; Sternberg, 2011), no se evalúa si estos crecimientos proporcionan algún tipo de protección, por ejemplo, contra el intemperismo o el desarrollo de una flora perjudicial.

El conocimiento que se ha producido acerca de estos microorganismos se ha empleado principalmente para proponer estrategias de control que ayuden a la conservación de los bienes culturales. Independientemente de esto, es necesario conocer la diversidad biológica del mundo, especialmente en las regiones tropicales, donde se encuentra México, por ser de las regiones que albergan la mayor cantidad de especies, y donde hacen falta más estudios de biodiversidad. Además, la importancia de hacer estas investigaciones es mayor en esta época, en la que el cambio climático causado por las actividades humanas y el uso no sustentable de los recursos naturales pone en riesgo de desaparecer a millones de especies de las que aún no se sabe nada. Sólo con la información acerca de la biodiversidad se podrán planear estrategias para su conservación.

Capítulo 4

Objetivos

- Objetivo general:
 - Caracterizar a los cianoprocariontes y a las algas epilíticas de los monumentos de la ZA de Yaxchilán, Chiapas.
- Objetivos particulares:
 - Identificar y documentar las especies de cianoprocariontes y algas de las biopelículas que crecen sobre los monumentos arqueológicos.
 - Comparar la riqueza de especies de cianoprocariontes y algas de Yaxchilán con la riqueza registrada para Palenque.
 - Evaluar el efecto de los factores ambientales, como la humedad, la temperatura y el nivel de exposición a la luz solar, sobre la distribución y abundancia de estas algas y cianoprocariontes.

Capítulo 5

Antecedentes

5.1. Hábitats de las especies de cianoprocariontes y algas de agua dulce registrados en el mundo

Los ambientes de agua dulce donde habitan las algas y los cianoprocariontes incluyen tanto cuerpos de agua, como lagos o ríos, y sitios donde no hay corrientes de agua líquida y donde la vida depende de la humedad presente en el aire. Estos son los llamados ambientes subaéreos o subaerofíticos (Komárek y Anagnostidis, 1998). En el Cuadro 5.1 se muestra el número de especies conocidas, de las divisiones Cyanoprokaryota, Chlorophyta y Bacillariophyta, en el mundo y en México, tanto dulceacuícolas como subaéreas. Como se puede ver en el Cuadro 5.1, del total mundial de especies de estas divisiones, la mayoría de las especies son marinas, excepto el caso de las Chlorophyta, donde la mayor proporción es dulceacuícola. También se destaca que la división Bacillariophyta es la que tiene el mayor número de especies conocidas. Pero, para los ambientes subaéreos, las proporciones cambian, siendo la División Cyanoprokaryota la que cuenta con la mayor cantidad de especies.

5.2. Cianoprocariontes y algas de la Zona Arqueológica de Palenque

En la Zona Arqueológica (ZA) de Palenque se han realizado varios estudios acerca de la composición biológica de los crecimientos de microorganismos que se desarrollan sobre las rocas que constituyen los monumentos arqueológicos (Loyo, 2009, 2015; Mireles, 2012; Pedraza, 2014; Ramírez, 2006, 2012; Torres, 1993), los cuales se han podido realizar gracias al apoyo financiero de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través de los proyectos IN214606-3 e IN221811-3 del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) y de la colaboración del Instituto Nacional de Arqueología e Historia (INAH), a través de la Coordinación de Conservación y Restauración del Patrimonio

Cuadro 5.1: Registros de especies de algas y cianoprocariontes de agua dulce en el mundo y en México (LACET, 2016). Los reportes de taxones subaéreos forman parte de los dulceacuícolas.

Taxón	Especies registradas en el mundo			En México	
	Total	Dulceacuícolas	Subaéreas	Dulceacuícolas	Subaéreas
Cyanoprokaryota	4498	1966	312	742	230
Chroococcales	1650	638	111	278	84
Oscillatoriales	1370	887	125	311	91
Nostocales	1346	416	77	147	54
Chlorophyta	6250	6529	225	1106	74
Trentepohliales	114	63	30	10	7
Chlorellales	487	1539	30	367	16
Bacillariophyta	14164	3029	249	1587	164
Naviculales	4795	1139	96	553	56

Cultural, por lo que en los primeros análisis (Ramírez, 2006, 2012; Torres, 1993) se le dio mayor peso a la prevención del biodeterioro y se hicieron algunas propuestas de control de los crecimientos microbianos. Los estudios posteriores (Loyo, 2015; Mireles, 2012; Pedraza, 2014) se han ocupado de documentar la riqueza de especies y la ecología de cianoprocariontes y algas y comprender los requerimientos ecológicos y fisiológicos que explican su presencia en ambientes subaéreos.

La ZA de Yaxchilán se encuentra dentro de una región declarada como Monumento Natural, por incluir en el mismo territorio tanto vestigios de la civilización maya como una porción conservada de la selva Lacandona (CONANP-SEMARNAT, 2010). En el Monumento Natural Yaxchilán se han realizado estudios sobre la biodiversidad, enfocados en las plantas embriofitas (Meave *et al.*, 2008; Valle, 2000), las aves (Puebla-Olivares *et al.*, 2002), la herpetofauna (Ferreira-García, 2005) y en una familia de cianoprocariontes (Pedraza, 2014). El conocimiento acerca de las algas y cianoprocariontes de este sitio está en sus fases iniciales, ya que a la fecha solo se han reconocido 9 especies, entre las cuales se encuentran: *Nostoc microscopicum*, *Trentepohlia aurea* (Herbert, 1995), *Petalonema crassum*, *P. densum*, *Scytonema drilosiphon*, *Scy. evanescens*, *Scy. hofmannii*, *Scy. javanicum* y *Scy. ocellatum* (Pedraza, 2014).

Se han descrito 159 taxones, sin embargo, no se han podido determinar todos a nivel de especie, por lo que esta cifra debe considerarse con reservas (Cuadro 5.2).

Cuadro 5.2: Especies registradas en trabajos previos hechos en las zonas arqueológicas de Palenque, Bonampak y Yaxchilán, Chiapas, ordenadas por su clasificación biológica (Komárek, 2013; Komárek y Anagnostidis, 1998, 2005; Rindi *et al.*, 2009). Clave de trabajos que reportan estos taxones: Torres, 1993 (1); Ramírez, 2006 (2), 2012 (3); Loyo, 2009 (4), 2015 (5); Mireles, 2012 (6); Pedraza, 2014 (7). Se señalan con asterisco las entidades que no se determinaron hasta nivel de especie y que no deben confundirse con las denominadas anteriormente de forma semejante por otros autores.

Taxón	1	2	3	4	5	6	7
División Cyanoprokaryota							
Orden Chroococcales							
Familia Chroococcaceae							
<i>Asterocapsa divina</i> Komárek 1993			x				
<i>Asterocapsa</i> sp.		x					
<i>Chondrocystis dermochroa</i> (Nägeli) Komárek et Anagnostidis 1995				x			
<i>Chroococcus</i> cf. <i>schizodermaticus</i> West 1892		x					
<i>Chroococcus</i> cf. <i>tenax</i> (Kirchner) Hieronymus 1892				x			
<i>Chroococcus cohaerens</i> (Brébisson) Nägeli 1849	x				x		
<i>Chroococcus cubicus</i> Gardner 1927				x			
<i>Chroococcus helveticus</i> Nägeli 1849					x		
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann 1898 ¹	x						
<i>Chroococcus lithophilus</i> Ercegović 1925				x			
<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli 1849	x						
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli 1849	x						
<i>Chroococcus montanus</i> Hansgirg 1937					x		
<i>Chroococcus multicoloratus</i> R.D. Wood 1869	x						
<i>Chroococcus muralis</i> Gardner 1927					x		
<i>Chroococcus</i> sp. 1			x	x			
<i>Chroococcus</i> sp. 1*				x	x		
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli 1849	x						
<i>Chroococcus turicensis</i> (Nägeli) Hansgirg 1887					x		
<i>Chroococcus varius</i> A. Braun in Rabenhorst 1861	x			x	x		
<i>Gloeocapsopsis cyanea</i> (Krieger) Komárek et Anagnostidis 1994						x	
<i>Gloeocapsopsis dvorakii</i> (Nováček) Komárek et Anagnostidis 1993						x	
<i>Gloeocapsopsis magma</i> (Brébisson) Komárek et Anagnostidis 1993						x	
<i>Gloeocapsopsis</i> sp. 1*					x		

¹Sinónimo de *Limnococcus limneticus* (Lemmermann) Komárkova, Jezberová, O. Komárek et Zapomelová 2010.

Taxón	1	2	3	4	5	6	7
<i>Gloeocapsopsis</i> sp. 2					X		
<i>Gloeocapsopsis</i> sp. 3					X		
<i>Gloeocapsopsis</i> sp. 4					X		
<i>Gloeocapsopsis</i> sp. 5					X		
<i>Gloeocapsopsis</i> sp. 1				X			
<i>Pseudocapsa dubia</i> Ercegović 1925					X		
Familia Cyanothecaceae							
<i>Cyanothece</i> sp. 1		X					
<i>Cyanothece</i> sp. 2		X					
Familia Entophysalidaceae							
<i>Chlorogloea microcystoides</i> Geitler 1925	X				X		
<i>Chlorogloea novacekii</i> Komárek et Montejano 1994					X		
<i>Chlorogloea</i> sp. 1					X		
<i>Chlorogloea</i> sp. 2					X		
<i>Chlorogloea</i> sp. 3					X		
<i>Entophysalis</i> sp.					X		
Familia Gomphosphaeriaceae							
<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kützing 1836	X						
Familia Hyellaceae							
<i>Cyanosarcina parthenonensis</i> Anagnostidis in Anagnostidis et Pantazidou 1991					X		
<i>Cyanosarcina</i> sp. 1				X			
<i>Myxosarcina spectabilis</i> Geitler 1933 ²	X						
<i>Pleurocapsa</i> sp.					X		
Familia Merismopediaceae							
<i>Aphanocapsa bififormis</i> A. Braun in P. Richter 1879	X						
<i>Aphanocapsa fusco-lutea</i> Hansgirg 1892					X		
<i>Aphanocapsa intertexta</i> Gardner 1927					X		
<i>Aphanocapsa muscicola</i> (Meneghini) Wille 1919				X	X		
<i>Aphanocapsa parietina</i> (Nägeli ex Kützing) Nägeli 1849		X					
<i>Aphanocapsa</i> sp. 1				X			
<i>Synechocystis pevalekii</i> Ercegović 1925				X			
Familia Microcystaceae							
<i>Gloeocapsa acervata</i> Gardner 1927					X		
<i>Gloeocapsa aeruginosa</i> Kützing 1843				X	X		
<i>Gloeocapsa alpina</i> (Nägeli) Brand 1865					X		
<i>Gloeocapsa atrata</i> Kützing 1845				X			
<i>Gloeocapsa bififormis</i> Ercegović 1925					X		
<i>Gloeocapsa bituminosa</i> (Bory) Kützing 1849					X		
<i>Gloeocapsa calcarea</i> Kützing 1843	X						

²Sinónimo de *Cyanosarcina spectabilis* (Geitler) Kováčik 1998.

Taxón	1	2	3	4	5	6	7
<i>Gloeocapsa calcicola</i> Gardner 1927		x					
<i>Gloeocapsa caldariorum</i> Rabenhorst 1865				x	x		
<i>Gloeocapsa compacta</i> Kützing 1845					x	x	
<i>Gloeocapsa decorticans</i> (A. Braun) P. Richter in Wille 1925	x						
<i>Gloeocapsa dermochroa</i> Nägeli ex Kützing 1849 ³	x						
<i>Gloeocapsa fusco-lutea</i> (Nägeli) Kützing 1849					x		
<i>Gloeocapsa gelatinosa</i> (Meneghini) Kützing 1843					x		
<i>Gloeocapsa kuetzingiana</i> Nägeli ex Kützing 1849	x						
<i>Gloeocapsa polydermatica</i> Kützing 1846 ⁴	x						
<i>Gloeocapsa punctata</i> Nägeli 1849					x		
<i>Gloeocapsa quaternata</i> Kützing 1846	x	x		x			
<i>Gloeocapsa rupestris</i> Kützing 1847	x						
<i>Gloeocapsa sanguinea</i> (Agardh) Kützing 1843					x		
<i>Gloeocapsa</i> sp. 1				x			
<i>Gloeocapsa</i> sp. 2				x			
<i>Gloeocapsa</i> sp. 3				x			
<i>Gloeocapsa</i> sp. 1*					x		
<i>Gloeocapsa</i> sp. 2*					x		
<i>Gloeocapsa stegophila</i> (Itzigsohn) Rabenhorst 1863	x						
<i>Microcystis elabens</i> (Brébisson) Kützing 1846 ⁵	x						
Familia Synechococcaceae							
<i>Aphanothece caldariorum</i> Richter 1880					x		
<i>Aphanothece castagnei</i> (Brébisson) Rabenhorst 1865		x	x	x	x		
<i>Aphanothece saxicola</i> Nägeli 1849				x	x		
<i>Aphanothece</i> sp. 1				x			
<i>Aphanothece</i> sp. 2				x			
<i>Aphanothece stagnina</i> (Sprengel) A. Braun in Rabenhorst 1863	x						
<i>Coelosphaerium naegelianum</i> Unger 1854 ⁶	x						
<i>Gloeothece confluens</i> Nägeli 1849					x		
<i>Gloeothece cyanochroa</i> Komárek 1995					x		
<i>Gloeothece palea</i> (Kützing) Rabenhorst 1865		x	x	x	x		
<i>Gloeothece rupestris</i> (Lyngbye) Bornet in Wittrock et Nordstedt 1880					x		
<i>Gloeothece samoensis</i> Wille 1913	x						
<i>Gloeothece</i> sp. 1				x			

³Sinónimo de *Chondrocystis dermochroa* (Nägeli) Komárek et Anagnostidis 1995.

⁴Sinónimo de *Sporotetras polydermatica* (Kützing) I. Kostikov, T. Darienko, A. Lukesová et L. Hoffmann 2002.

⁵Sinónimo de *Aphanothece elabens* (Brébisson ex Meneghini) Elenkin 1938.

⁶Sinónimo de *Woronichinia naegeliana* (Unger) Elenkin 1933.

Taxón	1	2	3	4	5	6	7
<i>Gloethece tepidariorum</i> (A. Braun) Lagerheim 1883					x		
<i>Synechococcus elongatus</i> (Nägeli) Nägeli 1849				x			
Orden Nostocales							
Familia Fortiaceae							
<i>Aulosira fertilissima</i> Ghose 1923	x						
<i>Aulosira</i> sp.					x		
Familia Hapalosiphonaceae							
<i>Hapalosiphon welwitschii</i> West et G.S. West 1897					x		
<i>Westiellopsis</i> sp. 1					x		
<i>Westiellopsis</i> sp. 2					x		
<i>Westiellopsis</i> sp. 3					x		
<i>Westiellopsis</i> sp. 4					x		
<i>Westiellopsis</i> sp. 5					x		
<i>Westiellopsis</i> sp. 6					x		
Familia Microchaetaceae							
<i>Microchaete</i> sp.					x		
Familia Nostocaceae							
<i>Nostoc commune</i> Vaucher ex Bornet et Flahault 1888	x		x				
<i>Nostoc microscopicum</i> Carmichael ex Bornet et Flahault 1888					x		
<i>Nostoc</i> sp.		x					
<i>Nostoc</i> sp. 1					x		
<i>Nostoc</i> sp. 2					x		
<i>Nostoc</i> sp. 3					x		
<i>Nostoc</i> sp. 4					x		
<i>Nostoc</i> sp. 5					x		
<i>Nostoc</i> sp. 6					x		
<i>Nostoc</i> sp. 7					x		
<i>Nostoc</i> sp. 8					x		
<i>Nostoc</i> sp. 9					x		
<i>Nostoc</i> sp. 10					x		
<i>Nostoc</i> sp. 11					x		
Familia Rivulariaceae							
<i>Calothrix fusca</i> (Kützing) Bornet et Flahault 1885					x		
Familia Scytonemataceae							
<i>Petalonema crassum</i> (Nägeli in Kützing) Migula 1907							x
<i>Petalonema densum</i> (Bornet ex Bornet et Flahault) Migula 1907							x
<i>Petalonema incrustans</i> Komárek 2012							x
<i>Scytonema (Myochrotes) amplum</i> West et G.S. West 1895							x
<i>Scytonema (Myochrotes) multiramosum</i> Gardner 1927							x

Taxón	1	2	3	4	5	6	7
<i>Scytonema (Myochrotes) myochrous</i> (Dillwyn) C. Agardh ex Bornet et Flahault 1886	x						x
<i>Scytonema (Myochrotes) tolypothrichoides</i> Kützing ex Bornet et Flahault 1886							x
<i>Scytonema bohneri</i> Schmidle 1901							x
<i>Scytonema cincinnatum</i> (Kützing) Thuret ex Bornet et Flahault 1887							x
<i>Scytonema drilosiphon</i> (Kützing) Elenkin et Poljanskij 1922							x
<i>Scytonema evanescens</i> Gardner 1927							x
<i>Scytonema guyanense</i> Bornet et Flahault 1888		x	x			x	
<i>Scytonema hofmannii</i> Agardh ex Bornet et Flahault 1887							x
<i>Scytonema javanicum</i> (Kützing) Bornet ex Bornet et Flahault 1887					x		x
<i>Scytonema kwangsiense</i> Jao 1944							x
<i>Scytonema malaviyaensis</i> Bharadwaja 1930					x		
<i>Scytonema millei</i> Bornet 1880	x				x		
<i>Scytonema minus</i> (Schmidle) Lemmermann 1907							x
<i>Scytonema mirabile</i> Bornet 1889	x						
<i>Scytonema ocellatum</i> (Dillwyn) Lyngbye ex Bornet et Flahault 1887							x
<i>Scytonema pascheri</i> Bharadwaja 1934					x		
<i>Scytonema pseudoguyanense</i> Bharadwaja 1934					x		
<i>Scytonema schmidtii</i> Gomont 1901					x		
<i>Scytonema stuposum</i> Bornet ex Bornet et Flahault 1886	x						
<i>Scytonema subtile</i> K. Möbius 1892					x		
<i>Scytonema varium</i> Kützing ex Bornet et Flahault 1887							x
Familia Stigonemataceae							
<i>Stigonema</i> sp.					x		
Orden Oscillatoriales							
Familia Oscillatoriaceae							
<i>Lyngbya</i> sp.					x		
Familia Phormidiaceae							
<i>Phormidium</i> sp. 1					x		
<i>Phormidium</i> sp. 2					x		
Familia Pseudanabaenaceae							
<i>Leptolyngbya cebennensis</i> (Gomont) Umezaki et Watanabe 1994						x	
<i>Leptolyngbya compacta</i> (Kützing ex Hansgirg) Komárek in Anagnostidis 2001		x				x	

Taxón	1	2	3	4	5	6	7
<i>Leptolyngbya laminosa</i> (Gomont ex Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988						x	
<i>Leptolyngbya</i> sp.			x				
<i>Schizothrix</i> cf. <i>bosniaca</i> (Forti) Geitler 1932		x					
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Agardh ex Gomont) Anagnostidis 1989					x		
Familia Microcoleaceae							
<i>Microcoleus chthonoplastes</i> Thuret ex Gomont 1892 ⁷	x						
División Chlorophyta							
Orden Trentepohliales							
Familia Trentepohliaceae							
<i>Trentepohlia aurea</i> (Linnaeus) C.F.P. Martius 1817	x	x	x				

⁷Sinónimo de *Coleofasciculus chthonoplastes* (Thuret ex Gomont) M. Siegesmund, J.R. Johansen et T. Friedl in Siegesmund *et al.* 2008.

Capítulo 6

Materiales y métodos

6.1. Área de estudio

La ZA de Yaxchilán está en el municipio de Ocosingo, Chiapas, se encuentra flanqueada por un meandro del Río Usumacinta, correspondiente a la frontera entre México y Guatemala. El área tratada en este estudio se restringe a la zona con los principales monumentos arqueológicos, localizados entre las coordenadas $16^{\circ}54'7.2''$, $16^{\circ}53'43.2''$ N y $90^{\circ}59'35.7''$, $90^{\circ}58'45.3''$ O (Figuras 6.1 y 6.2).

La composición geológica de la capa superficial es de roca caliza del Cretácico Superior, debido al clima tropical de la región, se ha formado un entorno cárstico, con colinas circulares, pequeñas cuevas y cuencas de disolución; la altitud varía entre 80 y 260 m s.n.m.; el clima es de tipo Amw, tropical monzónico con invierno seco, y la temperatura media anual es de 25.5°C ; la época de mayor precipitación es de mayo a octubre y la de menor de febrero a abril, la precipitación pluvial media anual es de 2000 a 2300 mm; los vientos principales provienen del sur (INAH, 2013); los suelos prevalecientes son rendzinas poco profundas con alto contenido de arcilla y materia orgánica en la capa superficial, y litosoles someros de menos de 10 cm de profundidad; la vegetación es una composición de bosque tropical lluvioso y bosque mesófilo de montaña (Meave *et al.*, 2008). Esta zona arqueológica cuenta con aproximadamente 40 edificios y estelas, con numerosas inscripciones y relieves (INAH, 2013)

Los edificios y estelas fueron construidos por los mayas en el Periodo Clásico, entre los años 238 a 849 de nuestra era, emplearon roca calcárea proveniente de las canteras de la misma región (García, 2003). Los trabajos arqueológicos y de restauración de la zona se realizaron en las décadas de 1970 y 1980 (García, 2003).

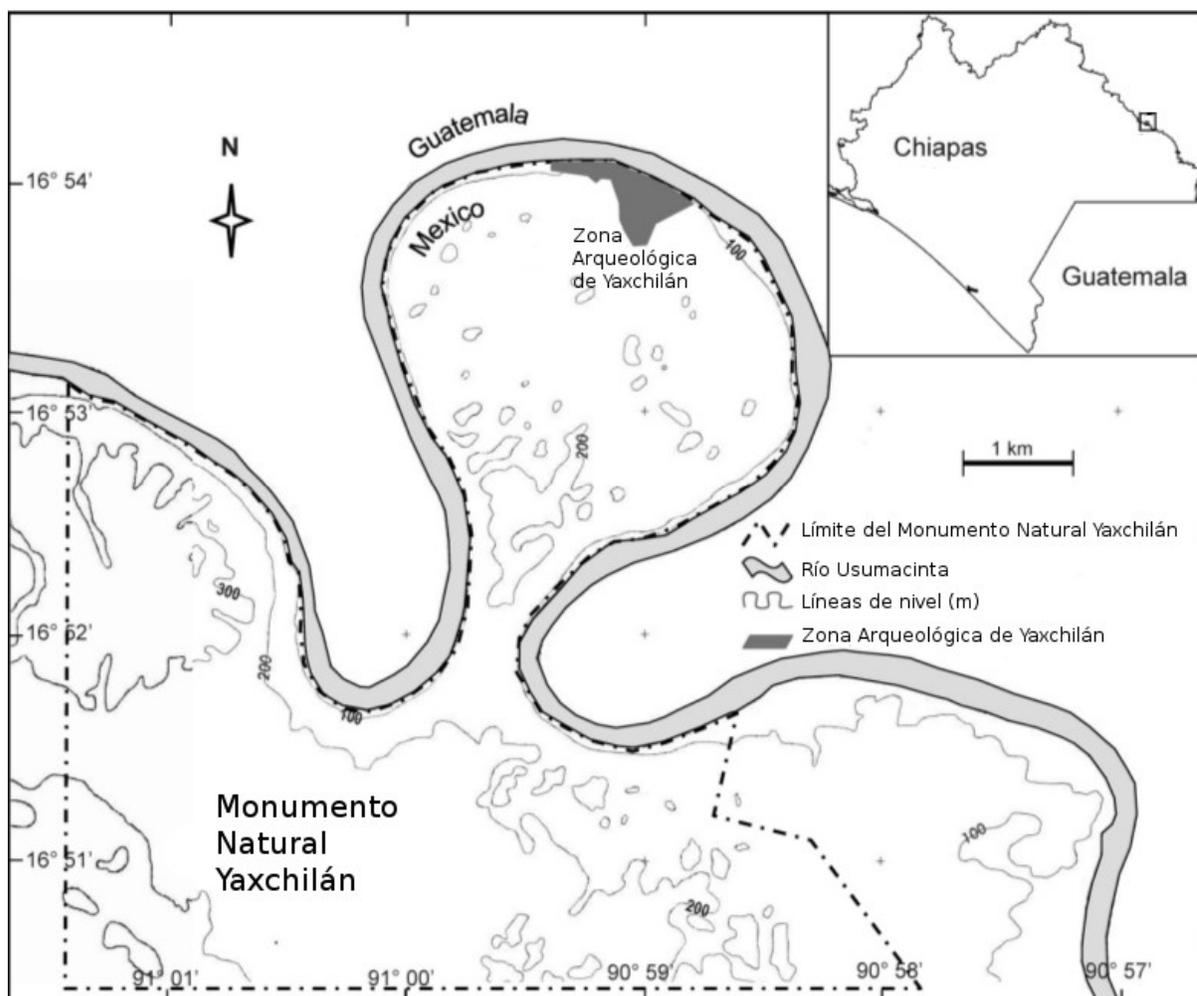


Figura 6.1: Localización de la Zona Arqueológica de Yaxchilán (área sombreada), dentro de los límites del Monumento Natural Yaxchilán, Chiapas (modificado de Meave *et al.*, 2008).

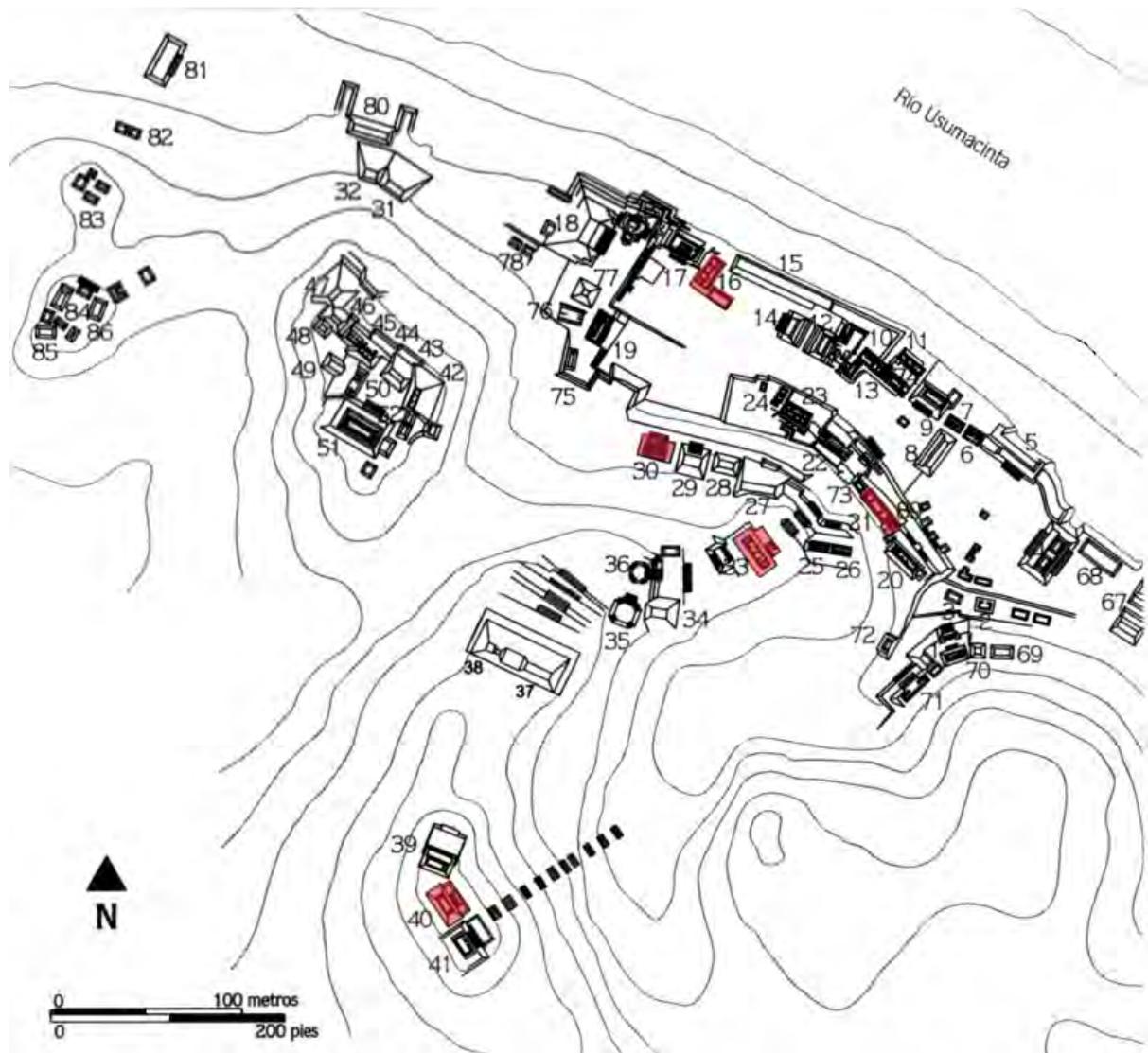


Figura 6.2: ZA de Yaxchilán, los edificios donde se tomaron las muestras de crecimientos epilíticos se muestran sombreados con rojo (modificado de García, 2003).

Cuadro 6.1: Número de muestras por periodo de muestreo y sitio de colecta.

Edificio	Agosto 2006	Enero 2007	Agosto 2007	Enero 2008	Agosto 2008	Total
16	13	12	16	20	10	71
21		19	12		23	54
30	1					1
33	6					6
40	2	1				3
Total	22	32	28	20	33	135

6.2. Recolección de muestras

Se hicieron 5 colectas durante el periodo de 2006 a 2008, abarcando dos épocas una de lluvias (agosto) y otra de secas (enero). Las muestras fueron obtenidas de 5 monumentos (Figura 6.2, p. 28), correspondientes a los edificios 16 (Figura 6.3), 21 (Figura 6.4), 30 (Figura 6.5), 33 (Figura 6.6) y 40 (Figura 6.7) (Cuadros 6.1 y 6.2), que dieron lugar a 135 muestras de crecimientos de microorganismos, principalmente de algas y cianoprocariontes. La colecta de muestras de los crecimientos epilíticos de los muros de los edificios dependió en primera instancia de los permisos otorgados por el Departamento Jurídico del INAH, y en segunda, de la observación de los crecimientos visibles *in situ*. Se procuró coleccionar muestras con diferentes morfologías macroscópicas, y, posiblemente, con distinta composición de especies. Para la toma de las muestras, se emplearon los métodos mencionados por Loyo (2015) y Mireles (2012), que básicamente consistieron en tomar fragmentos de 1 cm² de las películas microbianas halladas creciendo sobre los muros, las cuales se guardaron en sobres de papel y se fijaron, como se describe más adelante. Los edificios más representados en los muestreos son el 16 y el 21, que en conjunto suman 125 muestras, mientras que de los edificios restantes solo se contó con 10 muestras. Por ello, los datos de los edificios 30, 33 y 40, no se incluyeron en los análisis estadísticos, y solo se reporta la información referente a las especies halladas en estos, que se puede consultar en la sección de las Descripciones en los Resultados.

6.3. Procesamiento de las muestras

Después de coleccionar las muestras de los muros de los edificios, estas se dividieron en dos partes, una que se fijó en formol al 3% y otra que se guardó en sobres de papel. En el laboratorio, una fracción de las muestras preservadas en formol se usó para elaborar, por triplicado, preparaciones semipermanentes con la técnica de la gelatina glicerizada. Las muestras guardadas en sobres se deshidrataron para conservarlas herborizadas.

Las preparaciones semipermanentes, las muestras preservadas en líquido y las herborizadas se depositaron en la colección de Biodeterioro Algal (BA) del Herbario de la Facultad de Ciencias (FCME), en resguardo por el Laboratorio de Algas Continentales, Ecología y

Cuadro 6.2: Número de muestras por localización del edificio y orientación de los muros donde se recolectaron.

Edificio	Coordenadas	Altitud (m s.n.m.)	NE	NNE	NO	SE	SO	Interior	Sin especificar
16	16°54'00.84" N 90°57'54.13" O	119	6		2	20		20	23
21	16°53'56.48" N 90°57'50.99" O	139	17				1	14	22
30	16°53'57.01" N 90°57'54.46" O	149		1					
33	16°53'55.27" N 90°57'53.32" O	151							6
40	16°53'48.37" N 90°57'59.86" O	184							3
Total por orientación			23	1	2	20	1	34	54

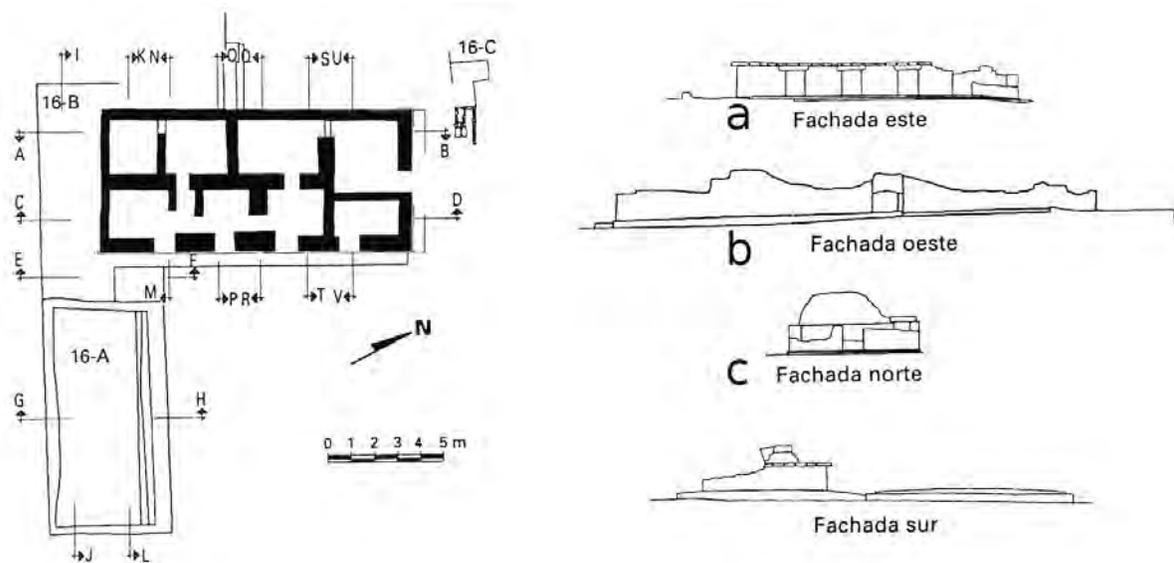


Figura 6.3: Edificio 16, se indican las orientaciones de los muros muestreados: a) fachada este, al SE; b) fachada oeste, al NO, y c) fachada norte, al NE. (Modificado de García, 2003.)

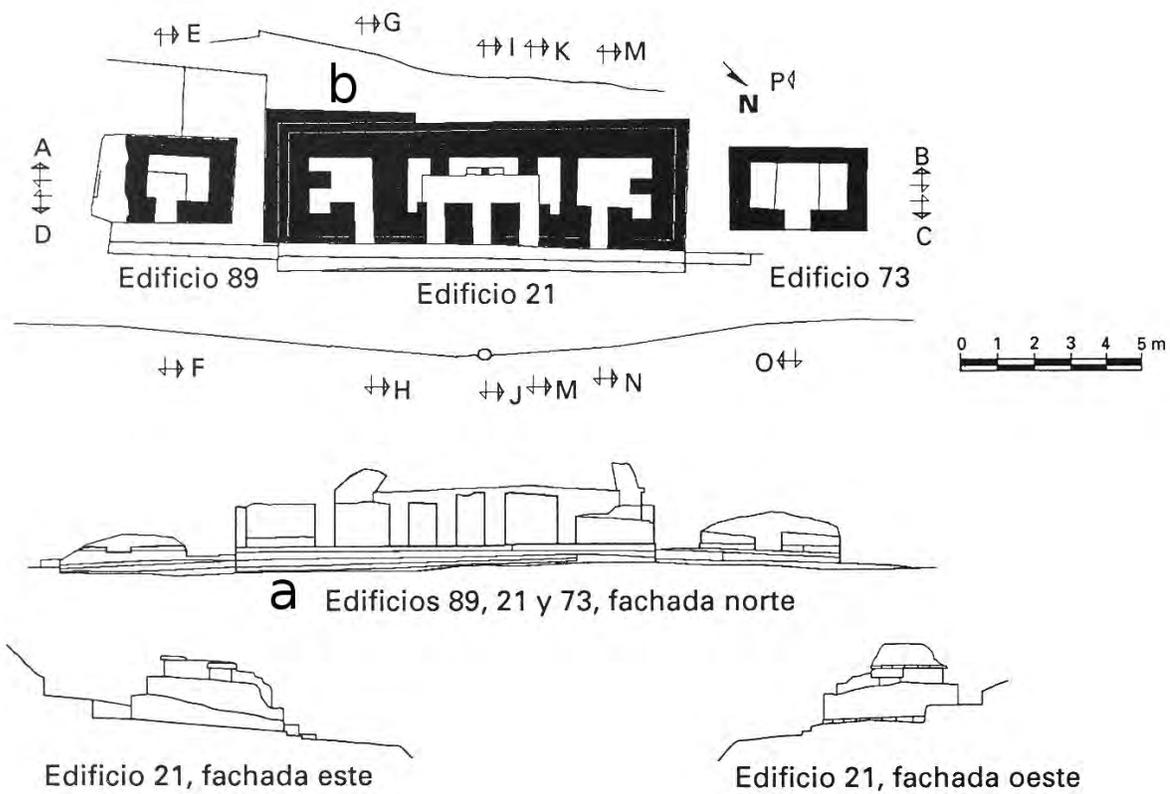


Figura 6.4: Edificio 21, se indican las orientaciones de los muros muestreados: a) fachada norte, al NE, y b) fachada sur, al SO. (Modificado de García, 2003.)

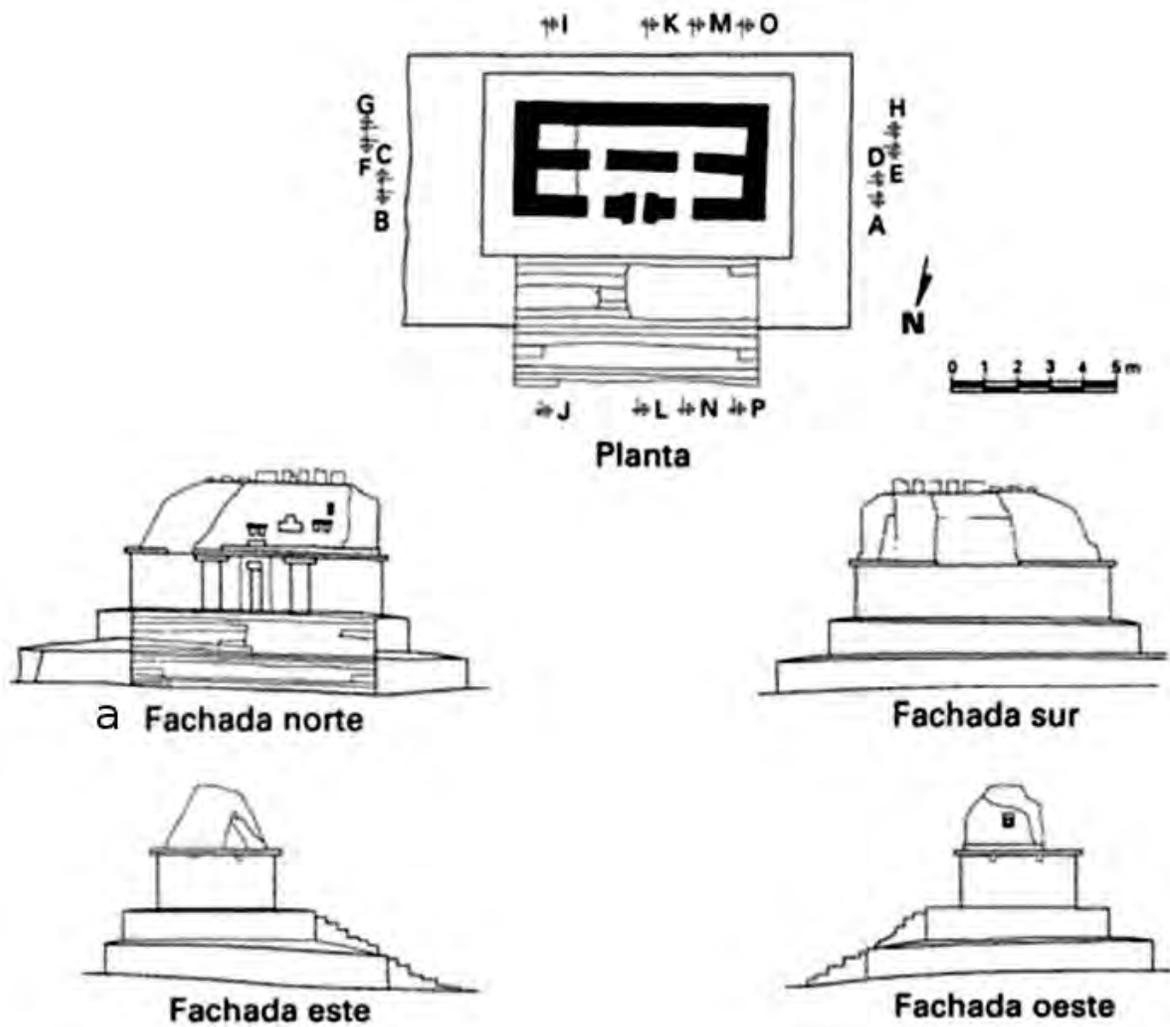


Figura 6.5: Edificio 30, se indican las orientaciones de los muros muestreados: a) fachada norte, al NNE. (Modificado de García, 2003.)

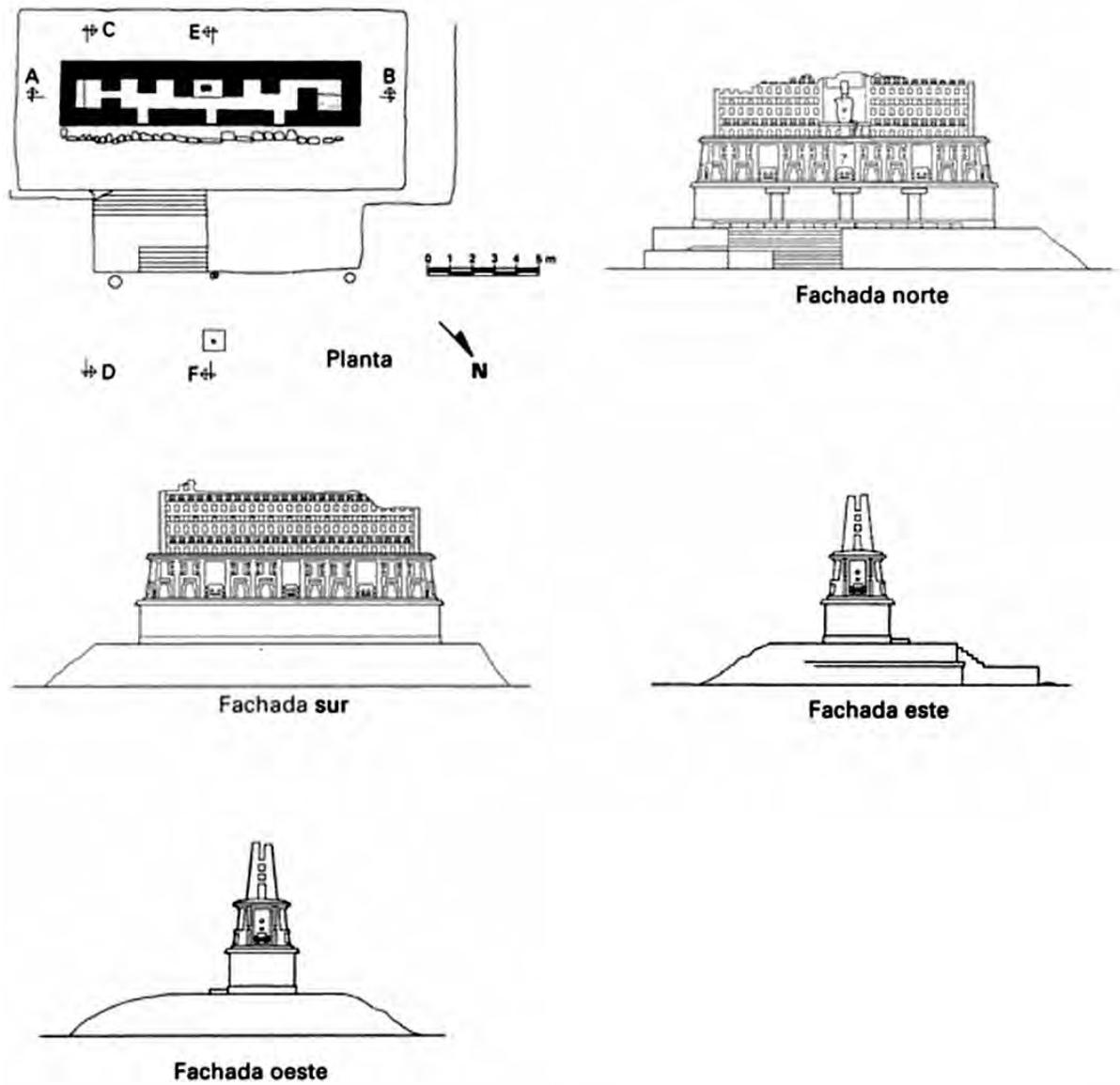


Figura 6.6: Edificio 33. (Modificado de García, 2003.)

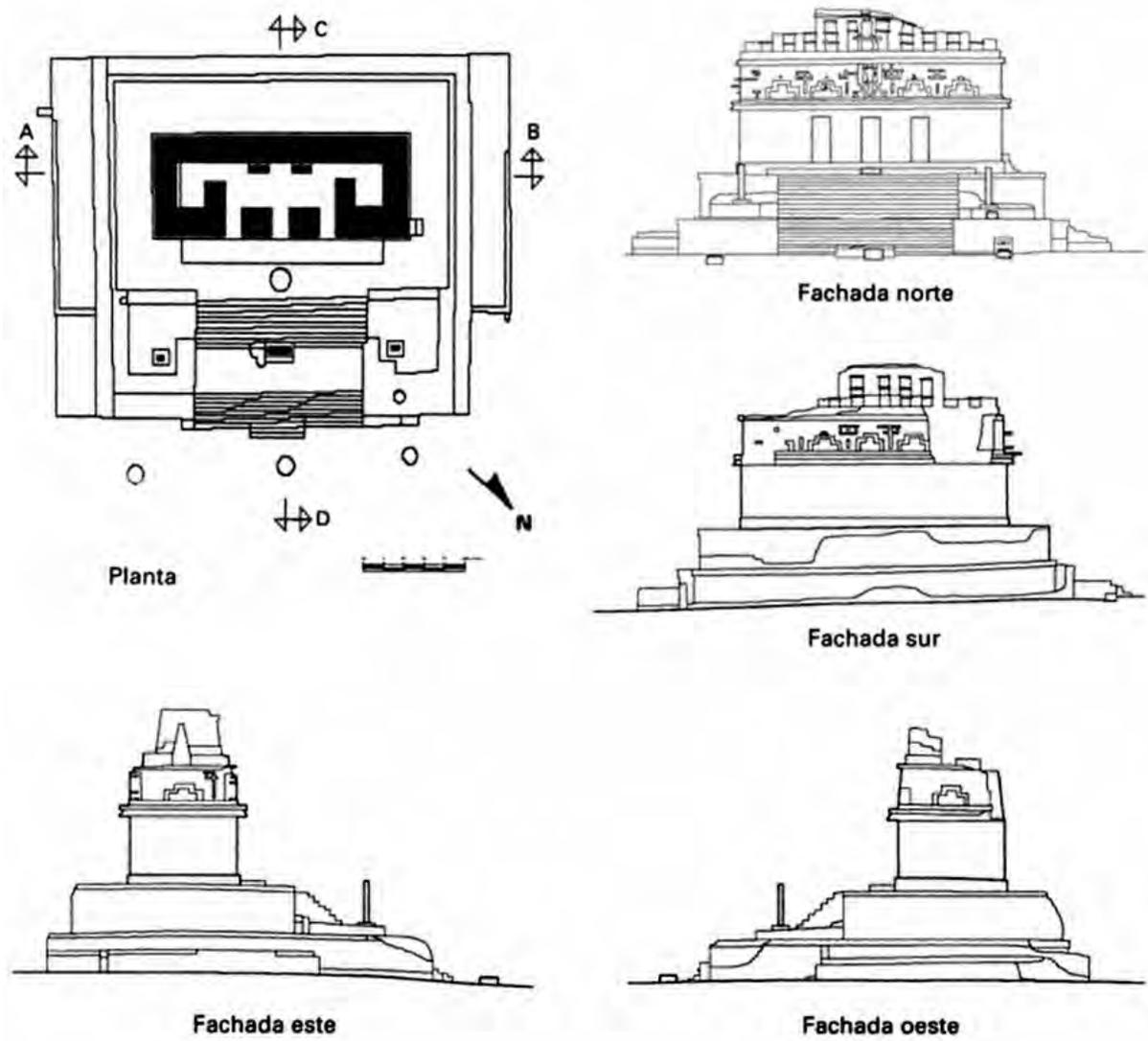


Figura 6.7: Edificio 40. (Modificado de García, 2003.)

Taxonomía (LACET), de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

6.4. Registro de datos de caracteres macroscópicos de crecimientos epilíticos y factores ambientales en campo

Se registraron algunos caracteres macroscópicos de las biopelículas, como coloración, textura, tipo de crecimiento y adherencia al sustrato, y se hicieron fotografías de su aspecto general.

Las variables ambientales medidas fueron temperatura, humedad relativa, cantidad de luz (como radiación fotosintéticamente activa o PAR¹, medida en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), dirección y velocidad del viento, mediante una estación meteorológica portátil HOBO Micro Station (Onset Computer). Las variables microambientales medidas en los puntos donde se colectó fueron: temperatura (termómetro infrarrojo DeltaTrack, ThermoTrace), humedad relativa, humedad vertical (HV) y humedad horizontal (HH) interna de las rocas (protímetro Surveymaster, GE).

6.5. Determinación de especies y estimación de su grado de dominancia

La observación de los taxones de algas y cianoprocariontes de las preparaciones semipermanentes se hizo con microscopía fotónica utilizando las técnicas de campo claro y contraste interdiferencial (Nikon Eclipse 80i y Nikon Optiphot) y se tomaron fotografías digitales (cámara fotográfica ProgRes CT3, Jenoptik, con el software ProgRes Capture Pro 2.8.8, Jenoptik; cámara fotográfica Nikon Coolpix S10).

Para la identificación de los taxones de cianoprocariontes y algas se empleó bibliografía especializada y los textos de las investigaciones antecedentes de la zona arqueológica de Palenque (Frémy, 1930; Gardner, 1927; Komárek, 2013; Komárek y Anagnostidis, 1998, 2005; Loyo, 2009, 2015; Mireles, 2012; Novelo, 2012a; Pedraza, 2014; Printz, 1921; Ramírez, 2006; Round *et al.*, 1990; Torres, 1993).

Se recabaron dos tipos de datos, la presencia de los taxones y el grado de dominancia relativa de una especie en una muestra, considerando el porcentaje de biomasa que representó del total. Con esta información se elaboró una matriz de frecuencia, para determinar cuáles son las especies dominantes (aparecen en 61-100 % de las muestras), subdominantes (presentes en 21-60 % de las muestras) o adominantes (halladas en 1-20 % de las muestras) usando la escala propuesta por Wasylik (Wasylik, 1965) y modificada por Novelo (Novelo, 2012b).

¹PAR, acrónimo de photosynthetically active radiation.

Las especies presentes en Yaxchilán se compararon con las de Palenque registradas anteriormente (Loyo, 2009, 2015; Mireles, 2012; Pedraza, 2014; Printz, 1921; Ramírez, 2006; Torres, 1993), con la finalidad de reconocer si hay diferencias en la composición de especies entre sitios con características ambientales distintas.

Las descripciones de las especies encontradas en Yaxchilán se complementaron con información de distribución y ambientes y formas de vida disponible en la base de datos Taxfich (LACET, 2016).

6.6. Análisis estadísticos

6.6.1. Similitud de los crecimientos epilíticos de los edificios

La similitud de la composición de los crecimientos epilíticos se estimó considerando la presencia y dominancia de las especies. Para ello se empleó una matriz de datos de presencia y grado de dominancia, provenientes de las muestras tomadas de los edificios 16 y 21, por ser estos monumentos los más representados en las recolecciones, correspondientes al 52 % y al 40 %, respectivamente, del total de muestras, y que incluyen las temporadas de lluvias y secas (ver Cuadro 6.1, p. 29). Se establecieron 8 condiciones: (a) 2006, temporada lluviosa, edificio 16; (b) 2007, temporada seca, edificio 16; (c) 2007, temporada seca, edificio 21; (d) 2007, temporada lluviosa, edificio 16; (e) 2007, temporada lluviosa, edificio 21; (f) 2008, temporada seca, edificio 16; (g) 2008, temporada lluviosa, edificio 16, y (h) 2008, temporada lluviosa, edificio 21.

Con estos datos se elaboró una nueva matriz de distancias, se eligió el ocupar la distancia de Canberra para descartar la paradoja de encontrar semejanzas debido a ausencias dobles (Legendre y Legendre, 1984). Para realizar el agrupamiento se empleó el método de grupos de pares no ponderados y promedios aritméticos o UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Estos análisis estadísticos se llevaron a cabo con el software R versión 3.2.0 (R Core Team, 2015) y el paquete “vegan” versión 2.3-0 (Oksanen *et al.*, 2015).

6.6.2. Evaluación de la presencia de especies formadoras de crecimientos y la influencia de la orientación de los muros donde habitan

Los datos de presencia y dominancia de especies en las muestras, junto con los de la orientación de los muros de donde se colectaron, fueron analizados con la finalidad de encontrar posibles patrones relacionados con la luz recibida en las temporadas de lluvias y secas, y la composición de especies de las muestras. Los resultados se representaron en forma de gráficas de barras donde se acumulan las dominancias de una especie en la época de lluvias y en la de secas. Para determinar un nivel de corte, y establecer cuáles especies son las que predominan

en ciertas condiciones, se recurrió a la media aritmética, es decir, se calculó el valor del 100 % de dominancia, entre el número de especies encontradas en una cierta orientación.

Capítulo 7

Resultados

En esta sección, primero se describe el aspecto en el que se encontraron los crecimientos de algas y cianoprocariontes sobre los edificios y la morfología de algunos de estas biopelículas. En segundo lugar, se presentan los datos de los factores ambientales medidos en el campo. Después, se muestran los datos de la riqueza de especies de cianoprocariontes y algas de la ZA de Yaxchilán, y mediante gráficos se muestran los grupos presentes en el área de estudio. Luego, se abordan los análisis estadísticos realizados. Posteriormente, se incluyen las descripciones de estos taxones.

7.1. Aspecto macroscópico de los crecimientos

Los crecimientos epilíticos de algas y cianoprocariontes encontrados sobre las superficies de los monumentos, cubren áreas de aproximadamente menores a 100 cm^2 hasta más de 1 m^2 . Estas comunidades de organismos fotosintéticos difieren en la coloración, la textura y el grado de fijación al sustrato, incluso entre biopelículas contiguas se presentan aspectos contrastantes. En la Figura 7.1.a, se observan algunos muros del edificio 21, que se hallan cercanos a la vegetación, y que durante la mayor parte del día reciben la sombra que proyectan los árboles. En estas condiciones, sobre la construcción se presentan varios tipos de biopelículas, que se desarrollan principalmente sobre el mortero que une a las rocas, mientras que la parte superior del edificio, donde la luz del sol llega directamente, no se establecen crecimientos. Por otra parte, se hallaron tres condiciones distintas en las que los crecimientos de algas y cianoprocariontes se establecen, habitando sobre mortero (Figura 7.1.b), sobre roca o sobre ambos (Figuras 7.1.c y 7.1.d).

En cuanto a la morfología de los crecimientos, se hallaron seis tipos básicos: mucilaginoso (Figura 7.2.a), costroso (Figura 7.2.b), granuloso (Figura 7.2.c), liso (Figura 7.2.d), pulverulento (Figura 7.2.e) y fieltroso (Figura 7.2.f). No obstante, se reconoce que las morfologías de los crecimientos varían más allá de estos tipos, por la coloración y textura de cada uno de ellos. Además, en muchos casos no es posible determinar con exactitud las especies que

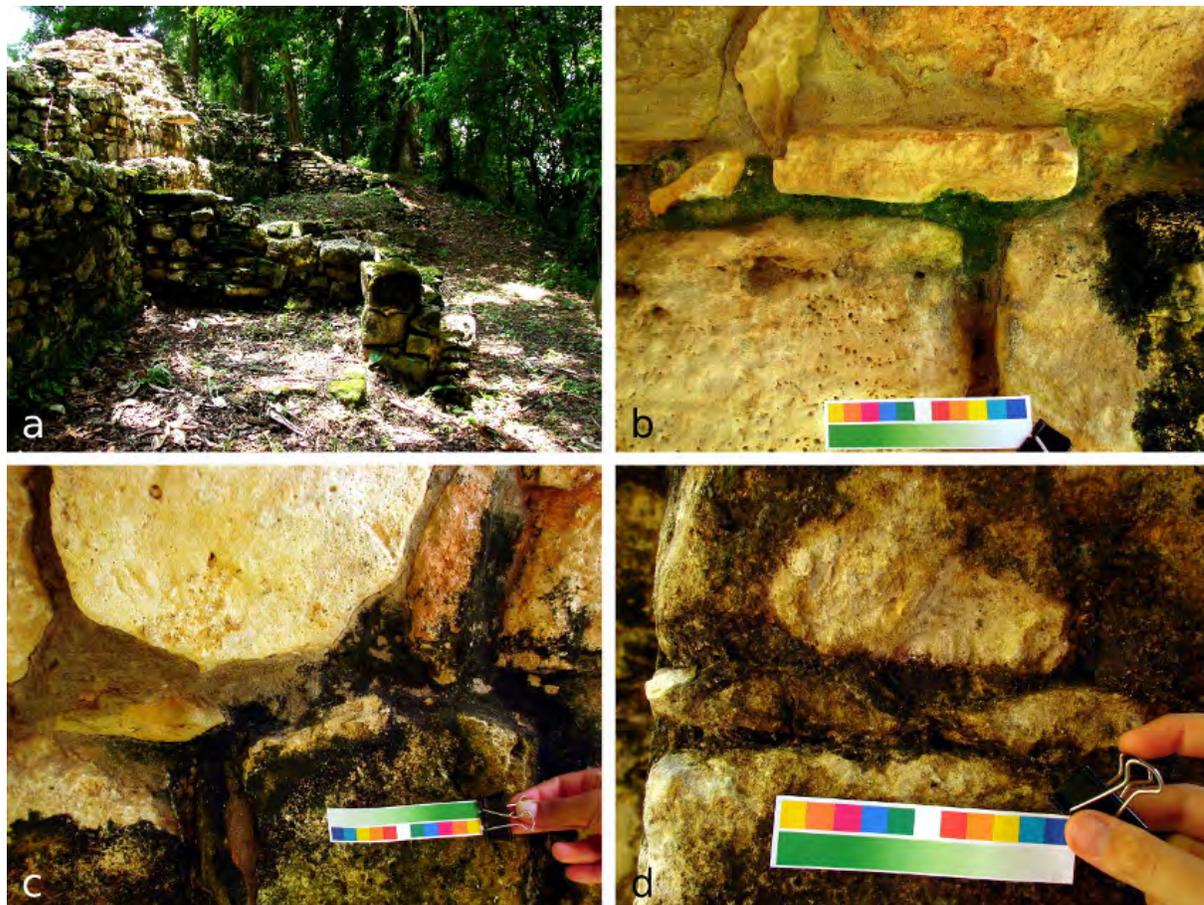


Figura 7.1: **a)** Edificio 21, una parte del muro orientado al NE, durante la toma de muestras de agosto de 2007; se observa la cercanía de la vegetación al monumento, así como la sombra que esta proyecta sobre una parte de la edificación, que en conjunto con la orientación de los muros y la posición del sol en esta época del año, tienen un efecto sobre el establecimiento de los crecimientos epilíticos de cianoprocariontes y algas. **b)** Al centro, aspecto macroscópico del crecimiento correspondiente a la muestra BA395 (muro orientado al SE del edificio 16, agosto de 2007), establecido sobre el mortero; a la derecha, en esta imagen, se observa la biopelícula identificada como muestra BA396, establecida sobre la roca. **c)** Biopelícula colectada como muestra BA397 (muro en el interior del edificio 16, agosto de 2007), desarrollándose sobre roca y mortero. **d)** Crecimiento de la muestra BA404 (muro SE del edificio 16, agosto de 2007), habitando en amplias extensiones sobre roca y mortero, sin embargo, no llega a cubrir el 100 % de las superficies.

Cuadro 7.1: Características ambientales durante los periodos de muestreo. Los valores estimados a través de mediciones puntuales en los sitios de colecta se señalan con un asterisco.

Fecha de colecta	Temperatura ambiental (°C) (mín. - máx.)	HR % ambiental (mín. - máx.)	PAR incidental ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (mín. - máx.)	PAR cenital ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) (mín. - máx.)	Velocidad del viento (m/s) (mín. - máx.)	HV (mín. - máx.)	HH (mín. - máx.)
Agosto 2006	26.73 - 35.27	54.25 - 87.75		63.7 - 2153.7	0 - 0.56		
Enero 2007		9.8 - 99 *				163 - 999	130 - 999
Agosto 2007	27.52 - 35.7	50.75 - 87.25	8.7 - 208.7	81.2 - 2161.2	0 - 1.11		
Enero 2008	23 - 31 *	14.5 - 99 *				153 - 999	183 - 999
Agosto 2008	29.1 - 34.01	49.25 - 78.25	1.2 - 836.2	1.2 - 1586.2	0 - 1.48	159 - 999	69 - 999

predominan en los crecimientos con solo ver su aspecto macroscópico.

Los crecimientos macroscópicos se componen en la mayoría de las ocasiones por más de una especie y en la minoría de las veces por una sola. En casos de crecimientos constituidos por una sola especie, se puede hablar de colonias macroscópicas, como en el ejemplo de la colonia de *Leptolyngbya compacta* (Figura 7.2.c), porque se ven a simple vista. También son colonias macroscópicas las de *Gloeocapsa aeruginosa* en la muestra BA400 (Figura 7.2.a), donde esta es la especie predominante, y el aspecto macroscópico mucilaginoso de la película es la consecuencia de la presencia de agrupaciones masivas de esta especie. En casos como los de *Gloeocapsa aeruginosa*, se forman colonias macroscópicas por la presencia conjunta de miles de subcolonias (ver Figura 7.21.a, p. 98). Dichas subcolonias son conjuntos de células delimitados por una vaina común. En la mayoría de las muestras, las subcolonias forman colonias microscópicas, es decir agrupaciones de una sola especie que solo se pueden ver en el microscopio, como las de *Gloeocapsa bififormis* (ver Figura 7.21.e, p. 98).

7.2. Factores macroambientales

Los datos de los factores ambientales se muestran en el Cuadro 7.1, en forma de intervalos. Sin embargo, en algunos casos se recurrió a hacer mediciones puntuales en los sitios donde se muestreó para obtener los intervalos de estas variables, y obtener una aproximación de los valores correspondientes al ambiente (estos se indican con asterisco en el Cuadro 7.1).

Los intervalos de la temperatura ambiental para las épocas en que se colectaron los crecimientos epilíticos se muestran por medio de un diagrama de caja (Figura 7.3, p. 43). La humedad relativa registrada en los mismos periodos se representa en la Figura 7.4 (p. 43). En estos gráficos se observa que la época con mayor temperatura y más humedad es la de

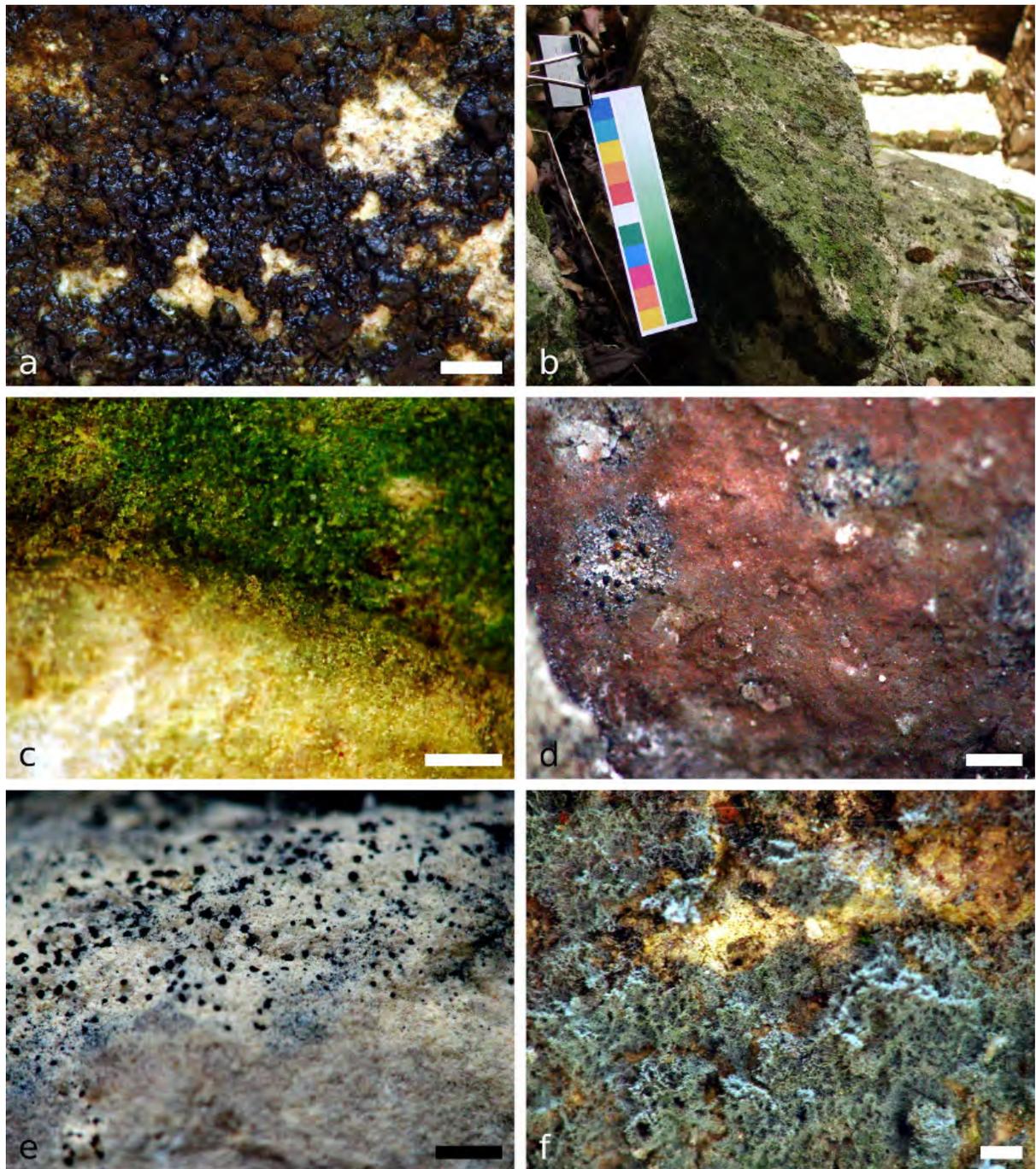


Figura 7.2: a) Crecimiento mucilaginoso, compuesto principalmente por *Gloeocapsa aeruginosa*, *Gleothece rupestris*, *Scytonema ocellatum* y *Gloeocapsa acervata* (muestra BA400, edificio 16). b) Crecimiento costroso, constituido principalmente por *Scytonema hoffmannii* (muestra BA420, edificio 21). c) Crecimiento granuloso, formado solo por *Leptolyngbya compacta* (muestra BA395, edificio 16). d) Crecimiento liso integrado en su mayoría por *Printzina ampla* (muestra BA411, edificio 21). e) Crecimiento pulverulento compuesto exclusivamente por *Gloeocapsa punctata* (muestra BA416, edificio 21). f) Crecimiento fieltroso compuesto principalmente por *Gloeocapsa acervata* y *Scytonema javanicum* (muestra BA399, edificio 16). Las barras indican 0.5 cm.

lluvias, mientras que la seca es más fría y hay menor humedad en el ambiente.

La variación a lo largo del día de la PAR incidental (o lateral) se registró en dos de los periodos de colecta correspondientes a la época lluviosa del año para la ZA de Yaxchilán, en puntos alrededor de los edificios 16 y 21, donde se colectaron las muestras (Figura 7.5, p. 44). Del mismo modo, se midió la variación a lo largo del día de la PAR cenital (o vertical) en los mismos sitios, en tres periodos de colecta de la época de lluvias (Figura 7.6, p. 44). Se observa que a lo largo del día la PAR incidental se mantiene en un intervalo estrecho, después del medio día sus valores oscilan entre 0-200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Mientras que la PAR cenital varía más ampliamente, alcanzando los picos más altos entre las 12 y las 16 horas.

La dirección del viento medida durante la época de lluvias de los tres años del período de colectas se muestra en la Figura 7.7 (p. 45), se puede observar que los vientos predominantes son los que provienen del Sur.

7.3. Factores microambientales

La temperatura de los sitios sobre los que se encontraban los crecimientos epilíticos colectados se muestran en la Figura 7.8 (p. 47). La media de la temperatura en la época de lluvias fue de 26.0 °C y en la de secas de 25.8 °C. Entre ambas temporadas hay 19 especies en común, de las cuales, 7 se hallan en una temperatura menor en la época seca en relación a la de lluvias, como *Aphanothece castagnei*, *Gloeocapsa aeruginosa*, *Gl. caldariorum*, *Gloeotheca palea*, *Gloeot. rupestris*, *Nostoc carneum* y *Scytonema javanicum*. Otras 5 especies, *Aphanocapsa muscicola*, *Gl. compacta*, *Gloeot. tepidariorum*, *Printizina ampla* y *Scy. hofmannii*, habitaban los muros en una mayor temperatura en la época seca que en la de lluvias. Mientras que las restantes 7 especies, *Chroococcus varius*, *Gloeocapsopsis* cf. *cyanea*, *Gloeot. confluens*, *Leptolyngbya compacta*, *N. commune*, *Petalonema crassum* y *Scy. ocellatum*, formaban crecimientos en condiciones que tienen una variación menor a 0.5 °C entre ambas temporadas.

La humedad relativa (HR %) en los puntos donde se muestreó se indican en la Figura 7.9 (p. 48). La media de la HR en la época de lluvia fue de 64.6% y en la de secas de 46.4%. Se colectaron 27 especies que resultaron estar en ambas temporadas del año. Las especies capaces de habitar en ambientes con menor humedad relativa en la época seca, comparada con la de lluvias, fueron 19, *G. cf. cyanea*, *Gl. aeruginosa*, *Gl. atrata*, *Gl. biformis*, *Gl. caldariorum*, *Gl. compacta*, *Gl. punctata*, *Gloeot. confluens*, *Gloeot. palea*, *Gloeot. tepidariorum*, *L. compacta*, *L. laminosa*, *N. carneum*, *N. commune*, *P. crassum*, *Pr. effusa*, *Scy. evanescens*, *Scy. hofmannii* y *Synechococcus* cf. *elongatus*. En cambio, 6 especies, *A. muscicola*, *Aphanot. castagnei*, *Gloeot. rupestris*, *P. densum*, *Pr. ampla* y *Scy. ocellatum*, habitaban en microambientes con mayor humedad relativa en la época seca que en la de lluvias. Dos especies, *Chr. varius* y *Scy. javanicum*, habitaban en microambientes con variaciones menores a 5% de humedad relativa entre ambas temporadas.

La humedad vertical interna (HV) de las rocas donde se colectaron las biopelículas de

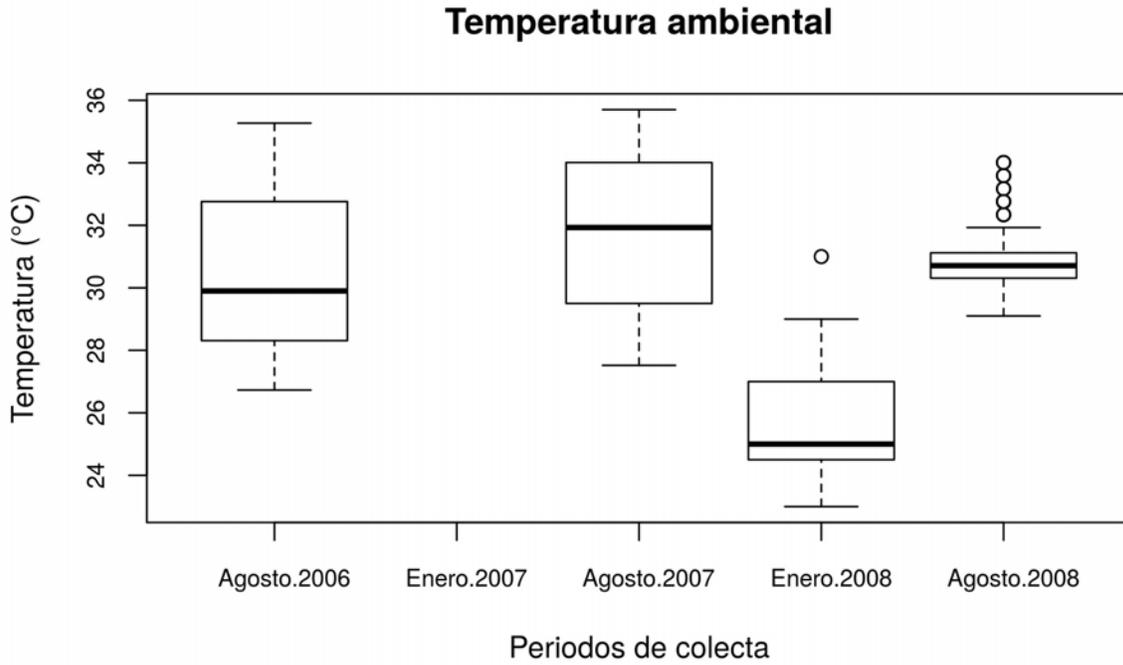


Figura 7.3: Intervalos de temperatura ambiental en época de lluvias y seca en Yaxchilán.

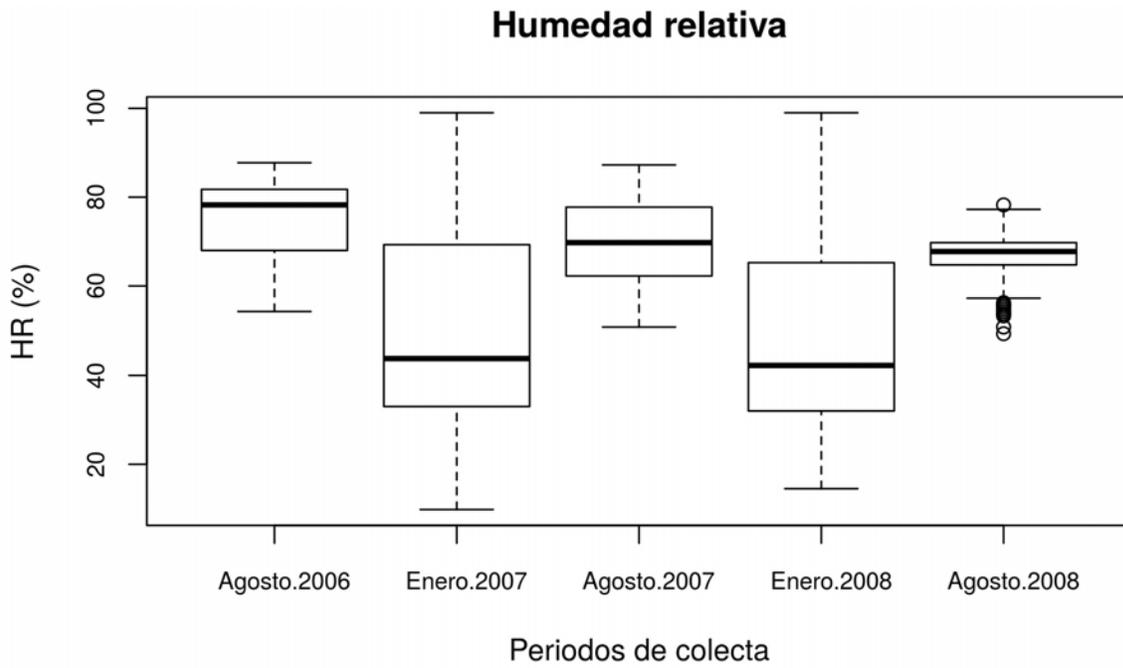


Figura 7.4: Intervalos de humedad relativa durante la época de lluvias y la seca en Yaxchilán.

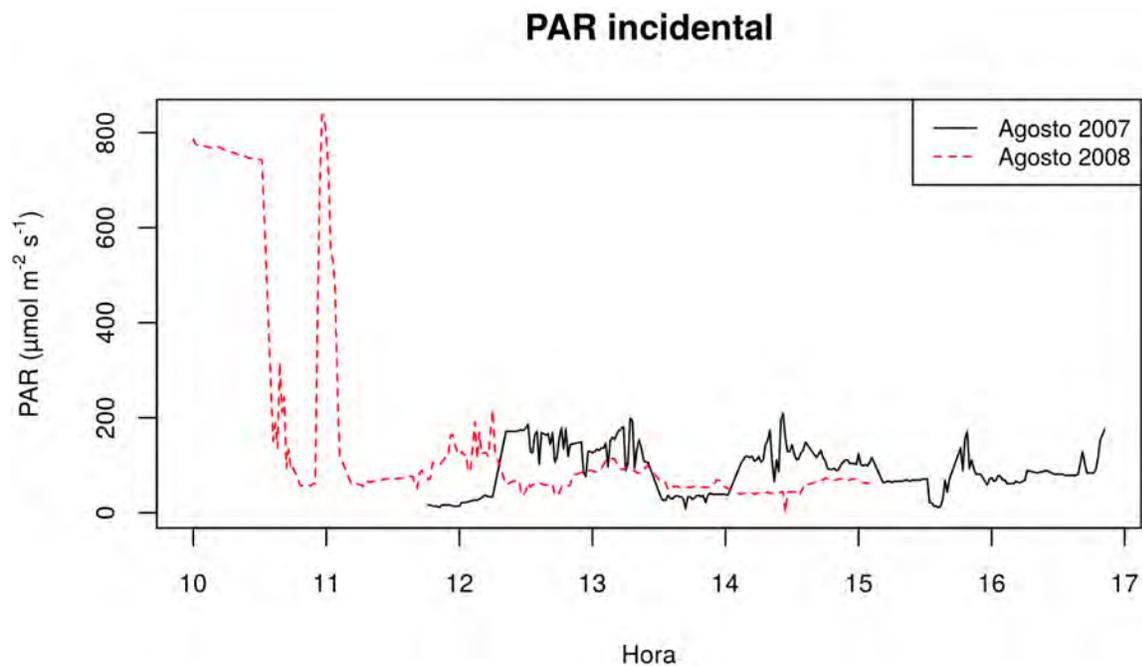


Figura 7.5: Variación a lo largo del día de la PAR incidental, durante la época de lluvias.

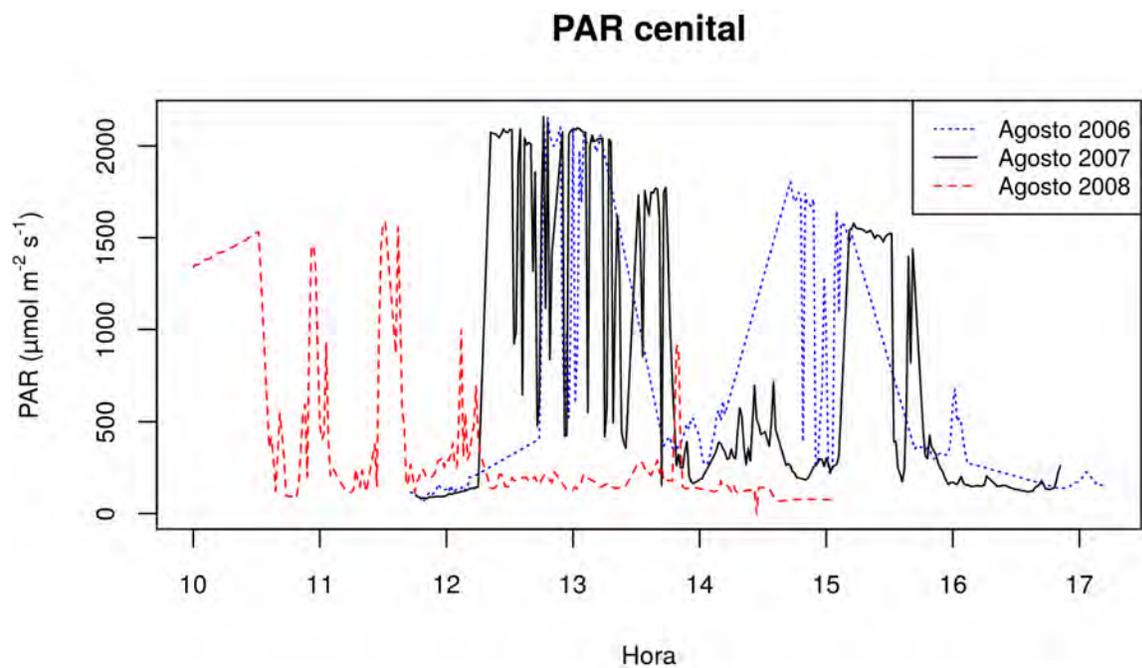


Figura 7.6: Variación a lo largo del día de la PAR cenital, durante la época de lluvias.

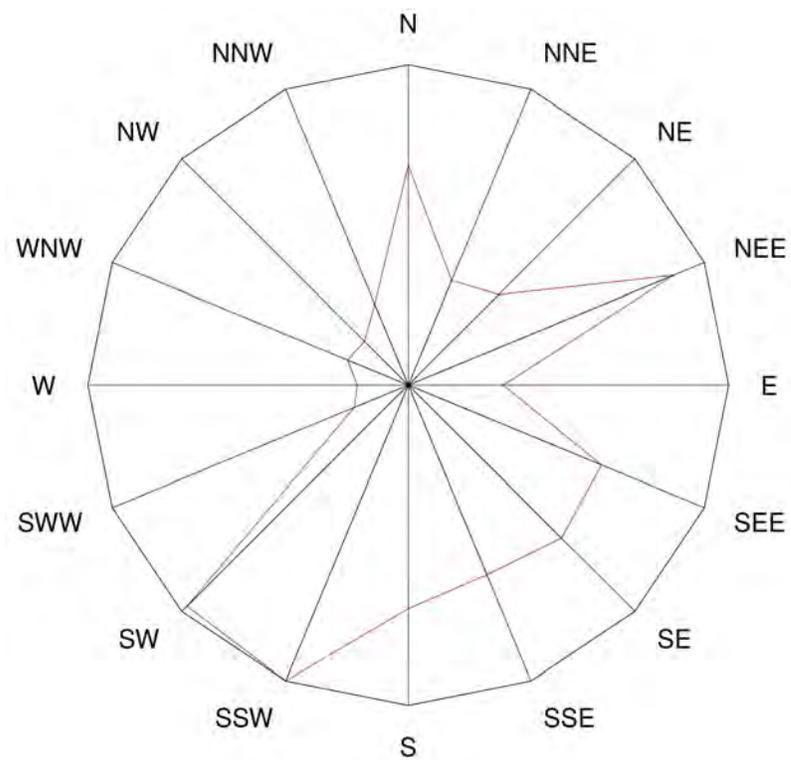


Figura 7.7: Dirección del viento en la ZA de Yaxchilán durante la época de lluvias, representada por la frecuencia registrada con respecto a la orientación desde la que provienen las ráfagas.

algas y cianoprocariontes se representa en la Figura 7.10 (p. 49). La media de la HV en la época de lluvias fue de 553.3 y en la de secas de 550.6. Se colectaron 25 especies en la temporada de lluvias que también estuvieron presentes en la de secas. De estas, 12 especies, *A. muscicola*, *Aphanot. castagnei*, *Chr. varius*, *G. cf. cyanea*, *Gl. aeruginosa*, *Gl. compacta*, *Gl. punctata*, *Gloeot. confluens*, *Gloeot. rupestris*, *N. commune*, *Pr. ampla* y *Scy. ocellatum*, habitaban en microambientes con menor HV en la época seca que en la de lluvias. En cambio, 9 especies, *Gl. atrata*, *Gl. caldariorum*, *Gloeot. palea*, *L. compacta*, *N. carneum*, *P. crassum*, *Scy. hofmannii*, *Scy. javanicum* y *Sy. cf. elongatus* formaban crecimientos epilíticos sobre rocas con mayor HV en la época seca que en la de lluvias. Mientras que, 4 especies, *Gloeot. tepidariorum*, *P. densum*, *Pr. effusa* y *Scy. evanescens* habitaban en microambientes con poca variación entre ambas temporadas del año.

La humedad horizontal interna (HH) de las rocas sobre las que se colectaron los crecimientos epilíticos se muestra en la Figura 7.11 (p. 50). La media de la humedad horizontal en la época de lluvias fue de 443.9 y en la de secas de 595.7. Entre ambas temporadas se encontraron 20 especies en común, de las cuales, 6 especies, *Aphanot. castagnei*, *G. cf. cyanea*, *Gloeot. confluens*, *Gloeot. rupestris*, *Pr. ampla* y *Scy. ocellatum*, se colectaron en microambientes con menor HH en la época seca que en la de lluvias. En cambio, 12 especies, *A. muscicola*, *Chr. varius*, *Gl. aeruginosa*, *Gl. caldariorum*, *Gl. compacta*, *Gloeot. palea*, *Gloeot. tepidariorum*, *L. compacta*, *N. carneum*, *P. crassum*, *Scy. hofmannii* y *Scy. javanicum*, se encontraron en microambientes con mayor HH en la época seca que en la de lluvias. Por otra parte, 2 especies, *N. commune* y *Pr. effusa*, formaban parte de crecimientos epilíticos en microambientes donde no hay variaciones importantes de HH entre ambas épocas del año.

7.4. Riqueza de especies

La mayoría de las especies determinadas en la ZA de Yaxchilán corresponden a la División Cyanoprokaryota, seguida por la División Chlorophyta y la División Bacillariophyta (Figura 7.12, p. 51). De los cianoprocariontes, se encontraron especies de los tres órdenes reconocidos por Komárek (2013) y Komárek y Anagnostidis (1998, 2005), Chroococcales, Nostocales y Oscillatoriales; las Chlorophyta, corresponden a dos órdenes, Chlorellales, que incluye especies distribuidas principalmente en ambientes dulceacuícolas, y Trentepohliales, que es exclusivamente de hábitat subaéreo; para el caso de las Bacillariophyta solo se encontraron especies del orden Naviculales, cuyas especies son en su mayoría acuáticas pero con algunas capaces de vivir en suelos o rocas húmedas (Figura 7.13, p. 51) (ver Cuadro 5.1, p. 19) (Guiry y Guiry, 2016; LACET, 2016).

Se determinaron 49 especies, correspondientes a 24 géneros, 16 familias, 6 órdenes, de 3 divisiones (Cuadro 7.2, p. 53; Figura 7.14, p. 52). De estas especies, 14 no se habían registrado en los trabajos previos de la ZA de Palenque (Cuadro 5.2, p. 20), 9 corresponden a nuevos registros para México y 5 para el estado de Chiapas (Cuadro 7.2, p. 53). El número de especies encontrado solo en la temporada lluviosa fue de 9, solo en la de secas fue de 4, mientras que las especies presentes en ambas condiciones fue de 36 (Cuadros 7.3 y 7.4, ver pp. 55 y 58).

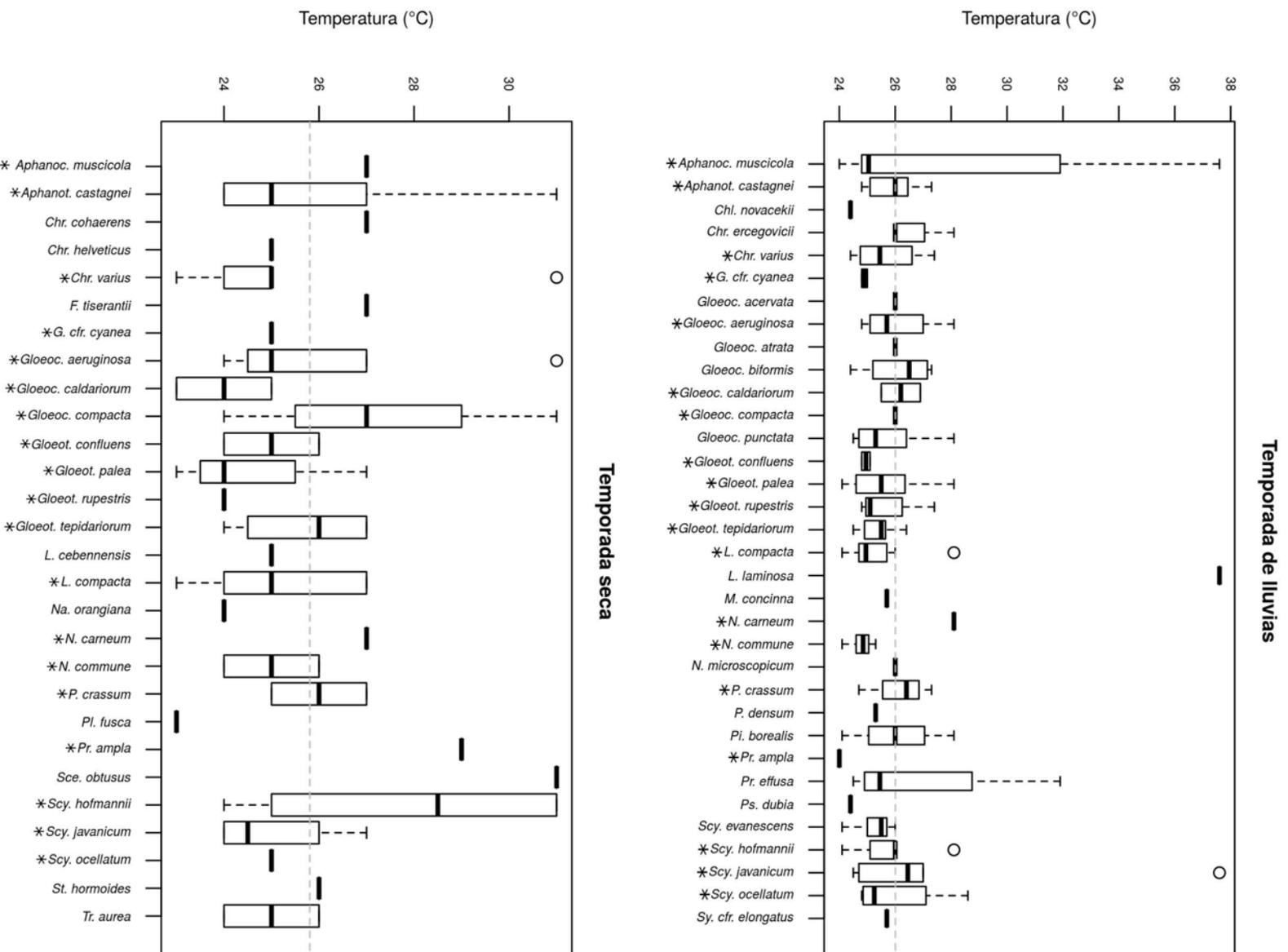


Figura 7.8: Intervalos de temperatura en los que viven las especies de algas y cianoprocariontes de la ZA de Yaxchilán. Las especies que se encuentran en las temporadas de lluvias y secas se denotan con un asterisco. [E] valor de la media de la temperatura por cada temporada se indica con una línea discontinua.

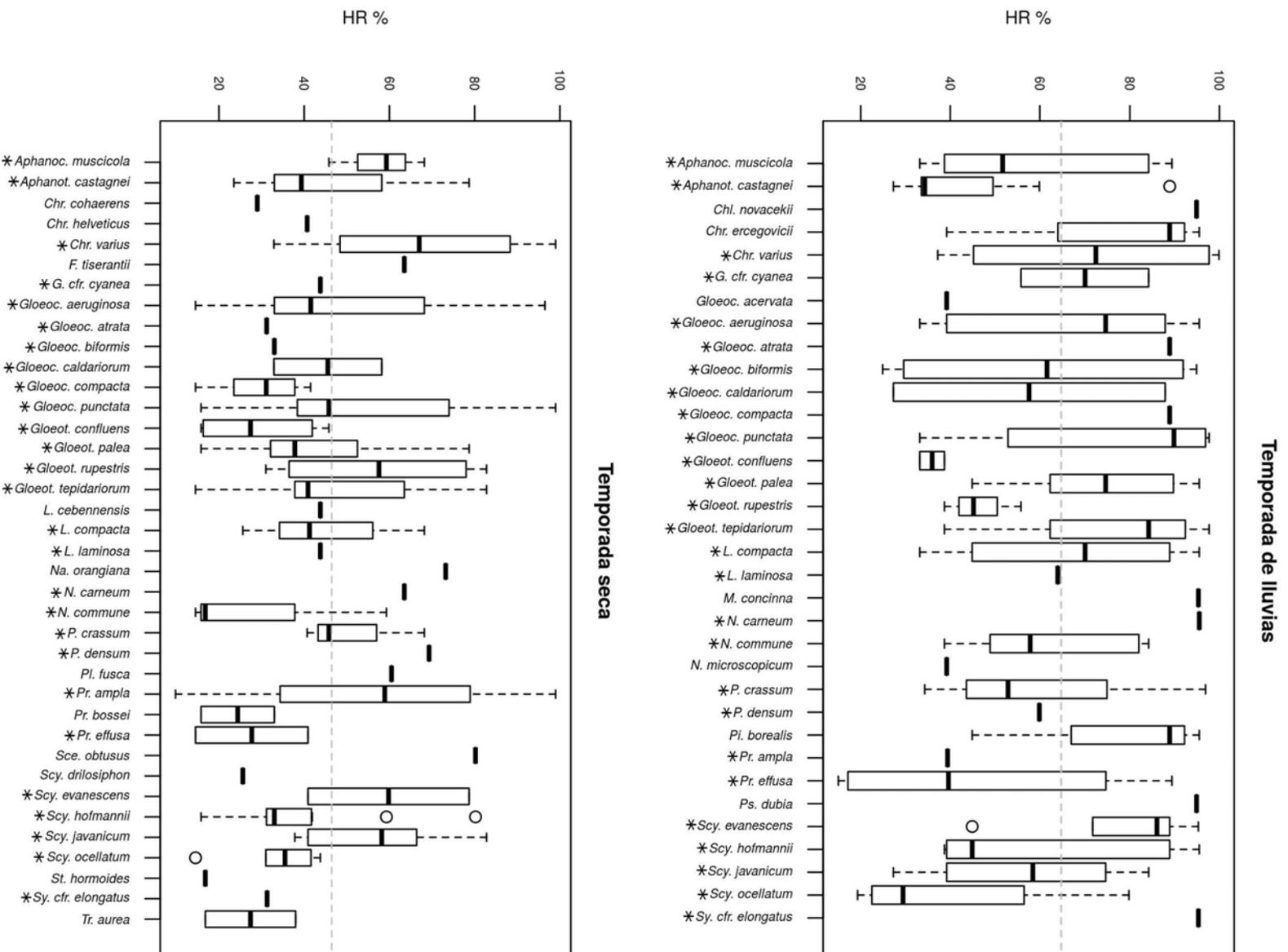


Figura 7.9: Intervalos de humedad relativa en los que viven las especies de algas y cianoprocariontes de la ZA de Yaxchilán. Las especies que se encuentran en las temporadas de lluvias y secas se denotan con un asterisco. El valor de la media de la humedad relativa por cada temporada se indica con una línea discontinua.

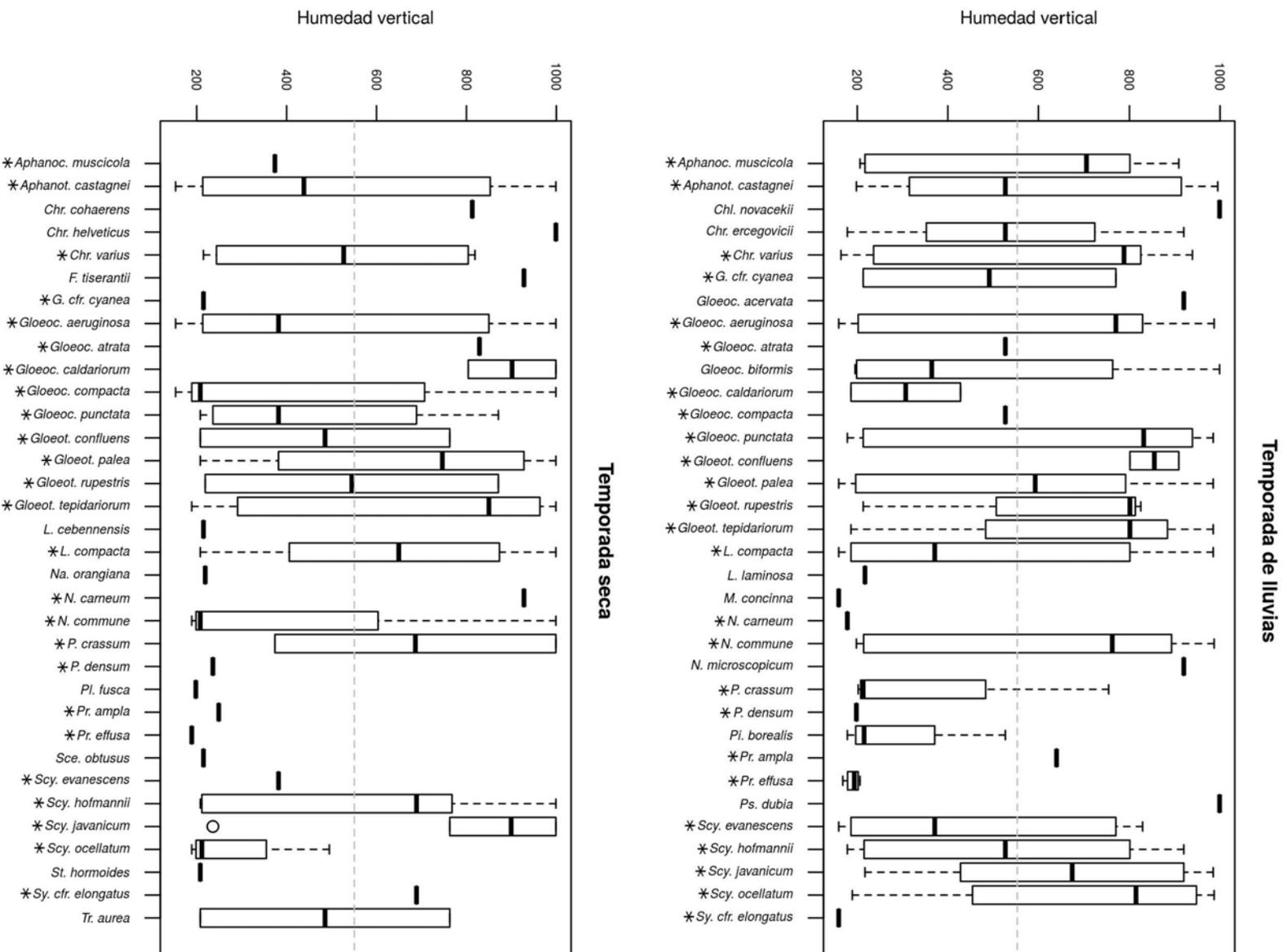


Figura 7.10: Intervalos de humedad vertical interna de las rocas en los que viven las especies de algas y cianoprocariontes de la ZA de Yaxchilán. Las especies que se encuentran en las temporadas de lluvias y secas se denotan con un asterisco. El valor de la media de la humedad vertical por cada temporada se indica con una línea discontinua.

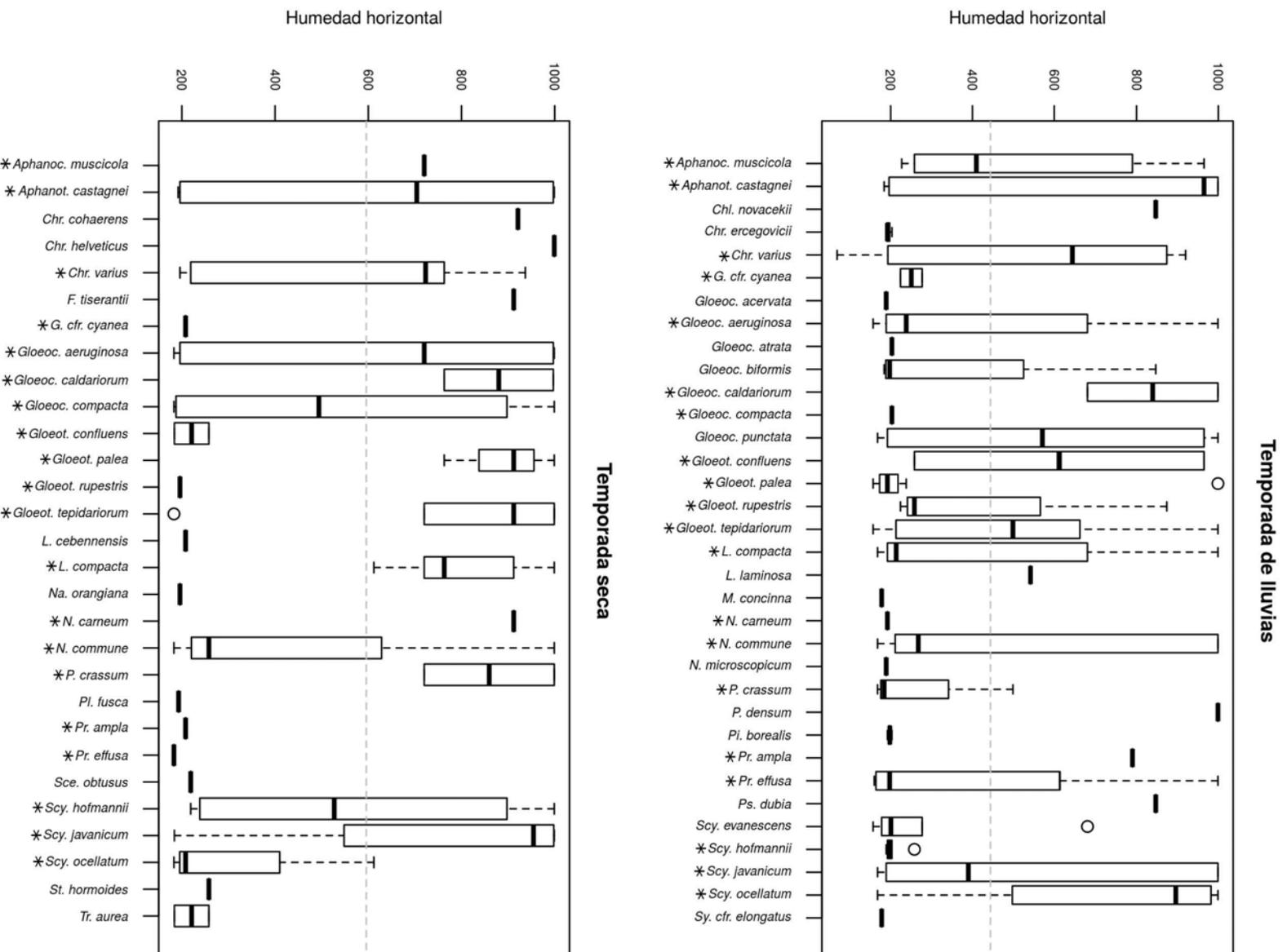


Figura 7.11: Intervalos de humedad horizontal interna de las rocas en los que viven las especies de algas y cianoprocariontes de la ZA de Yáxchilán. Las especies que se encuentran en las temporadas de lluvias y secas se denotan con un asterisco. El valor de la media de la humedad horizontal por cada temporada se indica con una línea discontinua.

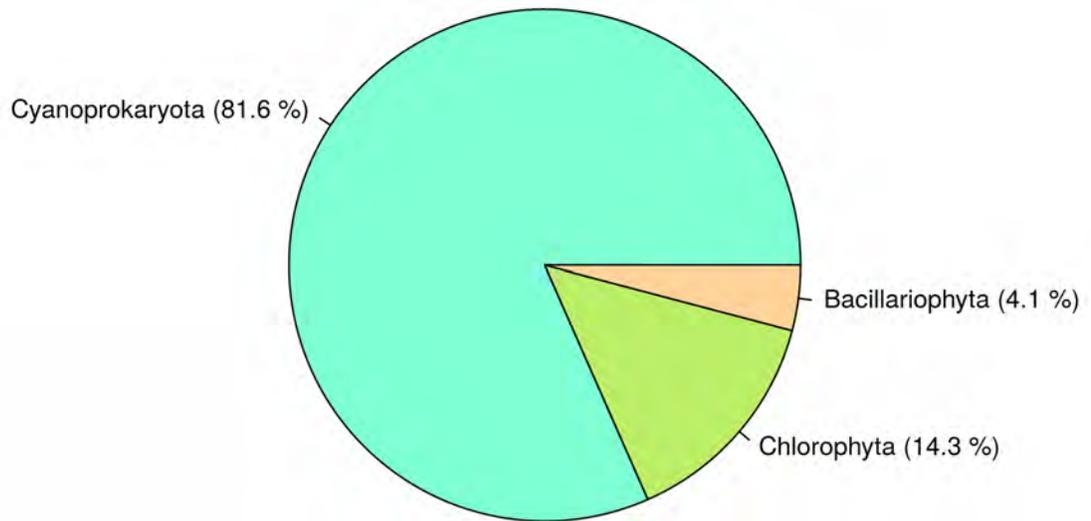


Figura 7.12: Porcentajes que representan las Divisiones de algas y cianoprocariontes encontradas en la ZA de Yaxchilán, a partir del número de especies determinadas.

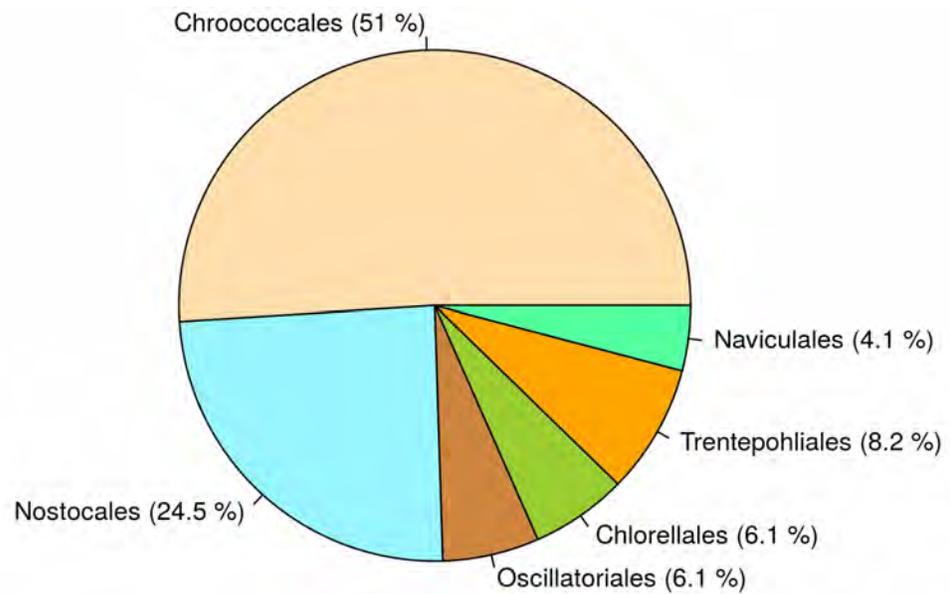


Figura 7.13: Porcentajes que representan los Órdenes de algas y cianoprocariontes encontrados en la ZA de Yaxchilán, tomando en cuenta el número de especies reconocidas.

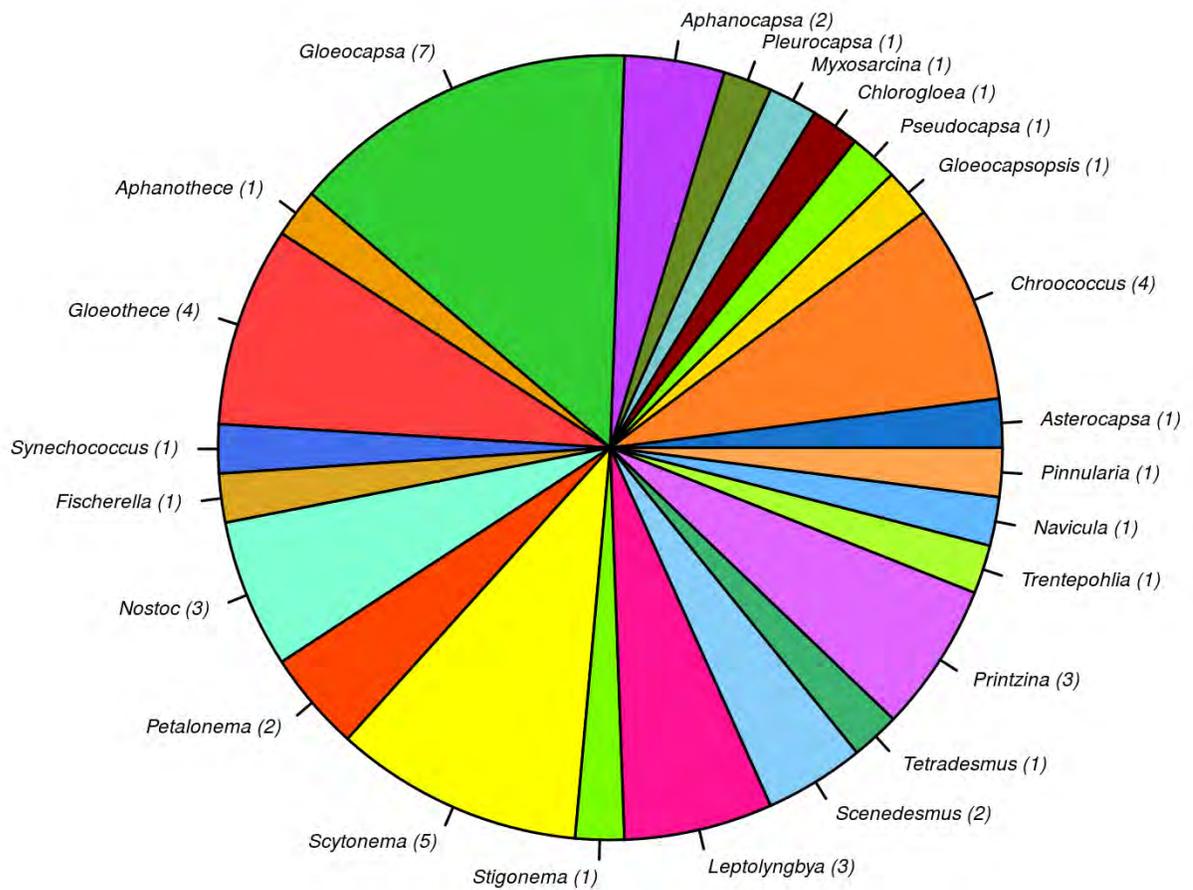


Figura 7.14: Número de especies por género determinadas en la ZA de Yaxchilán.

Cuadro 7.2: Especies determinadas en la ZA de Yaxchilán, se indican cuales especies corresponden a nuevos registros para Chiapas, incluyendo zonas arqueológicas, o para México.

Taxón	Comentarios taxonómicos
División Cyanoprokaryota (81.6 %)	
Orden Chroococcales (51 %)	
Familia Chroococcaceae (14.3 %)	
<i>Asterocapsa divina</i> Komárek 1993	
<i>Chroococcus cohaerens</i> (Brébisson) Nägeli 1849	
<i>Chroococcus ercegovicii</i> Komárek et Anagnostidis 1994	Nuevo registro para México
<i>Chroococcus helveticus</i> Nägeli 1849	
<i>Chroococcus varius</i> A. Braun in Rabenhorst 1861	
<i>Gloeocapsopsis</i> cf. <i>cyanea</i> (Krieger) Komárek et Anagnostidis 1994	
<i>Pseudocapsa dubia</i> Ercegović 1925	
Familia Entophysalidaceae (2 %)	
<i>Chlorogloea novacekii</i> Komárek et Montejano 1994	
Familia Hyellaceae (4.1 %)	
<i>Myxosarcina concinna</i> Printz 1921	Nuevo registro para México
<i>Pleurocapsa fusca</i> Godward 1937	Nuevo registro para México
Familia Merismopediaceae (4.1 %)	
<i>Aphanocapsa fusco-lutea</i> Hansgirg 1892	
<i>Aphanocapsa muscicola</i> (Meneghini) Wille 1919	
Familia Microcystaceae (14.3 %)	
<i>Gloeocapsa acervata</i> Gardner 1927	
<i>Gloeocapsa aeruginosa</i> Kützing 1843	
<i>Gloeocapsa atrata</i> Kützing 1845	
<i>Gloeocapsa biformis</i> Ercegović 1925	
<i>Gloeocapsa caldariorum</i> Rabenhorst 1865	
<i>Gloeocapsa compacta</i> Kützing 1845	
<i>Gloeocapsa punctata</i> Nägeli 1849	
Familia Synechococcaceae (12.2 %)	
<i>Aphanothece castagnei</i> (Brébisson) Rabenhorst 1865	
<i>Gloethece confluens</i> Nägeli 1849	
<i>Gloethece palea</i> (Kützing) Rabenhorst 1865	
<i>Gloethece rupestris</i> (Lyngbye) Bornet in Wittrock et Nordstedt 1880	
<i>Gloethece tepidariorum</i> (A. Braun) Lagerheim 1883	

Taxón	Comentarios taxonómicos
<i>Synechococcus</i> cf. <i>elongatus</i> (Nägeli) Nägeli 1849	
Orden Nostocales (24.5 %)	
Familia Fischerellaceae (2 %)	
<i>Fischerella</i> cf. <i>tiserantii</i> Frémy 1930	Nuevo registro para México
Familia Nostocaceae (6.1 %)	
<i>Nostoc</i> cf. <i>carneum</i> (Lyngbye) Agardh ex Bornet et Flahault 1888	Nuevo registro para México
<i>Nostoc commune</i> Vaucher ex Bornet et Flahault 1888	
<i>Nostoc microscopicum</i> Carmichael ex Bornet et Flahault 1888	
Familia Scytonemataceae (14.3 %)	
<i>Petalonema crassum</i> (Nägeli in Kützing) Migula 1907	
<i>Petalonema densum</i> (Bornet ex Bornet et Flahault) Migula 1907	
<i>Scytonema drilosiphon</i> (Kützing) Elenkin et Poljanskij 1922	
<i>Scytonema evanescens</i> Gardner 1927	
<i>Scytonema hofmannii</i> Agardh ex Bornet et Flahault 1887	
<i>Scytonema javanicum</i> (Kützing) Bornet et Flahault ex Bornet et Flahault 1887	
<i>Scytonema ocellatum</i> (Dillwyn) Lyngbye ex Bornet et Flahault 1887	
Familia Stigonemataceae (2 %)	
<i>Stigonema hormoides</i> (Kützing) Bornet ex Flahault 1886	Nuevo registro para México
Orden Oscillatoriales (6.1 %)	
Familia Pseudanabenaceae (6.1 %)	
<i>Leptolyngbya cebenensis</i> (Gomont) Umezaki et Watanabe 1994	
<i>Leptolyngbya compacta</i> (Kützing ex Hansgirg) Komárek in Anagnostidis 2001	
<i>Leptolyngbya laminosa</i> (Gomont ex Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988	
División Chlorophyta (14.3 %)	
Orden Chlorellales (8.2 %)	
Familia Scenedesmaceae (6.1 %)	
<i>Scenedesmus bijuga</i> (Turpin) Lagerheim 1893	Nuevo registro para Chiapas
<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen 1829	Nuevo registro para Chiapas
<i>Tetrademus obliquus</i> (Turpin) M.J. Wynne 2015	Nuevo registro para Chiapas
Orden Trentepohliales (8.2 %)	

Taxón	Comentarios taxonómicos
Familia Trentepohliaceae (8.2%)	
<i>Printzina ampla</i> R.H. Thompson et Wujek 1992	Nuevo registro para México
<i>Printzina bossei</i> (De Wildeman) R.H. Thompson et Wujek 1992	Nuevo registro para México
<i>Printzina effusa</i> (Krempelhuber) R.H. Thompson et Wujek 1992	Nuevo registro para México
<i>Trentepohlia aurea</i> (Linnaeus) C.F.P. Martius 1817	
División Bacillariophyta (4.1%)	
Orden Naviculales (4.1%)	
Familia Naviculaceae (2%)	
<i>Navicula orangiana</i> Patrick 1959	Nuevo registro para Chiapas
Familia Pinnulariaceae (2%)	
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg 1841	Nuevo registro para Chiapas

Cuadro 7.3: Especies halladas en las colectas tomando como criterios la temporada en que se muestreo y el edificio. Se destacan con letras en negritas las especies encontradas en la mayoría de los periodos de colecta.

Edificio:	2006	2007				2008		
	Lluvias	Secas		Lluvias		Secas	Lluvias	
	16	16	21	16	21	16	16	21
Familia Chroococcaceae								
<i>Asterocapsa divina</i>	X				X			
<i>Chroococcus cohaerens</i>	X			X		X		
<i>Chr. ercegovicii</i>								X
<i>Chr. helveticus</i>	X				X	X		
<i>Chr. varius</i>	X							
<i>Gloeocapsopsis cf. cyanea</i>					X	X	X	X
<i>Pseudocapsa dubia</i>								X
Familia Entophysalidaceae								
<i>Chlorogloea novacekii</i>								X
Familia Hyellaceae								
<i>Pleurocapsa fusca</i>				X		X		
Familia Merismopediaceae								
<i>Aphanocapsa fusco-lutea</i>		X		X	X			
<i>A. muscicola</i>	X							
Familia Microcystaceae								
<i>Gloeocapsa acervata</i>	X		X	X	X			X

Edificio:	2006	2007				2008		
	Lluvias	Secas		Lluvias		Secas	Lluvias	
	16	16	21	16	21	16	16	21
<i>Gl. aeruginosa</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gl. atrata</i>	X	X						X
<i>Gl. biformis</i>	X		X	X	X			X
<i>Gl. caldariorum</i>				X	X	X	X	
<i>Gl. compacta</i>		X		X	X	X		X
<i>Gl. punctata</i>		X	X	X	X		X	X
Familia Synechococcaceae								
<i>Aphanothece castagnei</i>	X	X	X	X		X	X	X
<i>Gloeothece confluens</i>			X	X	X	X	X	
<i>Gloeothece palea</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gloeothece rupestris</i>		X	X	X		X	X	X
<i>Gloeothece tepidariorum</i>		X	X	X		X	X	X
<i>Synechococcus</i> cf. <i>elongatus</i>		X						X
Familia Xenococcaceae								
<i>Myxosarcina concinna</i>				X				X
Familia Fischerellaceae								
<i>Fischerella</i> cf. <i>tiserantii</i>						X		
Familia Nostocaceae								
<i>Nostoc carneum</i>						X		X
<i>N. commune</i>			X		X	X	X	X
<i>N. microscopicum</i>	X			X				X
Familia Scytonemataceae								
<i>Petalonema crassum</i>			X	X		X	X	X
<i>P. densum</i>		X	X	X				X
<i>Scytonema drilosiphon</i>			X		X			
<i>Scy. evanescens</i>	X	X	X				X	X
<i>Scy. hofmannii</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Scy. javanicum</i>		X	X	X	X	X	X	X
<i>Scy. ocellatum</i>		X	X	X	X	X	X	X
Familia Stigonemataceae								
<i>Stigonema hormoides</i>						X		
Familia Pseudanabaenaceae								
<i>Leptolyngbya cebennensis</i>				X	X	X		
<i>L. compacta</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>L. laminosa</i>			X					X
Familia Scenedesmaceae								
<i>Scenedesmus bijuga</i>					X			
<i>Sce. obtusus</i>				X		X		
<i>Tetradesmus obliquus</i>					X			

Edificio:	2006	2007				2008		
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	
	16	16	21	16	21	16	16	21
Familia Trentepohliaceae								
<i>Printzina ampla</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pr. bossei</i>	X	X						
<i>Pr. effusa</i>		X		X	X	X		X
<i>Trentepohlia aurea</i>						X		
Familia Naviculaceae								
<i>Navicula orangiana</i>					X	X		
Familia Pinnulariaceae								
<i>Pinnularia borealis</i>				X				X

7.5. Especies por temporada de colecta y edificio

El fenograma resultante del análisis de similitud entre los conjuntos de crecimientos epilíticos hallados en los edificios (Figura 7.15, p. 59) muestra dos grupos principales, el 1, compuesto exclusivamente por las especies presentes en el edificio 16 durante la temporada de lluvias de 2006, y el grupo 2, donde se agrupan las especies bajo el resto de las demás condiciones. El grupo 2 se subdivide en cinco subgrupos, entre los cuales el grupo 5 se forma por la similitud en la composición de especies presentes en las muestras provenientes del edificio 16, de temporadas cercanas en el tiempo, la seca de 2007 y la de lluvias de 2008, por lo tanto se cuenta con la presencia de especies resistentes a las condiciones ambientales contrastantes y que generan estructuras reproductivas de resistencia, se hallaron 13 especies en común (Cuadro 7.3, p. 55), además de los 8 taxones presentes en todas las temporadas, se encuentran: *Gloeothece rupestris*, *Gloet. tepidarium*, *Scytonema evanescens*, *Scy. ocellatum* y *Scy. javanicum*. El grupo 7, con 21 especies en común (Cuadro 7.3, p. 55), además de las 8 especies comunes a todos los edificios y temporadas, se encuentran: *Gloeocapsa acervata*, *Gl. biformis*, *Gl. compacta*, *Gloet. rupestris*, *Gloet. tepidarium*, *Myxosarcina concinna*, *Nostoc microscopicum*, *Petalonema crassum*, *P. densum*, *Pinnularia borealis*, *Printzina ampla*, *Scy. ocellatum* y *Scy. javanicum*, que son un conjunto con especies de diferentes grupos, incluso algunas especies pocas veces encontradas (como *M. concinna*, ver p. 79, y *Pi. borealis*, ver p. 94), con diferentes adaptaciones y estrategias que les permiten sobrevivir, por lo que todas aprovechan la temporada de lluvia, cuyas condiciones de humedad (Figura 7.4, p. 43) son las más favorables para todas las algas y cianoprocariontes. La similitud de la composición de especies en las muestras colectadas, y representadas por los otros grupos 3, 4 y 6, están influenciadas por la dispersión de las especies dentro de la ZA de Yaxchilán.

Cuadro 7.4: Especies halladas en las colectas hechas en los edificios 30, 33 y 40, considerando la temporada en que se muestreo. Se destacan con letras en negritas las especies presentes en la mayoría de los periodos de colecta.

Edificio:	2006			2007
	Lluvias			Secas
	33	40	30	40
Familia Chroococcaceae				
<i>Chroococcus varius</i>	X			
Familia Merismopediaceae				
<i>Aphanocapsa muscicola</i>	X	X	X	
Familia Microcystaceae				
<i>Gloeocapsa aeruginosa</i>	X	X		
<i>Gl. biformis</i>	X			
<i>Gl. punctata</i>		X	X	X
Familia Synechococcaceae				
<i>Aphanothece castagnei</i>	X			X
<i>Gloeothece palea</i>		X	X	
<i>Gloeot. tepidariorum</i>		X	X	
Familia Xenococcaceae				
<i>Myxosarcina concinna</i>		X		
Familia Nostocaceae				
<i>Nostoc commune</i>	X			
<i>N. microscopicum</i>	X			
Familia Scytonemataceae				
<i>Scytonema evanescens</i>		X		
<i>Scy. hofmannii</i>	X			
<i>Scy. javanicum</i>			X	
<i>Scy. ocellatum</i>				X
Familia Pseudanabaenaceae				
<i>Leptolyngbya compacta</i>	X			X
Familia Trentepohliaceae				
<i>Printzina bossei</i>	X			
<i>Pr. effusa</i>		X		

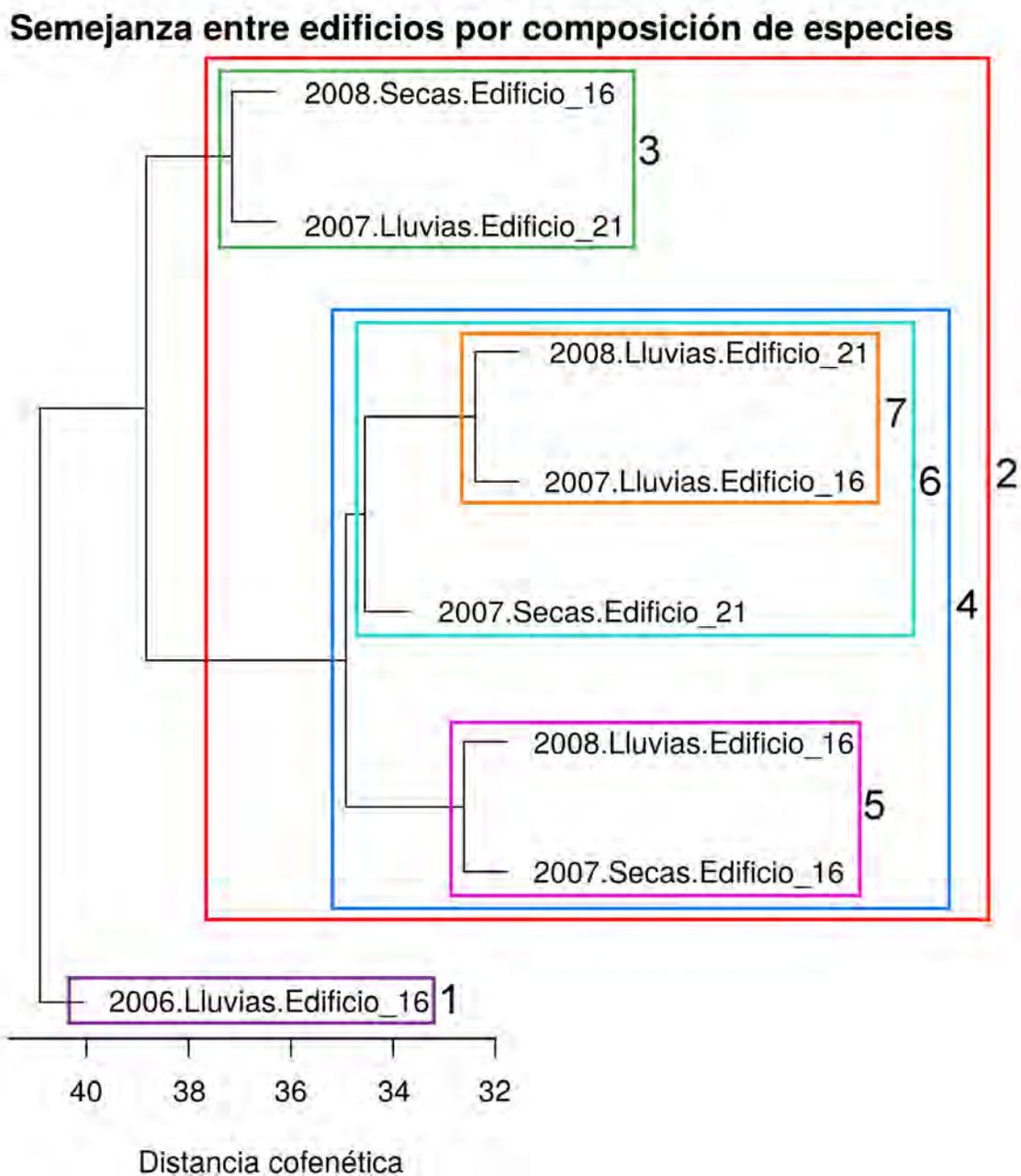


Figura 7.15: Análisis de agrupamiento entre edificios, considerando como criterio de semejanza la composición y dominancia de las especies presentes en las muestras recolectadas, en las temporadas de lluvias y de secas, desde 2006 a 2008. Los grupos que se forman se indican mediante recuadros y números ordinales.

7.6. Relación entre la presencia de las especies con la orientación de los muros donde habitan

Para analizar el efecto que tiene la orientación de los crecimientos sobre los edificios, y la cantidad de la luz solar que reciben, se usaron los datos de presencia y dominancia de las especies de las muestras de los edificios 16 y 21 (Cuadro 6.1, p. 29), y se evaluaron tres orientaciones, NE, SE e interior de los edificios (Cuadro 6.2, p. 30). Se consideraron 77 muestras, que incluyen 43 especies, de las cuales, al NE correspondieron 23 muestras con 38 especies, provenientes de los edificios 16 y 21; al SE, 20 muestras con 24 especies, del edificio 16, y del interior de los edificios, 34 muestras con 33 especies, de los edificios 16 y 21.

En el NE (Figura 7.16, p. 61), 14 especies presentaron niveles de dominancia por encima del nivel de corte, de las cuales 4 fueron abundantes en la época seca, *Aphanothece castagnei*, *Chroococcus cohaerens*, *Scytonema ocellatum* y *Pleurocapsa fusca*, esta última solo se encontró en esta temporada. Mientras que las restantes 8 se encontraron en mayor abundancia en la época de lluvias, estas fueron *Chr. varius*, *Leptolyngbya laminosa*, *Nostoc carneum*, *Petalonema crassum*, *Printzina ampla*, *Pr. effusa* y *Scy. hofmannii*, que se encontraron solo en la temporada lluviosa, y *Gloeocapsa aeruginosa*, *L. cebennensis* y *L. compacta*, que estuvieron presentes en ambas épocas del año.

Respecto al SE (Figura 7.17, p. 62), 6 especies presentaron valores de dominancia que superan el nivel de corte, estas son *Aphanot. castagnei*, *Chr. cohaerens*, *Chr. varius*, *Gl. aeruginosa*, *Gl. compacta* y *Scenedesmus obtusus*.

En los muros interiores de los edificios 16 y 21 (Figura 7.18, p. 63), 10 especies presentaron dominancias que superaron el nivel de corte. Entre estas *Aphanot. castagnei*, *Gl. aeruginosa*, *L. compacta*, *P. crassum*, *Scy. hofmannii* y *Scy. javanicum*, que se encuentran presentes en ambas temporadas, y *Gl. punctata*, *Pr. effusa*, *Scy. evanescens* y *Scy. ocellatum* solo se encontraron en la época de lluvias.

7.7. Evaluación de las especies de acuerdo a sus valencias ecológicas

Al comparar los ambientes y formas de vida reportados en la bibliografía, para las especies formadoras de biopelículas que crecen sobre los monumentos arqueológicos de Yaxchilán, con lo que se ha documentado en este trabajo (Cuadro 7.5) se determinó que hay 27 especies eurioicas, porque tienen la capacidad de vivir en ambientes tanto acuáticos como subaéreos, es decir, toleran una gran variación en la humedad ambiental. Por otro lado, en Yaxchilán hay 22 especies estenoicas, porque se encuentran limitadas a vivir en ambientes subaéreos, y, por lo tanto, sus poblaciones no serían capaces de proliferar en ambientes acuáticos.

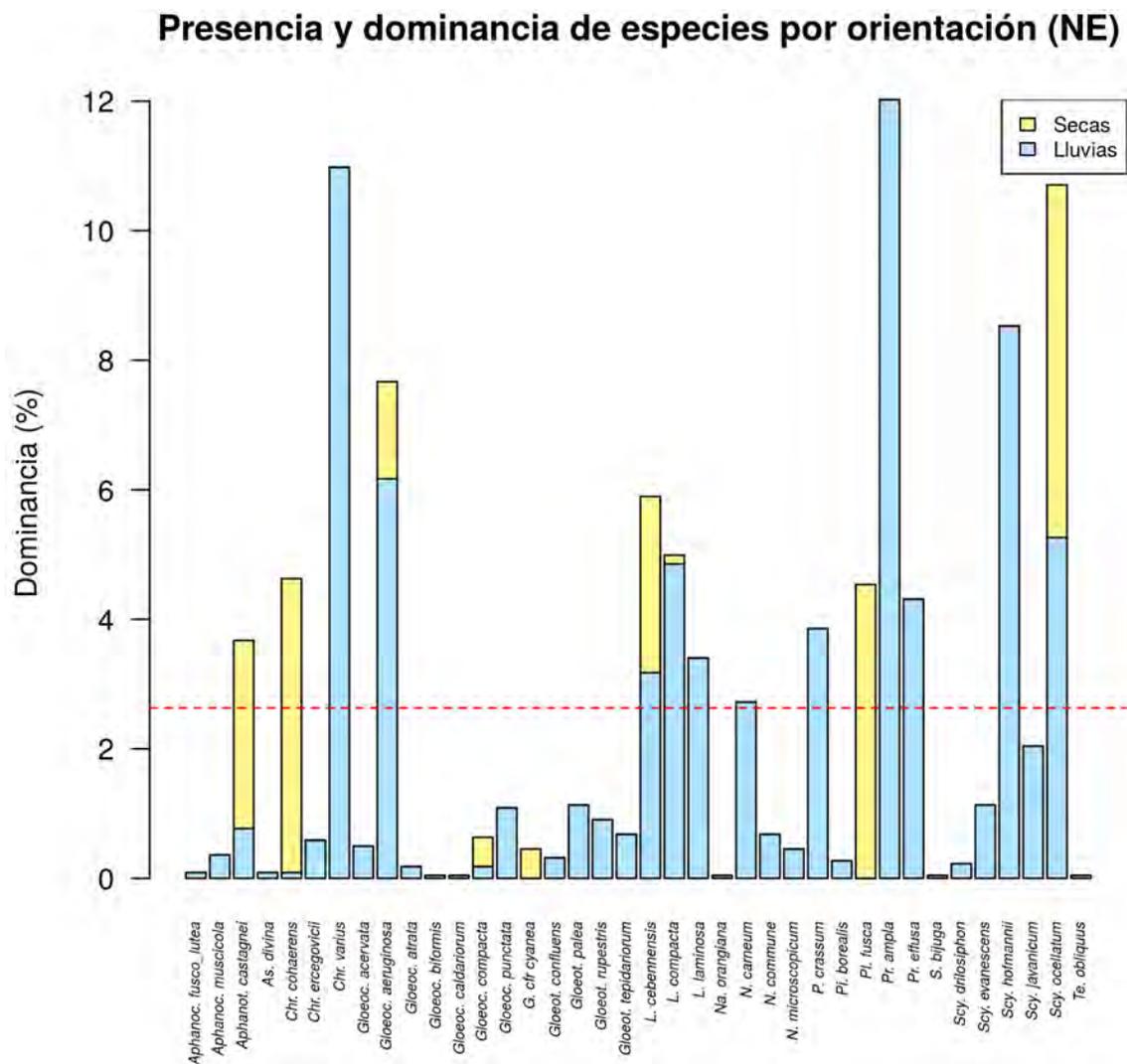


Figura 7.16: Efecto de la orientación al NE de los muros de los edificios sobre la composición de especies de los crecimientos de algas y cianoprocariontes. El nivel de corte, en 2.6 %, se indica con línea discontinua.

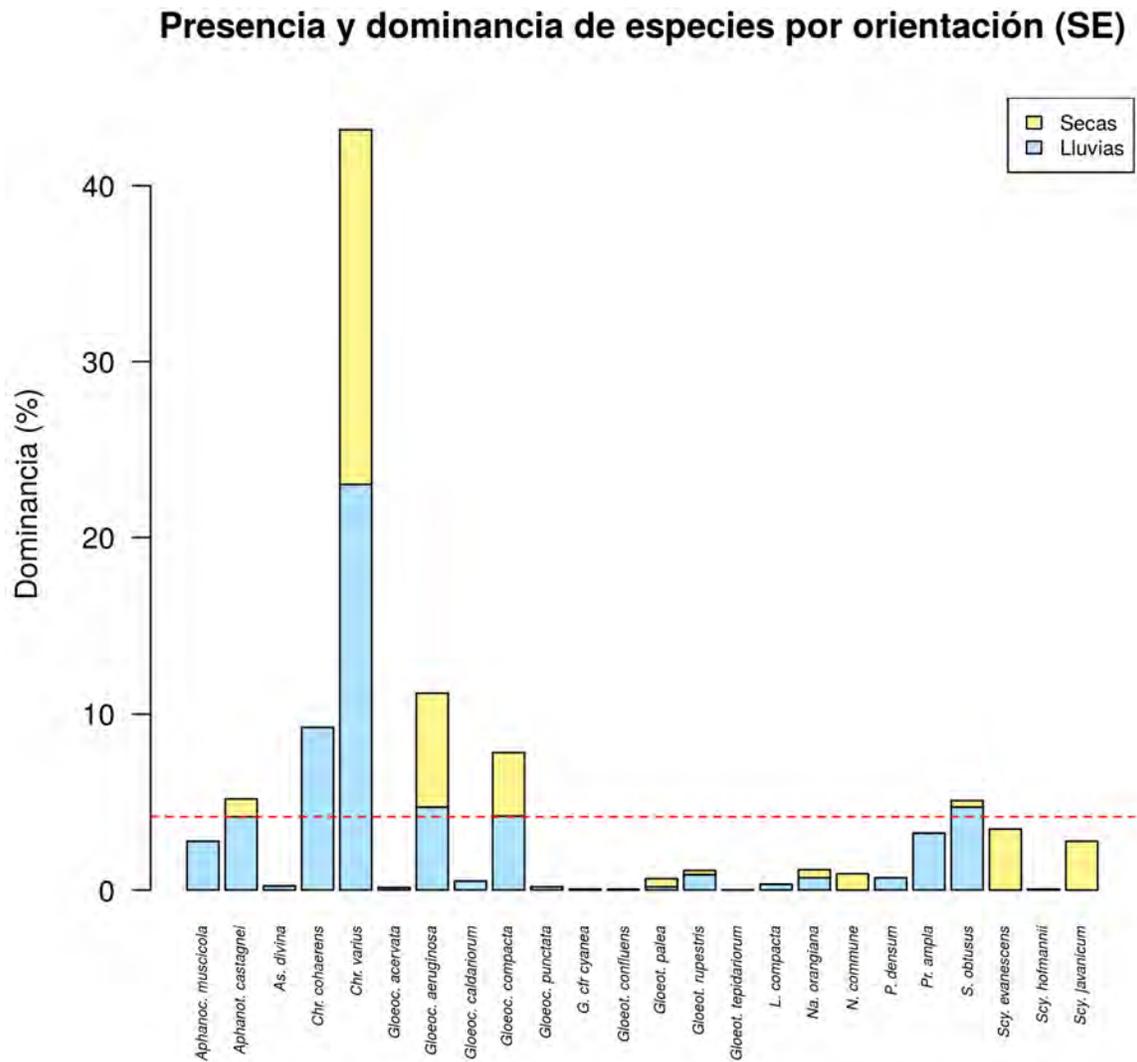


Figura 7.17: Efecto de la orientación al SE de los muros de los edificios sobre la composición de especies de los crecimientos de algas y cianoprocariontes. El nivel de corte, en 4.1%, se indica con línea discontinua.

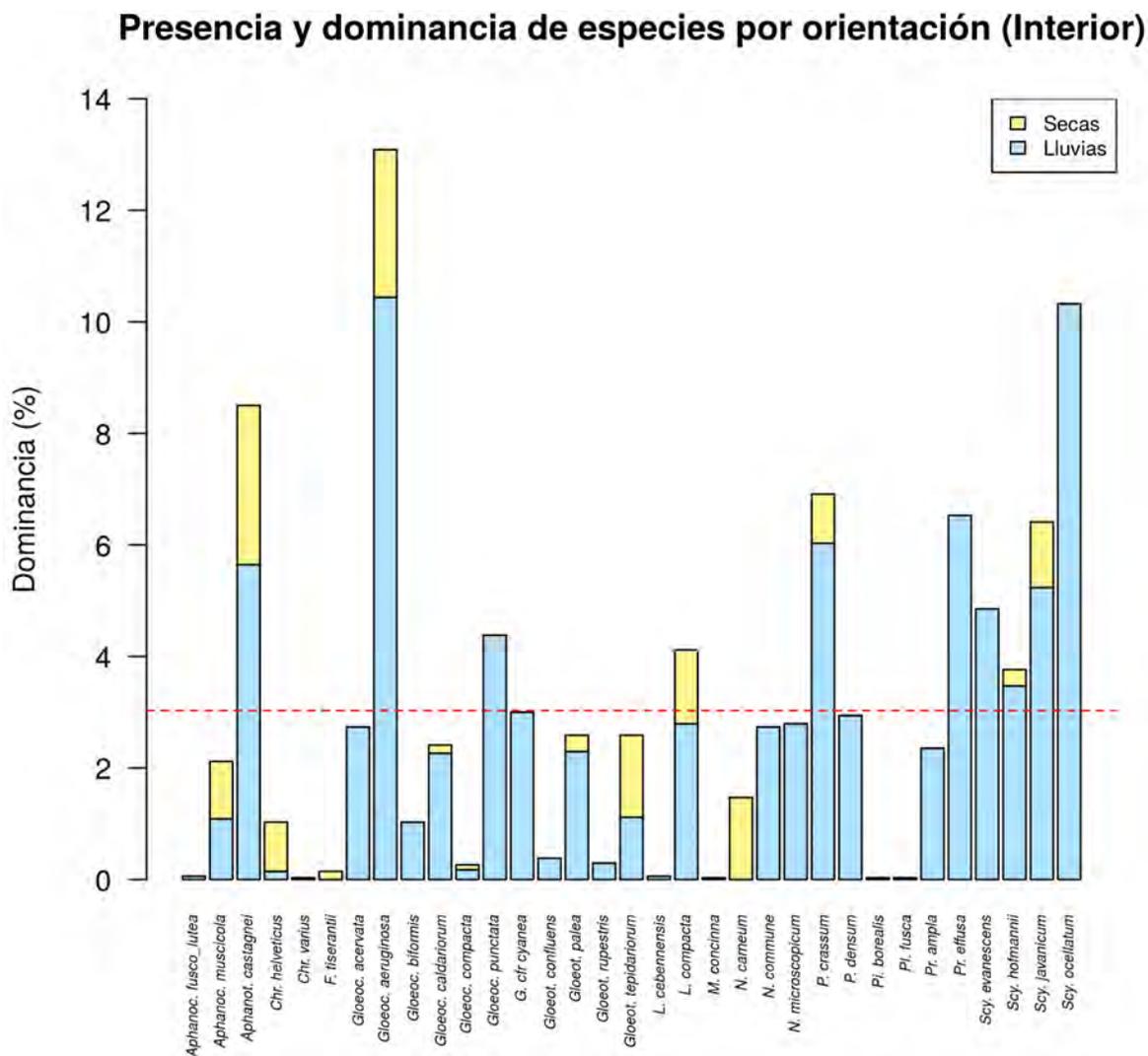


Figura 7.18: Efecto de la orientación de los muros interiores de los edificios sobre la composición de especies de los crecimientos de algas y cianoprocariontes. El nivel de corte, en 3.0 %, se indica con línea discontinua.

Cuadro 7.5: Valencias ecológicas de las especies colectadas en la ZA de Yaxchilán.

Taxón	Ambientes y formas de vida reportados	Eurioica	Estenoica
<i>Asterocapsa divina</i>	Epilítica subaérea y en ambientes lóticos.	x	
<i>Chroococcus cohaerens</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Chroococcus ercegovicii</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Chroococcus helveticus</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Chroococcus varius</i>	Epilítica subaérea, planctónica, ambientes lóticos y lóticos.	x	
<i>Gloeocapsopsis</i> cf. <i>cyanea</i>	Metafítica y epilítica subaérea.	x	
<i>Pseudocapsa dubia</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Chlorogloea novacekii</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Pleurocapsa fusca</i>	Epilítica en litorales de lagos.	x	
<i>Aphanocapsa fusco-lutea</i>	Epilítica subaérea y planctónica.	x	
<i>Aphanocapsa muscicola</i>	Epilítica subaérea, epífita y edáfica.		x
<i>Gloeocapsa acervata</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Gloeocapsa aeruginosa</i>	Epilítica subaérea, planctónica y epífita.	x	
<i>Gloeocapsa atrata</i>	Epilítica subaérea y planctónica.	x	
<i>Gloeocapsa biformis</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Gloeocapsa caldariorum</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Gloeocapsa compacta</i>	Epilítica subaérea y perifítica.	x	
<i>Gloeocapsa punctata</i>	Edáfica y planctónica.	x	
<i>Aphanothece castagnei</i>	Epilítica subaérea, planctónica, edáfica y termófila.	x	
<i>Gloeothece confluens</i>	Epilítica subaérea y planctónica.	x	
<i>Gloeothece palea</i>	Epilítica subaérea, planctónica, epífita y edáfica.	x	
<i>Gloeothece rupestris</i>	Epilítica subaérea, planctónica, bentónica, epífita, edáfica y perifítica.	x	
<i>Gloeothece tepidariorum</i>	Epilítica subaérea		x
<i>Synechococcus</i> cf. <i>elongatus</i>	Epilítica subaérea, planctónica, bentónica, termófila y epífita.	x	
<i>Myxosarcina concinna</i>	Corticícola subaérea.		x
<i>Fischerella</i> cf. <i>tiserantii</i>	Subaérea epífita.		x
<i>Nostoc</i> cf. <i>carneum</i>	Dulceacuícola y epífita (macroalgas).	x	
<i>Nostoc commune</i>	Planctónica (aguas dulces, salobres), edáfica, epífita subaérea y epilítica subaérea.	x	
<i>Nostoc microscopicum</i>	Planctónica (ambientes lóticos), edáfica y epilítica subaérea.	x	

Taxón	Ambientes y formas de vida reportados	Eurioica	Estenoica
<i>Petalonema crassum</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Petalonema densum</i>	Perifítica y epilítica subaérea.	x	
<i>Scytonema drilosiphon</i>	Epilítica subaérea y edáfica.		x
<i>Scytonema evanescens</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Scytonema hofmannii</i>	Planctónica (ambientes lóticos y lénticos), edáfica, corticícola, epilítica subaérea y epífita.	x	
<i>Scytonema javanicum</i>	Edáfica, corticícola, epilítica subaérea y perifítica.	x	
<i>Scytonema ocellatum</i>	Edáfica, epilítica subaérea, corticícola y perifítica.	x	
<i>Stigonema hormoides</i>	Planctónica (ambientes lóticos y lénticos), epífita (macroalgas), edáfica y epilítica subaérea.	x	
<i>Leptolyngbya cebenensis</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Leptolyngbya compacta</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Leptolyngbya laminosa</i>	Epilítica subaérea.		x
<i>Scenedesmus bijuga</i>	Planctónica (ambientes lóticos y lénticos), bentónica y metafítica.	x	
<i>Scenedesmus obtusus</i>	Planctónica (ambientes lóticos y lénticos).	x	
<i>Tetradesmus obliquus</i>	Planctónica (ambientes lóticos y lénticos), edáfica y metafítica.	x	
<i>Printzina ampla</i>	Epífita subaérea.		x
<i>Printzina bossei</i>	Corticícola.		x
<i>Printzina effusa</i>	Corticícola.		x
<i>Trentepohlia aurea</i>	Epilítica subaérea, epífita corticícola, fitotelmata, bentónica y edáfica.		x
<i>Navicula orangiana</i>	Perifítica.	x	
<i>Pinnularia borealis</i>	Edáfica, planctónica (ambientes lóticos y lénticos), epífita, epilítica subaérea, perifítica, epipélica, bentónica y metafítica.	x	

7.8. Formación de crecimientos macroscópicos por algunas especies

En el Cuadro 7.6 (p. 66) se reúne información acerca de las especies que forman crecimientos epilíticos macroscópicos, si estas forman parte del grupo de 8 especies colectadas en todas las temporadas, su relación con el desprendimiento de material de los muros, así como las especies que se colectaron exclusivamente en una temporada del año. Las especies capaces de

formar crecimientos epilíticos macroscópicos, y que en la mayoría de los casos están formados por una especie, con algunas colonias microscópicas de otras especies, fueron 28 especies. De estas, 14 se relacionaron con el desprendimiento de material de los muros al momento de removerlas *in situ*, y en la mayoría de los casos, cuando se hicieron las observaciones en el microscopio fotónico se corroboró la presencia de fragmentos de material calcáreo en las preparaciones semipermanentes. También se indican las especies que se encontraron en la mayoría de las colectas, y aquellas exclusivas de alguna temporada del año.

Cuadro 7.6: Características de algunas especies, por tamaño de los crecimiento epilíticos, su relación con el biodeterioro y la temporada en que se colectaron. (CM, especies formadoras de crecimientos macroscópicos; EF, especies frecuentes en todas las colectas; D, desprende material de los muros; Lluvias, solo se colectaron en temporada de lluvias; Secas, solo se colectaron en temporada de secas.)

Especie	CM	D	EF	Lluvias	Secas
<i>Asterocapsa divina</i>				x	
<i>Chroococcus cohaerens</i>	x				
<i>Chroococcus ercegovicii</i>				x	
<i>Chroococcus helveticus</i>					
<i>Chroococcus varius</i>	x	x	x		
<i>Gloeocapsopsis cf. cyanea</i>	x	x			
<i>Pseudocapsa dubia</i>				x	
<i>Chlorogloea novacekii</i>				x	
<i>Pleurocapsa fusca</i>	x	x			
<i>Aphanocapsa fusco-lutea</i>					
<i>Aphanocapsa muscicola</i>			x		
<i>Gloeocapsa acervata</i>	x				
<i>Gloeocapsa aeruginosa</i>	x		x		
<i>Gloeocapsa atrata</i>					
<i>Gloeocapsa biformis</i>	x	x			
<i>Gloeocapsa caldariorum</i>	x				
<i>Gloeocapsa compacta</i>					
<i>Gloeocapsa punctata</i>	x	x	x		
<i>Aphanothece castagnei</i>	x	x	x		
<i>Gloeothece confluens</i>					
<i>Gloeothece palea</i>	x		x		
<i>Gloeothece rupestris</i>					
<i>Gloeothece tepidariorum</i>					
<i>Synechococcus cf. elongatus</i>					
<i>Myxosarcina concinna</i>				x	
<i>Fischerella cf. tiserantii</i>					x
<i>Nostoc cf. carneum</i>	x				
<i>Nostoc commune</i>	x				
<i>Nostoc microscopicum</i>	x			x	
<i>Petalonema crassum</i>	x				

Espece	CM	D	EF	Lluvias	Secas
<i>Petalonema densum</i>	x	x			
<i>Scytonema drilosiphon</i>	x	x			
<i>Scytonema evanescens</i>	x	x			
<i>Scytonema hofmannii</i>	x	x	x		
<i>Scytonema javanicum</i>	x				
<i>Scytonema ocellatum</i>	x	x			
<i>Stigonema hormoides</i>					x
<i>Leptolyngbya cebenensis</i>	x				
<i>Leptolyngbya compacta</i>	x	x	x		
<i>Leptolyngbya laminosa</i>	x	x			
<i>Scenedesmus bijuga</i>				x	
<i>Scenedesmus obtusus</i>					x
<i>Tetradesmus obliquus</i>				x	
<i>Printzina ampla</i>	x	x			
<i>Printzina bossei</i>	x				
<i>Printzina effusa</i>	x				
<i>Trentepohlia aurea</i>	x				x
<i>Navicula orangiana</i>					
<i>Pinnularia borealis</i>				x	

7.9. Descripciones

Nota: Para consultar la información respecto a la fecha de colecta, el edificio y la orientación de los muros donde se encontraron las especies se sugiere ver el Cuadro 11.1, (p. 128) en el Apéndice 1.

7.9.1. División Cyanoprokaryota Komárek 1996

Clase Cyanophyceae Schaffner 1909

Orden Chroococcales Schaffner 1922

Familia Chroococcaceae Nägeli 1849

Asterocapsa Chu 1952

Asterocapsa divina Komárek 1993

Komárek, J. (1993). Validation of the genera *Gloeocapsopsis* and *Asterocapsa* (Cyanoprokaryota) with regard to species from Japan, Mexico and Himalayas. *Bulletin of*

the National Science Museum, Tokyo, Ser. B (Botany), 19(1): 19-37.

No forma agrupaciones macroscópicas. Células solitarias o formando colonias microscópicas de hasta 16 células, rodeadas por vainas amarillas, con proyecciones en la capa externa con forma de verrugas. Células esféricas o elipsoides, de 8-10 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul o verde olivo. (Figuras 7.19.a y 7.19.b, p. 96.)

Muestras: BA: 193, 420.

Distribución: México: San Luis Potosí, (Komárek, 1993; Montejano y León-Tejera, 2004; Montejano *et al.*, 2000, 2004, 2005, 2008); Chiapas (Ramírez *et al.*, 2009, 2010).

Ambientes y formas de vida: Epilítica subaérea, crece sobre rocas calcáreas húmedas (Komárek, 1993; Montejano y León-Tejera, 2004; Montejano *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2009, 2010), y en ambientes lóticos (Montejano *et al.*, 2000, 2004).

Chroococcus Nägeli 1849

Chroococcus cohaerens (Brébisson) Nägeli 1849

Nägeli, C. (1849). Gattungen einzelliger Algen, physiologisch und systematisch bearbeitet. Neue Denkschriften der Allg. Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften, 10(7): 1-139.

Crecimientos macroscópicos en forma de películas de color verde, con textura suave, poca adherencia al sustrato, se desprenden de los muros sin remover material del sustrato. Células agrupadas en pares o tétradas, dentro de una vaina hialina. Células hemisféricas o la cuarta parte de una esfera, de 2.0-4.8 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, verde azul pálido. (Figura 7.19.c, p. 96.)

Muestras: BA: 199, 200, 201, 405, 411, 413, 514.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2015; Torres, 1993). Argentina (Guarrera y Kühnemann, 1949) y España (Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra, 2000).

Ambientes y formas de vida: Epilítica subaérea, crece sobre paredes húmedas (Loyo, 2015; Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra, 2000; Torres, 1993).

Chroococcus ercegovicii Komárek et Anagnostidis 1994

Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1995). Nomenclatural novelties in chroococcalean cyanoprokaryotes. *Preslia, Praha*, 67: 15-23.

No forma agrupaciones macroscópicas. Células en grupos de 2 ó 4, dentro de una vaina, hialina a ligeramente amarilla, estratificada. Células hemisféricas o la cuarta parte de una esfera, de 4.5-5.1 μm por 6.2-6.9 μm , contenido celular homogéneo, de color verde azul a

verde olivo, en ocasiones con gránulos pardos en forma de puntos en el centro de la célula, con vaina individual. (Figura 7.19.d, p. 96.)

Muestras: BA: 600, 602, 614.

Distribución: Croacia (Komárek y Anagnostidis, 1998).

Ambientes y formas de vida: Subaéreo, epilítico, sobre rocas calcáreas (Komárek y Anagnostidis, 1998).

Chroococcus helveticus Nägeli 1849

Nägeli, C. (1849). Gattungen einzelliger Algen, physiologisch und systematisch bearbeitet. Neue Denkschriften der Allg. Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften, 10(7): 1-139.

No forma agrupaciones macroscópicas. Células en grupos de 2 ó 4, rodeadas por una vaina de un grosor equivalente a 1-1.5 veces el diámetro de las células, hialina, a veces con estratificaciones o vainas individuales poco notorias. Células esféricas, hemisféricas o con la forma de la cuarta parte de una esfera, de 6.6-8.5 μm de diámetro, contenido celular con granulaciones, de color verde azul pálido a verde olivo, en ocasiones ligeramente violáceas. (Figuras 7.19.e y 7.19.f, p. 96.)

Muestras: BA: 196, 418, 516.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2015). Probablemente cosmopolita (Komárek y Anagnostidis, 1998).

Ambientes y formas de vida: Subaerofítico, sobre rocas húmedas (Komárek y Anagnostidis, 1998).

Chroococcus varius A. Braun in Rabenhorst 1861

Rabenhorst, L. (1876). Algen Europa's, Fortsetzung der Algen Sachsens, Resp. *Mittel-Europa's. Decas*, 146-148. Nos 2451-2480. Dresden.

Crecimientos macroscópicos con aspecto de películas negruzcas o verde azul oscuras, adheridos firmemente al sustrato, al retirarlos de los muros desprenden material de estos. Subcolonias microscópicas formadas por grupos de 2 a 4 células, dentro de una vaina hialina o ligeramente amarilla. Células esféricas, hemisféricas o formando la cuarta parte de una esfera, de 1.5-3.9 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul, con vaina individual. (Figuras 7.19.g, 7.19.h y 7.19.i, p. 96.)

Muestras: BA: 194, 196, 197, 198, 209, 304, 305, 306, 321, 324, 327, 396, 397, 420, 502, 503, 504, 505, 508, 581, 584, 589, 606, 608.

Distribución: México: Estado de México (Figuroa, 2009; Mendoza-González, 1985; Ortega, 1984); Oaxaca (Tavera y González, 1990); Chiapas (Loyo, 2009, 2015; Torres, 1993);

Jalisco y Michoacán (Mora, 2004; Mora *et al.*, 2006); Tabasco (Moreno, 2005). Argentina (Guarrera y Kühnemann, 1949), EU (Whitford, 1943; Whitford y Kim, 1971), Vietnam (Hortobágyi, 1968), Irlanda (Schlichting, 1975) y España (Aboal, 1988).

Ambientes y formas de vida: Epilítica subaérea (Castro y Tapia, 1993; Hortobágyi, 1968; Loyo, 2009; Torres, 1993), riberas de cursos de agua alcalina dulce (Aboal, 1988), planctónica (Mendoza-González, 1985; Mora, 2004; Mora *et al.*, 2006; Moreno, 2005; Ortega, 1984; Whitford y Kim, 1971), lagos alpinos (Whitford y Kim, 1971).

***Gloeocapsopsis* Geitler ex Komárek 1993**

***Gloeocapsopsis* cf. *cyanea* (Krieger) Komárek et Anagnostidis 1994**

Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1995). Nomenclatural novelties in chroococcalean cyanoprokaryotes. *Preslia, Praha*, 67: 15-23.

Agrupaciones macroscópicas de aspecto pulverulento, de color verde, adherido firmemente al sustrato, al desprenderlas se remueve material del muro. Células solitarias, o densamente arregladas en grupos de 2-16 células, dentro de una vaina hialina. Células de formas irregulares a subsféricas, de 2.6-5.2 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul o verde olivo. (Figura 7.20.a, p. 97.)

Nota: Se designó como *Gloeocapsopsis* cf. *cyanea* debido a que los grupos de células que forman las colonias se describen en la literatura (Komárek y Anagnostidis, 1998) como negruzcos o verde azules, mientras que aquí solo se observaron como conjuntos de células verde azules rodeados por vainas hialinas.

Muestras: BA: 417, 418, 513, 582, 597.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2015); Ciudad de México (Novelo *et al.*, 2007a).

Ambientes y formas de vida: En lagos, como parte del metafiton (Novelo *et al.*, 2007a); subaérea, epilítica (Loyo, 2015).

***Pseudocapsa* Ercegović 1925**

***Pseudocapsa dubia* Ercegović 1925**

Ercegović, A. (1925). Litofitska vegetacija vapnenaca i dolomita u Hrvatskoj. La végétation lithophytes sur les calcaires et les dolomites en Croatie. *Acta Botanica Instituti Botanici Universitatis Zabrabensis*, 10: 64-114.

Colonias microscópicas. Células en grupos esféricos o irregulares, densamente arreglados, con 2-16 células, rodeadas por una vaina hialina, sin estratificaciones. Células esféricas, hemisféricas o poliédricas, de 2.2-3.7 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul pálido. (Figura 7.20.b, p. 97.)

Muestras: BA: 612.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2015). Croacia, Grecia, Italia y Polonia (Komárek y Anagnostidis, 1986).

Ambientes y formas de vida: Subaerofítica, epilítica en rocas calizas húmedas y paredes sombreadas (Loyo, 2015).

Familia Entophysalidaceae Geitler 1925

Chlorogloea Wille 1900

Chlorogloea novacekii Komárek et Montejano 1994

Komárek, J. & Montejano, G. (1994). Taxonomic evaluation of several *Chlorogloea* species (Cyanoprocaryota) from inland biotopes. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie*, Supplement Volumes 74: 1-26.

No forma agrupaciones macroscópicas. Colonias microscópicas, esféricas o rara vez irregulares, con decenas de células formando pseudofilamentos dispuestos radialmente; vainas con márgenes firmes, hialinas o amarillentas. Células esféricas o ligeramente ovaladas, de 1.9-2.3 µm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul pálido. (Figura 7.20.c, p. 97.)

Muestras: BA: 612.

Distribución: México: Palenque, Chiapas (Loyo, 2015). Rep. Checa (Komárek y Montejano, 1994).

Ambientes y formas de vida: Subaerofítica y en cuevas húmedas (Komárek y Montejano, 1994; Loyo, 2015).

Familia Hyellaceae Borzì 1914

Pleurocapsa Thuret 1885

Pleurocapsa fusca Godward 1937

Godward, M.B. (1937). An ecological and taxonomic investigation of the littoral algal flora of Lake Windermere. *Journal of Ecology*, 25: 496-568.

Crecimientos macroscópicos con aspecto de películas pulverulentas, de color verde oscuro a negruzcas, firmemente adheridos a los muros, desprenden material de estos al removerlos.

Colonias pseudofilamentosas, constituyen pseudoparénquimas de formas irregulares. Pseudofilamentos compuestos por una o dos filas de células, rodeadas por vainas sin lamelaciones, hialinas, con un grosor menor a 0.5 μm entre las células. Células esféricas, hemisféricas o poliédricas, con diámetros de 2.6-3.6 μm por 3.6-4.8 μm , contenido celular homogéneo, de color verde azul. (Figura 7.20.d, p. 97.)

Muestras: BA: 397, 517.

Distribución: Inglaterra (Godward, 1937) y Polonia (Starmach, 1966).

Ambientes y formas de vida: Epilítica en litorales de lagos (Godward, 1937; Starmach, 1966).

Familia Merismopediaceae Elenkin 1933

Aphanocapsa Nägeli 1849

Aphanocapsa fusco-lutea Hansgirg 1892

Hansgirg, A. (1892). Prodrömus der Algenflora von Böhmen. Zweiter Theil welcher die blaugrünen Algae (Myxophyceen, Cyanophyceen), nebst Nachträgen zum ersten Theile und einer systematischen Bearbeitung der in Böhmen verbreiten saprophytischen Bacterien und Euglenen enthält. Mit den opiz-preise Gekrönte Arbeit auf Kosten des Opizfondes. *Archiv für die naturwissenschaftliche Landesdurchforschung von Böhmen*, 8(4): 1-268.

No forma agrupaciones macroscópicas. Colonias de formas irregulares, con las células densamente dispuestas, en grupos 2-32 de células; vainas con márgenes firmes, de color amarillo o hialinas. Células esféricas, de 0.9-1.5 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul. (Figuras 7.20.e y 7.20.f, p. 97.)

Muestras: BA: 312, 398, 402, 415.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2015). Argentina (Guarrera *et al.*, 1972).

Ambientes y formas de vida: Planctónica en lagos (Guarrera *et al.*, 1972), subaérea sobre muros calcáreos (Loyo, 2015).

Aphanocapsa muscicola (Meneghini) Wille 1919

Wille, N. (1919). Algologische Notizen XXV-XXIX. *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne*, 56: 1-60.

No forma crecimientos macroscópicos. Colonias esféricas, con células densamente arregladas, en grupos de 2-32 células; vainas con márgenes firmes, hialinas. Células esféricas o

irregulares, de 2.9-3.9 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul. (Figura 7.20.g, p. 97.)

Muestras: BA: 193, 196, 212, 215, 216, 310, 314, 327, 397, 398, 403, 413, 420, 515, 583, 585, 596, 597, 609, 611.

Distribución: México: Estado de México (Margain, 1981, 1989); Oaxaca (Tavera y González, 1990); Chiapas (Loyo, 2009, 2015). Antártida (Broady, 1979).

Ambientes y formas de vida: Epífitas o en charcos (Margain, 1981, 1989), subaérea epilítica, sobre muros húmedos o calcáreos (Loyo, 2009, 2015; Tavera y González, 1990), edáfica (Broady, 1979).

Familia Microscystaceae Elenkin 1933

Gloeocapsa Kützing 1843

Gloeocapsa acervata Gardner 1927

Gardner, N.L. (1927). New Myxophyceae from Porto Rico. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 7: 1-144.

Forma crecimientos macroscópicos en forma de película con textura aterciopelada, de color café verdoso, con poca adherencia al sustrato, no desprenden material de los muros al retirarlos de estos. Subcolonias de 2 hasta más de 64 células, con vainas de un grosor de 2 veces el diámetro de las células, con vainas individuales. Células esféricas, de 3.0-3.5 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul. (Figuras 7.20.h, 7.20.i y 7.21.a, pp. 97 y 98.)

Muestras: BA: 204, 315, 399, 400, 402, 414, 600.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2015). Puerto Rico (Gardner, 1927).

Ambientes y formas de vida: Epilítica subaérea sobre rocas calizas (Loyo, 2015).

Gloeocapsa aeruginosa Kützing 1843

Kützing, F.T. (1843). *Phycologia generalis oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange. Mit 80 farbig gedruckten Tafeln, gezeichnet und gravirt vom Verfasser.* F.A. Brockhaus. Leipzig. 458 pp.

Forma crecimientos macroscópicos de aspecto mucilaginoso, de color verde azul, verde olivo o negruzco, poco adheridos al sustrato, se desprenden de los muros sin remover sustrato; también es común como colonias microscópicas entre otras algas o cianoprocariontes. Subcolonias de 2 hasta 64 células, con vaina hialina. Células esféricas, de 1.5-3.0 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul pálido. (Figura 7.21.b, p. 98.)

Muestras: BA: 193, 195, 196, 204, 212, 214, 215, 299, 301, 302, 303, 307, 309, 314, 315, 317, 320, 323, 324, 325, 327, 397, 400, 401, 403, 406, 408, 412, 415, 419, 420, 422, 502, 506, 507, 509, 511, 512, 515, 516, 518, 583, 585, 587, 590, 594, 597, 599, 600, 601, 602, 608, 613, 614.

Distribución: México: Estado de México (Banderas, 1994; Figueroa, 2009; Ortega, 1984; Mendoza-González, 1985); Jalisco (Mora, 2004; Mora *et al.*, 2004, 2006); Chiapas (Loyo, 2009, 2015). Argentina (Guarrera y Kühnemann, 1949), Suecia (Borge, 1936) y Java (Bernard, 1908).

Ambientes y formas de vida: Planctónica en lagos o estanques (Banderas, 1994; Bernard, 1908; Mendoza-González, 1985; Mora, 2004; Mora *et al.*, 2004, 2006; Ortega, 1984); epilítica subaérea, sobre paredes húmedas (Castro y Tapia, 1993; Loyo, 2009, 2015); epífita (Mendoza-González, 1985; Ortega, 1984).

***Gloeocapsa atrata* Kützing 1845**

Kützing, F.T. (1843). *Phycologia generalis oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange. Mit 80 farbig gedruckten Tafeln, gezeichnet und gravirt vom Verfasser.* F.A. Brockhaus. Leipzig. 458 pp.

No forma crecimientos macroscópicos. Subcolonias de 2 a 8, algunas veces hasta 16 células, con vainas hialinas. Células esféricas a ligeramente alargadas, de 4.5-7.0 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul pálido, con vainas individuales poco evidentes. (Figura 7.21.c, p. 98.)

Muestras: BA: 203, 302, 602.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2009); Puebla (Novelo, 2011).

Ambientes y formas de vida: Planctónica en estanques artificiales o canales (Novelo, 2011); epilítica subaérea sobre paredes húmedas (Loyo, 2009); epífita (Novelo, 2011).

***Gloeocapsa biformis* Ercegović 1925**

Ercegović, A. (1925). Litofitska vegetacija vapnenaca i dolomita u Hrvatskoj. La végétation lithophytes sur les calcaires et les dolomites en Croatie. *Acta Botanica Instituti Botanici Universitatis Zabrabensis*, 10: 64-114.

Crecimientos macroscópicos de aspecto mucilaginoso, de color verde azul, adheridos firmemente al sustrato, se remueve material del muro al desprenderlos. Subcolonias de 2-8 células, con vainas hialinas, amarillas, rojizas o parduzcas. Células esféricas o ligeramente alargadas, de 1.4-3.3 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul pálido, con vainas individuales. (Figuras 7.21.d y 7.21.e, p. 98.)

Muestras: BA: 203, 206, 212, 323, 401, 403, 412, 413, 415, 601, 602, 603, 612.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2015). España (Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra, 2000).

Ambientes y formas de vida: Epilítica subaérea, sobre muros de granito (Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra, 2000) o calcáreos (Loyo, 2015).

***Gloeocapsa caldariorum* Rabenhorst 1865**

Rabenhorst, L. (1865). *Flora europaea algarum aquae dulcis et submarinae. Sectio II. Algas phycochromaceas complectens*. Apud Eduardum Kummerum. Leipzig. 319 pp.

Crecimientos macroscópicos de apariencia mucilaginoso, de color negruzco, poco adheridos al sustrato, se desprenden de los muros sin remover sustrato. Subcolonias de 2 a 4 células, con vainas de un grosor de 4-6 veces el diámetro de las células, hialinas. Células esféricas, de 2.9-3.5 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul pálido, con vainas individuales estratificadas. (Figura 7.21.f, p. 98.)

Muestras: BA: 404, 407, 408, 411, 503, 507, 587, 588.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2009, 2015).

Ambientes y formas de vida: Epilítica subaérea, sobre paredes húmedas (Loyo, 2009, 2015).

***Gloeocapsa compacta* Kützing 1845**

Kützing, F.T. (1847). *Tabulae phycologicae; oder, Abbildungen der Tange*. Vol. I, fasc. 3-5 pp. 27-36. Nordhausen: Gedruckt auf kosten des Verfassers (in commission bei W. Köhne).

No forma crecimientos macroscópicos. Subcolonias de 2 a 64 células, con vainas pardas, violáceas o rojizas, hialinas solo en etapas juveniles. Células esféricas, de 0.9-1.3 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul, con vainas individuales. (Figuras 7.21.g y 7.21.h, p. 98.)

Muestras: BA: 301, 398, 406, 420, 506, 509, 511, 518, 602.

Distribución: México: Quintana Roo (Becerra, 2002; Becerra y Tavera, 2003); Chiapas (Loyo, 2009, 2015). España (Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra, 2000).

Ambientes y formas de vida: Perifítica, en humedales (Becerra, 2002; Becerra y Tavera, 2003); epilítica subaérea, sobre paredes calcáreas húmedas (Loyo, 2009, 2015) o muros de granito (Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra, 2000).

***Gloeocapsa punctata* Nägeli 1849**

Nägeli, C. (1849). Gattungen einzelliger Algen, physiologisch und systematisch bearbeitet. Neue Denkschriften der Allg. Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften, 10(7): i-viii, 1-139.

Crecimientos macroscópicos en forma de películas pulverulentas, de color verde negruzco, firmemente adheridas al sustrato, al desprenderlas remueven material del muro. Subcolonias de 2 a 4, rara vez más de 8 células, con vainas hialinas. Células esféricas, de 2.0-2.4 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul pálido, con vainas individuales poco evidentes. (Figura 7.21.i, p. 98.)

Muestras: BA: 214, 216, 299, 300, 303, 307, 309, 311, 312, 313, 316, 320, 321, 326, 327, 399, 403, 404, 407, 408, 415, 416, 420, 422, 585, 586, 589, 591, 592, 614.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2015); Tabasco (Moreno, 2005). Argentina (Guarrera *et al.*, 1972), EU (Snow, 1903) y España (Aboal, 1988).

Ambientes y formas de vida: Edáfica (Aboal, 1988); plactónica en lagos y ríos (Aboal, 1988; Guarrera *et al.*, 1972; Moreno, 2005; Snow, 1903).

Familia Synechococcaceae Komárek et Anagnostidis 1995

Aphanothece Nägeli 1849

Aphanothece castagnei (Brébisson) Rabenhorst 1865

Rabenhorst, L. (1865). *Flora europaea algarum aquae dulcis et submarinae. Sectio II. Algas phycochromaceas complectens*. Apud Eduardum Kummerum. Leipzig. 319 pp.

Crecimientos macroscópicos en forma de películas costrosas, de color verde azul oscuro, firmemente adheridos al sustrato, al retirarlos del muro desprenden material. Subcolonias globosas, con 2 a 32 células, con vaina amarilla pálida u ocre, con márgenes firmes. Células ovaladas o reniformes antes de dividirse, de 4.0-5.9 μm por 8.0-11.0 μm , sin aerotopos, verde azules, con vaina individual con margen firme o difluente. No se observaron nanocitos. (Figuras 7.22.a y 7.22.b, p. 99.)

Muestras: BA: 204, 206, 212, 213, 301, 307, 311, 312, 323, 326, 399, 401, 406, 408, 502, 506, 507, 509, 511, 512, 585, 588, 593, 598, 600, 601, 602.

Distribución: México: Oaxaca (Tavera y González, 1990); Hidalgo (Margain, 1981, 1989); Chiapas (Castro y Tapia, 1993; Loyo, 2009, 2015; Ramírez, 2006; Ramírez *et al.*, 2009, 2010); Jalisco (Mercado *et al.*, 2006). Argentina (Guarrera *et al.*, 1972), EU (Kullberg, 1971), España (Aboal, 1989), Suecia (Borge, 1936), Alemania (Behre, 1956, 1961), Polonia (Starmach y Sieminska, 1979) e India (Starmach y Sieminska, 1979).

Ambientes y formas de vida: Planctónica, en lagos (Guarrera *et al.*, 1972), presas (Mercado *et al.*, 2006), en agua dulce alcalina con carga orgánica (Aboal, 1988); subaérea

epilítica, sobre paredes húmedas (Castro y Tapia, 1993; Loyo, 2009; Ramírez, 2006; Ramírez *et al.*, 2009, 2010); edáfica (Starmach y Sieminska, 1979); termófila (Kullberg, 1971).

***Gloeothece* Nägeli 1849**

***Gloeothece confluens* Nägeli 1849**

Nägeli, C. (1849). Gattungen einzelliger Algen, physiologisch und systematisch bearbeitet. Neue Denkschriften der Allg. *Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften*, 10(7): 1-139.

No forma crecimientos macroscópicos. Colonias de 2 a 4 células, con vaina hialina, del doble o triple del diámetro mayor de las células, con márgenes firmes. Células cilíndricas con extremos redondeados, de 1.3-2.4 μm por 3.3-3.6 μm , contenido celular homogéneo, de color verde azul, con vainas individuales hialinas. (Figura 7.22.c, p. 99.)

Muestras: BA: 316, 327, 402, 419, 420, 422, 519, 520, 583, 585.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2015). Argentina (Guarrera *et al.*, 1972).

Ambientes y formas de vida: Planctónica, en lagos (Guarrera *et al.*, 1972); subaérea, epilítica (Loyo, 2015).

***Gloeothece palea* (Kützing) Rabenhorst 1865**

Nägeli, C. (1849). Gattungen einzelliger Algen, physiologisch und systematisch bearbeitet. Neue Denkschriften der Allg. *Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften*, 10(7): 1-139.

Crecimientos macroscópicos de aspecto mucilaginoso, rojizos, poco adheridos al sustrato, se desprenden sin remover material de los muros. Subcolonias de 2 a 4 o, a veces, hasta 16 células, con vaina hialina o amarilla pálida. Células cilíndricas con extremos redondeados, de 3.7-4.8 μm por 7.8-8.0 μm , con gránulos en el citoplasma, de color verde azul pálido, con vainas individuales hialinas con márgenes firmes. (Figura 7.22.d, p. 99.)

Muestras: BA: 193, 203, 215, 216, 300, 301, 307, 316, 403, 406, 417, 418, 421, 503, 509, 510, 590, 591, 592, 595, 599, 613, 614.

Distribución: México: Puebla (Ávila, 1985, 1989; Novelo, 1998); Morelos (Valadez, 1992, 1998); Chiapas (Loyo, 2009, 2015; Ramírez, 2006, 2012; Ramírez *et al.*, 2009, 2010). India (Desikachary, 1959) y Polonia (Starmach, 1966).

Ambientes y formas de vida: Subaérea epilítica, sobre rocas y paredes húmedas (Ávila, 1985, 1989; Loyo, 2009; Novelo, 1998; Ramírez, 2006; Ramírez *et al.*, 2009, 2010); planctónica, en ríos (Valadez, 1992, 1998) o manantiales termales (Komárek y Anagnostidis, 1998); epífita, en musgos (Komárek y Anagnostidis, 1998; Novelo, 1998); edáfica (Ávila, 1989; Novelo, 1998).

***Gloeothece rupestris* (Lyngbye) Bornet in Wittrock et Nordstedt 1880**

Wittrock, V.B. y Nordstedt, C.F.O. (1880). *Algae aquae dulcis exsiccatae*. Fasc. 7. pp. 301-350. Lund.

No forma crecimientos macroscópicos. Subcolonias de 2 a 8 células, con vainas hialinas o amarillas. Células cilíndricas con extremos redondeados, con diámetros de 3.5-4.6 μm por 5.0-8.4 μm , contenido celular con granulaciones, de color verde azul, con vaina individual. (Figura 7.22.e, p. 99.)

Muestras: BA: 309, 319, 325, 400, 410, 502, 582, 583, 608.

Distribución: México: Oaxaca (Tavera y González, 1990); Chiapas (Loyo, 2015); Morelos (Valadez, 1992); Yucatán (McNamara *et al.*, 2006). Argentina (Guarrera y Kühnemann, 1949), EU (Whitford, 1943), España (Aboal, 1989; Aboal y Llimona, 1989), Suecia (Borge, 1936), Japón (Akiyama, 1970) y Bangladesh (Islam, 1972).

Ambientes y formas de vida: Planctónica (Aboal, 1989; Aboal y Llimona, 1989; Valadez, 1992); bentónica (Aboal, 1989; Aboal y Llimona, 1989); edáfica (Akiyama, 1970); subaérea epilítica (Islam, 1972; Loyo, 2015; McNamara *et al.*, 2006; Tavera y González, 1990; Torres, 1993); epífita (Aboal, 1988); perífita (Whitford, 1943).

***Gloeothece tepidariorum* (A. Braun) Lagerheim 1883**

Lagerheim, G. (1883). Bidrag till Sveriges algflora. Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar Arg., 40(2): 37-78.

No forma crecimientos macroscópicos. Subcolonias de 2 a 4 células, con vaina hialina o amarilla pálida. Células cilíndricas con extremos redondeados, con diámetros de 4.9-5.5 μm por 7.2-10.3 μm , contenido celular con granulaciones, algunas veces con uno o dos puntos pardos o rojizos a un lado del centro de las células, de color verde azul pálido, con vainas individuales estratificadas. (Figura 7.22.f, p. 99.)

Muestras: BA: 215, 216, 302, 303, 309, 326, 401, 509, 510, 515, 516, 518, 583, 586, 587, 589, 591, 592, 599.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2015). Argentina (Guarrera y Kühnemann, 1949) y Europa central (Komárek y Anagnostidis, 1998).

Ambientes y formas de vida: Subaérea, epilítica (Loyo, 2015), en invernaderos (Komárek y Anagnostidis, 1998).

Synechococcus* Nägeli 1849**Synechococcus* cf. *elongatus* (Nägeli) Nägeli 1849**

Nägeli, C. (1849). Gattungen einzelliger Algen, physiologisch und systematisch bearbeitet. Neue Denkschriften der Allg. Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften, 10(7): 1-139.

No forma crecimientos macroscópicos. Colonias formadas por subcolonias embebidas en una vaina hialina. Subcolonias de 2 células que se mantienen juntas después de la división celular, alineadas longitudinalmente formando pseudofilamentos cortos, rodeadas por vainas individuales hialinas. Células en forma de bastón, la proporción entre el largo y el diámetro es de 2-2.5:1, con 3.8-4.9 μm de largo por 1.6-2.0 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde olivo a verde azul pálido. (Figura 7.22.g, p. 99.)

Nota: Fue designada como *Synechococcus* cf. *elongatus* debido a que la morfología descrita en la literatura (Komárek y Anagnostidis, 1998) menciona la formación de pseudofilamentos de 4 células, lo cual no se observó en este caso, y presencia de células de 2-9 por 1.2-3 μm , mientras que los organismos aquí observados no alcanzaron esa longitud máxima.

Muestras: BA: 300, 613.

Distribución: México: Chiapas (Loyo, 2009). EU (Kullberg, 1971), España (Aboal, 1988, 1989; Aboal y Llimona, 1989), Italia (Castenholz, 1970) y Hungría (Hortobágyi, 1960).

Ambientes y formas de vida: Planctónica (Aboal, 1988; Aboal y Llimona, 1989), termófila (Castenholz, 1970; Kullberg, 1971); bentónica (Aboal, 1988; Aboal y Llimona, 1989); epífita, sobre algas filamentosas (Aboal, 1988; Aboal y Llimona, 1989); perifítica (Kullberg, 1971); subaérea, epilítica (Loyo, 2009).

Familia Xenococcaceae Ercegović 1932

Myxosarcina Printz 1921

Myxosarcina concinna Printz 1921

Printz, H. (1921). Subaërial algae from South Africa. *Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter*, 1: 1-41.

No forma crecimientos macroscópicos. Subcolonias en forma de paquetes cúbicos o redondeados, con 2 a 64 células, rodeadas por vainas hialinas. Células esféricas o poliédricas irregulares, de 1.3-2.9 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde amarillento. (Figura 7.22.h, p. 99.)

Muestras: BA: 214, 402, 613.

Distribución: Sudáfrica (Printz, 1921).

Ambientes y formas de vida: Subaérea, sobre corteza de árboles (Printz, 1921).

Orden Nostocales Borzì 1914

Familia Fischerellaceae Anagnostidis et Komárek 1990***Fischerella* (Bornet et Flahault) Gomont 1895*****Fischerella* cf. *tiserantii* Frémy 1930**

Frémy, A.P. (1930). Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française. *Archives de Botanique, Mémoires*, 3(2): 1-508.

No forma crecimientos macroscópicos. Talo filamentosos, con haces poco enredados entre sí, diferenciado en un filamento principal postrado y ramificaciones erectas, generalmente más delgadas. Filamentos de 14.6-19.8 μm de diámetro. Vaina amarillenta, a veces hialina, de 2.0-7.0 μm de grosor. Células cuadradas o con forma de barril, de 7.7-14.3 μm de ancho por 4.8-10.7 μm de longitud, contenido celular con granulaciones finas, de color verde azul a verde olivo. Heterocitos cuadrados o con forma de barril, de 10.7-11.2 μm de diámetro por 12.6-14.6 μm de largo, de color amarillo pálido. (Figuras 7.22.i, 7.23.a y 7.22.b, pp. 99 y 100.)

Nota: Se le designó como *Fischerella* cf. *tiserantii* debido a que no fue posible observar la morfología macroscópica del talo, y compararla con la descrita en la literatura (Komárek, 2013).

Muestra: BA: 510.

Distribución: África ecuatorial (Frémy, 1930), Centroamérica y Sudamérica (Komárek, 2013).

Ambientes y formas de vida: Subaérea, sobre tallos de árboles en selvas tropicales y manglares (Frémy, 1930).

Familia Nostocaceae Agardh ex Kirchner 1898***Nostoc* Vaucher ex Bornet et Flahault 1886*****Nostoc* cf. *carneum* (Lyngbye) Agardh ex Bornet et Flahault 1888**

Bornet, É. & Flahault, C. (1886). Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France (quatrième et dernier fragment). *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Septième Série*, 7: 177-262.

Crecimientos macroscópicos en forma de películas grumosas, gelatinosas, de color verde oscuro, poco adheridas a los muros, se desprenden sin remover material. Subcolonias microscópicas de formas esféricas o globosas, con una vaina hialina o ligeramente amarilla, sin peridermo. Filamentos curvados, arreglados laxamente, sin orientación definida en la subcolonia, vainas individuales de los filamentos poco evidentes. Tricomos con 20-30 células

dispuestas longitudinalmente. Células ovaladas, en forma de barril o, rara vez, esféricas, de 3.5-4.8 μm de diámetro por 6.0-7.5 μm de largo, contenido celular homogéneo, de color verde azul; células apicales redondeadas. Heterocitos ovales o algunas veces esféricos, de 5.0-6.0 μm de diámetro por 8.0 μm de largo, de color verde azul, intercalares. Acinetos no observados. (Figuras 7.23.c y 7.23.d, p. 100.)

Nota: Fue designada como *Nostoc cf. carneum* debido a que en la literatura (Komárek, 2013) se le describe como acuática, mientras que aquí se encontró en un ambiente subaéreo.

Muestras: BA: 510, 614.

Distribución: Argentina (Guarrera y Kühnemann, 1949), Brasil (Drouet, 1938) y EU (Britton, 1944; Sheath y Cole, 1992).

Ambientes y formas de vida: Dulceacuícola, en ambientes lóticos y estanques (Britton, 1944; Sheath y Cole, 1992); epífita, sobre macroalgas (Sheath y Cole, 1992).

Nostoc commune Vaucher ex Bornet et Flahault 1888

Bornet, É. & Flahault, C. (1886). Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France (quatrième et dernier fragment). *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Septième Série*, 7: 177-262.

Crecimientos macroscópicos en forma de películas gelatinosas o costras, de color verde olivo a verde oscuro, poco adheridos al sustrato, se desprenden de los muros sin remover material. Subcolonias esféricas, con vainas hialinas o amarillas ocreas, con peridermo firme y liso. Filamentos curvados, enredados entre sí, en arreglos muy densos, sin orientación definida; con vainas individuales rodeando cada filamento, hialinas, algunas veces amarillentas. Tricomas con 10-20 células dispuestas longitudinalmente. Células esféricas o ligeramente alargadas, de 2.4-3.6 μm de diámetro, contenido celular homogéneo o con finas granulaciones, de color verde azul pálido; células apicales esféricas. Heterocitos esféricos, de 5.2-5.9 μm de diámetro, verde azules, en posición terminal o intercalar en el tricoma. Acinetos no observados. (Figuras 7.23.e y 7.23.f p. 100.)

Muestras: BA: 210, 211, 212, 314, 316, 328, 413, 509, 518, 519, 582, 583, 591, 592, 594, 595, 597, 598.

Distribución: México: Hidalgo (Ortega, 1972, 1984); Estado de México (Figueroa, 2009; Ortega, 1972, 1984); Veracruz (Ortega, 1972, 1984); Sinaloa (Ortega, 1972, 1984); Chiapas (Ramírez *et al.*, 2010, 2011; Torres, 1993); Morelos (Espinosa *et al.*, 1984); Jalisco y Michoacán (Castro y Mora, 2006; Mora, 2004; Mora *et al.*, 2006); Yucatán (Durrell, 1964; Schmitter-Soto *et al.*, 2002); Sonora (Cameron, 1960; Drouet, 1939). EU (Cameron, 1960, 1962, 1963, 1964; Drouet, 1939; Durrell, 1962; Starks y Shubert, 1982; Tiffany, 1951; Whitford, 1943), Argentina (Guarrera y Kühnemann, 1949; Guarrera *et al.*, 1968), Perú (Acosta, 1977; Godínez *et al.*, 2001), Puerto Rico (Almodovar, 1963), Cuba (Durrell, 1964), Jamaica (Durrell, 1964), Tobago (Durrell, 1964), Colombia (Durrell, 1964), Costa Rica (Durrell, 1964), Brasil (Drouet, 1938),

España (Aboal, 1988), Inglaterra (Bristol, 1920; John, 1942), India (Prasad y Srivastava, 1968), Sudáfrica (Claassen, 1961) y Antártida (Broady, 1979).

Ambientes y formas de vida: Planctónica, en aguas dulces y salobres, de ambientes lóticos y lénticos (Godínez *et al.*, 2001; Ortega, 1984); edáfica, en suelos húmedos (Cameron, 1963; Drouet, 1939; Guarrera *et al.*, 1968; Ortega, 1984; Whitford, 1943) y áridos (Cameron, 1960, 1962; Durrell, 1962); epífita, sobre Anthoceros (Ortega, 1984; Starks y Shubert, 1982; Tiffany, 1951), arrozales (Espinosa *et al.*, 1984) o macroalgas (Sheath y Cole, 1992); subaérea, epilítica, sobre muros húmedos (Ramírez *et al.*, 2010, 2011; Torres, 1993).

***Nostoc microscopicum* Carmichael ex Bornet et Flahault 1888**

Bornet, É. & Flahault, C. (1888). Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France (quatrième et dernier fragment). *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Septième Série*, 7: 177-262.

Crecimientos macroscópicos de aspecto mucilaginoso, de color verde amarillento, con poca adherencia a los muros, se desprenden fácilmente de estos, sin remover material. Subcolonias globosas, con vainas hialinas o amarillentas, con peridermo liso. Filamentos curvados, laxamente dispuestos, sin orientación definida; vainas individuales por cada filamento evidentes, hialinas con márgenes amarillentos. Tricomos con 20-30 células dispuestas longitudinalmente. Células esféricas o ligeramente alargadas, de 4.6-6.2 µm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul pálido; células apicales esféricas. Heterocitos esféricos, de 5.9-6.6 µm de diámetro, de color verde azul, terminales o intercalares en el tricoma. Acinetos no observados. (Figuras 7.23.g y 7.23.h, p. 100.)

Muestras: BA: 196, 213, 409, 600.

Distribución: México: Baja California (Maya *et al.*, 2002); San Luis Potosí (Cantoral, 1993); Hidalgo (Montejano y González-González, 1981); Ciudad de México (Novelo *et al.*, 2009); Sonora (Cameron, 1960); Tabasco (Moreno, 2005); Chiapas (Herbert, 1995; Loyo, 2015). EU (Cameron, 1960, 1962, 1963, 1964; Drouet, 1939), Perú (Acleto, 1966;ACLETO *et al.*, 1978), Argentina (Guarrera y Kühnemann, 1949), Puerto Rico (Almodovar, 1963), España (Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra, 2000), Irlanda (Schlichting, 1975) y Japón (Akiyama, 1970).

Ambientes y formas de vida: Planctónica, en ríos (Moreno, 2005); edáfica, en suelos húmedos (Acleto, 1966; Akiyama, 1970; Novelo *et al.*, 2009) y áridos (Cameron, 1960, 1962, 1964; Maya *et al.*, 2002); subaérea, epilítica, sobre rocas húmedas (Cameron, 1963; Montejano y González-González, 1981; Whitford, 1943), muros húmedos de granito (Noguerol-Seoane y Rifón-Lastra, 2000) o calcáreos (Herbert, 1995; Loyo, 2015).

Familia Scytonemataceae Rabenhorst ex Bornet et Flahault 1886

***Petalonema* Berkeley ex Correns 1889**

***Petalonema crassum* (Nägeli in Kützing) Migula 1907**

Migula, W. (1907). Schizophyceae. En: *Rabenhorst's Kryptogamenflora*, 2(1): 13-147.

Crecimientos macroscópicos en forma de tapetes filamentosos, con textura fieltrosa, de color verde oscuro, con poca adherencia al sustrato, se desprenden de los muros sin remover material. Filamentos postrados, de 16.6-30.0 μm de diámetro, con escasas ramificaciones falsas. Vainas con lamelaciones divergentes, de color amarillo a pardo. Tricomas de 8.4-12.4 μm de diámetro, con constricciones en los septos, ápices atenuados. Células con forma de barril, de 7.4-11.6 μm de longitud, contenido celular con granulaciones finas, de color verde azul; células apicales más cortas y redondeadas que el resto. Heterocitos rectangulares a ovalados, de 10.7-11.6 μm por 9.9-12 μm , de color pardo, intercalares. (Figura 7.23.i, p. 100.)

Muestras: BA: 327, 407, 515, 516, 586, 591, 601.

Distribución: México: Chiapas (Pedraza, 2014). Europa, América del norte y Sri Lanka (Guiry y Guiry, 2016).

Ambientes y formas de vida: Subaérea epilítica, sobre muros húmedos (Pedraza, 2014).

***Petalonema densum* (Bornet ex Bornet et Flahault) Migula 1907**

Migula, W. (1907). Schizophyceae. En: *Rabenhorst's Kryptogamenflora*, 2(1): 13-147.

Crecimientos macroscópicos en forma de tapetes filamentosos, con textura aterciopelada, negruzcos, con poca adherencia a los muros, pero remueven sustrato al desprenderlos. Filamentos erectos, enredados entre sí, de 19.0-40.0 μm de diámetro, ramificaciones falsas creciendo en la misma dirección que el filamento principal. Vainas con lamelaciones divergentes, de color amarillo ocre a pardo. Tricomas de 8.4-10.0 μm de diámetro, estrechos en la parte central y ensanchados en los extremos, con constricciones entre los septos, ápices atenuados. Células cilíndricas o con forma de barril, isodiamétricas o más largas que anchas, de 4.6-8.4 μm de largo, contenido celular homogéneo, de color verde azul o verde olivo; células apicales más cortas y redondeadas. Heterocitos rectangulares, ovalados o con forma de barril, de 11 μm de diámetro por 17 μm de largo, de color verde olivo o amarillo ocre, intercalares. (Figuras 7.24.a, 7.24.b y 7.24.c, p. 101.)

Muestras: BA: 299, 315, 404, 408, 598.

Distribución: México: Quintana Roo (Becerra, 2002; Becerra y Tavera, 2003); Chiapas (Pedraza, 2014). América del Norte, Japón, Jamaica e Islas Kerguelen (Komárek, 2013).

Ambientes y formas de vida: Perifítica en humedales (Becerra, 2002; Becerra y Tavera, 2003); subaérea epilítica, sobre rocas húmedas (Pedraza, 2014).

***Scytonema* Agardh ex Bornet et Flahault 1886**

***Scytonema drilosiphon* (Kützing) Elenkin et Poljanskij 1922**

Elenkin & Polyanskiĭ, V.I. (1922). *Bot. Mater.*, 1(12): 189.

Crecimientos macroscópicos en forma de tapetes filamentosos, con textura aterciopelada, de color pardo, con poca adherencia al sustrato, pero remueven material de los muros al desprenderlos. Filamentos postrados, de 8.4-14.4 μm de diámetro, con pocas ramificaciones falsas. Vainas con márgenes firmes, hialinas, amarillas o verde olivo, con incrustaciones de CaCO_3 en algunas partes. Tricomas de 7.8-9.6 μm de diámetro, sin constricciones entre los septos, con ápices redondeados. Células cilíndricas isodiamétricas o más cortas que anchas, de 6.0-10.0 μm de largo, contenido celular con granulaciones finas, de color verde azul pálido; células apicales más cortas que el resto. Heterocitos cuadrados o rectangulares, de 8.0-10.0 μm de diámetro por 9.6-10.8 μm de largo, de color amarillo ocre, intercalares. (Figuras 7.24.d y 7.24.e, p. 101.)

Muestras: BA: 317, 413.

Distribución: México: Chiapas (Pedraza, 2014). Israel, Gran Bretaña, España, India (Komárek, 2013) y Croacia (Starmach y Sieminska, 1979).

Ambientes y formas de vida: Subaérea epilítica, sobre muros húmedos (Pedraza, 2014); edáfica (Starmach y Sieminska, 1979).

***Scytonema evanescens* Gardner 1927**

Gardner, N.L. (1927). New Myxophyceae from Porto Rico. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 7: 1-144.

Crecimientos macroscópicos en forma de tapetes filamentosos, con textura costrosa, verde azules, firmemente adheridos al sustrato, remueven material de los muros al desprenderlos. Filamentos erectos, de 17-28 μm de diámetro, poco ramificados. Vainas con lamelaciones paralelas, de color amarillo ocre. Tricomas de 12.5-20.0 μm de diámetro, sin constricciones, ápices atenuados. Células más anchas que largas, rectangulares, de 6.2-7.5 μm de largo, contenido celular con granulaciones, de color verde olivo; células apicales redondeadas. Heterocitos ovalados o cuadrados, de 12 μm de diámetro por 12-15 μm de largo, de color amarillo ocre pálido, intercalares. (Figuras 7.24.f y 7.24.g, p. 101.)

Muestras: BA: 193, 196, 204, 215, 307, 326, 587, 595, 597, 599, 602, 613.

Distribución: México: Chiapas (Pedraza, 2014). Puerto Rico (Gardner, 1927).

Ambientes y formas de vida: Subaérea epilítica, sobre muros húmedos o rocas calizas (Gardner, 1927; Komárek, 2013; Pedraza, 2014).

***Scytonema hofmannii* Agardh ex Bornet et Flahault 1887**

Bornet, É. & Flahault, C. (1886). Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France (Troisième fragment). *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Septième série*, 5: 51-129.

Crecimientos macroscópicos filamentosos, de aspecto pulverulento, textura feltrosa, de color verde azul oscuro o negruzco, con poca adherencia al sustrato, al desprenderlos se retira material del muro. Filamentos postrados, de 7.5-10.0 μm de diámetro, poco ramificados. Vainas con márgenes firmes, hialinas o amarillentas. Tricomas de 4.0-5.3 μm de diámetro, sin constricciones entre los septos. Células cuadradas o más cortas que anchas, de 2.5-5.8 μm de longitud, con granulaciones finas, de color verde azul. Heterocitos cuadrados, de 4.0-5.5 μm de diámetro por 4.0-6.2 μm de largo, de color amarillo grisáceo, intercalares. (Figuras 7.24.h y 7.24.i, p. 101.)

Muestras: BA: 193, 203, 210, 211, 300, 301, 302, 314, 316, 323, 325, 402, 409, 413, 418, 420, 505, 506, 509, 519, 583, 595, 600, 602, 614.

Distribución: México: Jalisco y Michoacán; Nuevo León; Quintana Roo; Yucatán; Zatecas (Ortega, 1984); Sonora (Cameron, 1960); Chiapas (Pedraza, 2014; Torres, 1993). EU (Cameron, 1960, 1963, 1964; Cameron y Blank, 1966; Forest *et al.*, 1959; Schlichting, 1969; Willson y Forest, 1957), Perú (Acleto *et al.*, 1978), Puerto Rico (Almodovar, 1963), Brasil (Drouet, 1938), Panamá (Drouet, 1937), Rumania, España, Madagascar, Islas Guadalupe, India, Sri Lanka y Vietnam (Komárek, 2013).

Ambientes y formas de vida: Planctónica, en lagos y ríos (Mora, 2004; Mora *et al.*, 2004, 2006; Ortega, 1984; Sheath y Cole, 1992); edáfica, en suelos cultivados, de pradera o áridos (Cameron, 1960, 1963, 1964; Forest *et al.*, 1959; Willson y Forest, 1957); subaérea, corticícola (Cameron, 1963; Drouet, 1937, 1938; Ortega, 1984), epilítica, sobre paredes húmedas (Cameron, 1963; Ortega, 1984; Pedraza, 2014; Torres, 1993; Whitford, 1943); epífita, sobre musgos y macroalgas (Drouet, 1939; Sheath y Cole, 1992).

***Scytonema javanicum* (Kützing) Bornet et Flahault ex Bornet et Flahault 1887**

Bornet, É. & Flahault, C. (1886). Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France (Troisième fragment). *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Septième série*, 5: 51-129.

Crecimientos macroscópicos filamentosos, con textura aterciopelada, parduzcos, poco adheridos al sustrato, se desprenden de los muros sin remover material. Filamentos postrados, pocas veces erectos, de 13.0-27.8 μm de diámetro, son comunes las ramificaciones falsas. Vainas con márgenes firmes, hialinas o amarillentas. Tricomas de 7.5-15.0 μm de diámetro, constricciones entre los septos poco notorias, ápices atenuados. Células cilíndricas, de 3.9-5.7 μm de largo, contenido celular con granulaciones finas, de color verde azules. Heterocitos rectangulares, de 7-8 μm de diámetro por 9 μm de largo, de color amarillo ocre, intercalares. (Figuras 7.25.a y 7.25.b, p. 102.)

Muestras: BA: 216, 299, 309, 310, 312, 318, 399, 401, 417, 507, 509, 510, 520, 588, 590, 591, 592, 600, 609.

Distribución: México: Puebla (Ávila, 1989; Ibarra, 1998; Rivera-Aguilar y Montejano, 2004; Rivera-Aguilar *et al.*, 2006), Chiapas (Pedraza, 2014). EU (Setchell, 1895), Brasil (Drouet, 1938) e Inglaterra (Bristol, 1920).

Ambientes y formas de vida: Edáfica, suelos húmedos o secos (Ávila, 1989; Bristol, 1920; Rivera-Aguilar y Montejano, 2004; Rivera-Aguilar *et al.*, 2006, 2009); subaérea, corticícola (Drouet, 1938; Setchell, 1895), epilítica, sobre muros húmedos (Pedraza, 2014); perifítica en arroyos (Ibarra, 1998).

***Scytonema ocellatum* (Dillwyn) Lyngbye ex Bornet et Flahault 1887**

Bornet, É. & Flahault, C. (1886). Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France (Troisième fragment). *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Septième série*, 5: 51-129.

Crecimientos macroscópicos filamentosos, con textura fieltrosa, de color verde oscuro o negro, poco adheridos al sustrato, al desprenderlos remueven material del muro. Filamentos postrados, frecuentemente entrelazados unos con otros, de 11.6-13.0 µm de diámetro, las ramificaciones falsas son comunes. Vainas con márgenes firmes, de color amarillento a verde olivo. Tricomas de 6.6-15.0 µm de diámetro, sin constricciones entre los septos, con ápices atenuados. Células cilíndricas, de 8.3-9.9 µm de largo, contenido celular granuloso, de color verde azul pálido a verde olivo. Heterocitos rectangulares, de 6.6-10.5 µm de diámetro por 11.2-13.5 µm de largo, de color amarillo pálido u ocre, intercalares. (Figura 7.25.c, p. 102.)

Muestras: BA: 303, 311, 319, 397, 398, 400, 403, 406, 414, 418, 419, 422, 512, 513, 518, 585, 594, 605, 610.

Distribución: México: Puebla (Ávila, 1989); Baja California (Maya *et al.*, 2002); Sonora (Cameron, 1960); Chiapas (Pedraza, 2014). EU (Britton, 1944; Cameron, 1960; Drouet, 1939; Setchell, 1896), Brasil (Drouet, 1938), Panamá (Drouet, 1937), Venezuela, Nueva Zelanda, Reino Unido, Rumania, España, India, China, Vietnam (Komárek, 2013) e Israel (Friedmann *et al.*, 1967).

Ambientes y formas de vida: Edáfica, en suelos áridos o húmedos (Ávila, 1989; Britton, 1944; Cameron, 1960; Drouet, 1939; Friedmann *et al.*, 1967; Komárek, 2013); subaérea, epilítica, sobre muros húmedos (Drouet, 1937, 1938; Pedraza, 2014; Setchell, 1896), corticícola (Komárek, 2013); perifítica, en arroyos (Britton, 1944; Drouet, 1938; Setchell, 1896).

Familia Stigonemataceae Borzi 1892

***Stigonema* Agardh ex Bornet et Flahault 1886**

***Stigonema hormoides* (Kützing) Bornet ex Flahault 1886**

Bornet, É. & Flahault, C. (1886). Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France (Troisième fragment). *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Septième série*, 5: 51-129.

No forma crecimientos macroscópicos. Filamentos postrados, solo algunas ramificaciones se desarrollan erectas, sin diferencias en la morfología de los filamentos principales y las ramificaciones. Vainas de color amarillo ocre o parduzcas. Tricomas uni- o biseriados, de 11.6-15.2 μm de diámetro. Células poliédricas o de formas irregulares redondeadas, de 5.7-7.3 μm de diámetro, contenido celular homogéneo, de color verde azul, células separadas entre sí por aproximadamente 1 μm de distancia. Heterocitos de forma poliédrica redondeada, de 4.0-9.0 μm de diámetro, de color amarillo ocre, en posiciones laterales de filamentos principales y ramificaciones. (Figura 7.25.d, p. 102.)

Muestra: BA: 519.

Distribución: EU (Drouet, 1939; Palmer, 1942; Setchell, 1899; Sheath y Cole, 1992; Whitford, 1943), Argentina (Guarrera y Kühnemann, 1949), Brasil (Drouet, 1938) e India (Prasad y Srivastava, 1968).

Ambientes y formas de vida: Edáfica (Prasad y Srivastava, 1968); planctónica, en ambientes lóticos y presas (Drouet, 1938; Palmer, 1942; Sheath y Cole, 1992); subaérea, epilítica (Palmer, 1942; Whitford, 1943); epífita, sobre macroalgas (Drouet, 1938; Sheath y Cole, 1992).

Orden Oscillatoriales Elenkin 1934**Familia Pseudanabaenaceae Anagnostidis et Komárek 1988*****Leptolyngbya* Anagnostidis et Komárek 1988, nom. et typ. cons.*****Leptolyngbya cebennensis* (Gomont) Umezaki et Watanabe 1994**

Umezaki, I. & Watanabe, M. (1994). Enumeration of the Cyanophyta (blue-green algae) of Japan 1. Chroococcales and Oscillatoriales. *Japanese Journal of Phycology*, 42: 175-219.

Crecimientos macroscópicos con aspecto de películas, de color verde oscuro, poco adheridos al sustrato, al retirarlos de los muros no se desprende sustrato. Filamentos rectos o flexuosos, creciendo paralelamente entre sí, sin ramificaciones. Vaina con márgenes firmes, hialina, a veces poco evidente. Tricomas de 1.3-2.0 μm de diámetro, sin constricciones entre los septos. Células isodiamétricas o más largas que anchas, de 1.6-1.9 μm de longitud, de color verde azul, con 2-3 gránulos por célula, 2 de los cuales se encuentran cerca del septo

que separa de la célula contigua, a veces el tercero es poco evidente; célula apical con extremo redondeado. (Figuras 7.25.e y 7.25.f, p. 102.)

Muestras: BA: 409, 414, 513.

Distribución: México: Chiapas (Mireles, 2012). Japón (Umezaki y Watanabe, 1994).

Ambientes y formas de vida: Subaérea, epilítica, sobre paredes húmedas (Mireles, 2012).

***Leptolyngbya compacta* (Kützing ex Hansgirg) Komárek in Anagnostidis 2001**

Anagnostidis, K. (2001). Nomenclatural changes in cyanoprokaryotic order Oscillatoriales. *Preslia, Praha*, 73: 359-375.

Crecimientos macroscópicos con apariencia de película, de color verde azul oscuro a negruzcos, firmemente adheridos al sustrato, desprenden material al separarlos de los muros. Filamentos flexuosos, poco enredados longitudinalmente entre sí, frecuentemente formando haces, sin ramificaciones. Vaina delgada y firme, poco evidente o a veces ausente, hialina. Tricomas de 1.0-1.6 μm de diámetro, sin constricciones entre los septos. Células más largas que anchas, de 3.0-3.5 μm de largo, de color verde azul pálido, con dos gránulos, uno cerca de cada septo; células apicales con extremos redondeados. (Figura 7.25.g, p. 102.)

Muestras: BA: 195, 197, 202, 211, 303, 305, 306, 311, 314, 317, 319, 326, 395, 401, 402, 403, 406, 408, 415, 417, 418, 421, 422, 503, 509, 510, 512, 515, 582, 583, 585, 587, 591, 592, 595, 602, 613, 614.

Distribución: México: Chiapas (Mireles, 2012; Ramírez, 2006; Ramírez *et al.*, 2010).

Ambientes y formas de vida: Subaérea, epilítica, sobre paredes húmedas (Mireles, 2012; Ramírez, 2006; Ramírez *et al.*, 2010).

***Leptolyngbya laminosa* (Gomont ex Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988**

Anagnostidis, K. & Komárek, J. (1988). Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement*, 80: 327-472.

Crecimientos macroscópicos con aspecto de películas gelatinosas, de color verde azul oscuro, poca adherencia al sustrato, desprenden material al retirarlos de los muros. Filamentos rectos a ligeramente flexuosos, suelen formar haces de filamentos paralelos, sin ramificaciones. Vainas hialinas, poco evidentes o ausentes. Tricomas de 1.3-1.8 μm de diámetro, sin constricciones entre los septos. Células más largas que anchas, de 2.0-3.5 μm de longitud, de color verde azul pálido, comúnmente con 1 gránulo por célula cercano al septo, a veces 2 gránulos por célula, cada uno en extremos opuestos; célula apical con extremo cónica. (Figuras 7.25.h y 7.25.i, p. 102.)

Muestras: BA: 318, 609.

Distribución: México: Puebla (Novelo, 2011); Chiapas (Mireles, 2012).

Ambientes y formas de vida: Subaérea, epilítica, sobre paredes húmedas (Mireles, 2012); edáfica, en suelos secos (Novelo, 2011).

7.9.2. División Chlorophyta Reichenbach 1834

Clase Chlorophyceae Wille 1884

Orden Chlorellales Bold et Wynne 1985

Familia Scenedesmaceae Oltmanns 1904

Scenedesmus Meyen 1829

Scenedesmus bijuga (Turpin) Lagerheim 1893

Lagerheim, G. (1893). Chlorophyceen aus Abessinien und Kordofan. *Nuovo Notarisia*, 4: 152-165.

No forma crecimientos macroscópicos en ambientes subaéreos. Cenobios de 4 células, alineadas en un plano. Células elipsoides, con ápices redondeados, de 3.4 µm de ancho por 6.8-7.2 µm de longitud, con un cloroplasto parietal de color verde, con un pirenoide en el centro de la célula. (Figura 7.26.a, p. 103.)

Muestra: BA: 411.

Distribución: México: Estado de México (Banderas, 1994; Margain, 1979; Ortega, 1984); Hidalgo (De la Lanza *et al.*, 2007; Margain, 1981, 1989); Jalisco (Mora, 2004; Mora *et al.*, 2006); Michoacán (De Buen, 1941); Morelos (Valadez, 1998); Oaxaca (Ortega, 1984); Puebla (Ortega, 1984); Tabasco (Moreno, 2005; Osorio y López, 2005); Tlaxcala (De la Lanza *et al.*, 2007; Margain, 1981, 1989). Canadá (Stein y Gerrath, 1969), EU (Britton, 1944; Dillard, 1969; Prescott y Dillard, 1979; Schumacher, 1961; Whitford, 1943, 1956, 1958; Whitford y Kim, 1971; Whitford y Schumacher, 1963), Argentina (Guarrera y Kühnemann, 1949; Guarrera *et al.*, 1968; Guarrera *et al.*, 1972), Brasil (Borge, 1925), Suecia (Borge, 1936) y Japón (Akiyama, 1965, 1970, 1973).

Ambientes y formas de vida: Planctónica, en lagos, estanques, manantiales, pantanos, ríos y presas (Alvarado, 2003; Banderas, 1994; Britton, 1944; De Buen, 1941; De la Lanza *et al.*, 2007; Dillard, 1969; Guarrera *et al.*, 1968, 1972; Margain, 1981; Mora, 2004; Mora *et al.*, 2006; Moreno, 2005; Osorio y López, 2005; Schumacher, 1961; Stein y Gerrath, 1969; Valadez, 1998; Whitford, 1943, 1956, 1958; Whitford y Kim, 1971; Whitford y Schumacher, 1963);

bentónica (Dillard, 1969; Whitford, 1956); metafítica (Margain, 1979); edáfica (Akiyama, 1965, 1970, 1973).

***Scenedesmus obtusus* Meyen 1829**

Meyen, F.J.F. 1829. Beobachtungen über einige niedere Algenformen. *Nova Acta Physico-Medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Naturae*, 14: 768-778.

No forma crecimientos macroscópicos en ambientes subaéreos. Cenobios de 4 células, alineadas en un plano, con posición alternada longitudinalmente. Células de forma ovalada u ovoide, ápices redondeados, de 4.2-5.2 μm de ancho por 10.5-11.8 μm de largo, con un cloroplasto parietal, pirenoide desplazado del centro hacia un costado de la célula. (Figuras 7.26.b y 7.26.c, p. 103.)

Muestra: BA: 505.

Distribución: México: Veracruz (Pérez, 2003). EU (Prescott y Dillard, 1979), Perú (Acleto *et al.*, 1978), Austria (Bourrelly, 1987) y España (Aboal, 1988, 1989).

Ambientes y formas de vida: Planctónica, en estanques y riberas (Aboal, 1988; Bourrelly, 1987; Pérez, 2003).

***Tetradesmus* G.M. Smith 1913**

***Tetradesmus obliquus* (Turpin) M.J. Wynne 2015**

Wynne, M.J. y Hallan, J.K. 2015. Reinstatement of *Tetradesmus* G.M. Smith (Sphaeropleales, Chlorophyta). *Feddes Repertorium*, 126: 83-86.

No forma crecimientos macroscópicos en ambientes subaéreos. Cenobios de 4 células, alineadas en un mismo plano, alternadas longitudinalmente. Células fusiformes, con ápices agudos, las de los costados se curvan dando aspecto de media luna, de 1.5-4.9 μm de ancho por 7.2-17.8 μm de largo, con un cloroplasto parietal de color verde, pirenoide grande cerca del centro de la célula. (Figura 7.26.d, p. 103.)

Nota: Esta especie ha sido registrada previamente como *Scenedesmus obliquus* (Turpin) Kützing 1833 y *Acutodesmus obliquus* (Turpin) Hegewald et Haganata 2000. El cambio en la nomenclatura se debió a una revisión (Wynne y Hallan, 2015) que reconoce la prioridad del género *Tetradesmus* G.M. Smith 1915 sobre *Acutodesmus* (Hegewald) Tsarenko 2001.

Muestras: BA: 410, 411.

Distribución: México: Estado de México (Figueroa, 2009; Mendoza-González, 1985); Veracruz (Garduño *et al.*, 2011); Puebla (Novelo, 2011); Ciudad de México (Figueroa, 2009; Figueroa *et al.*, 2008; González, 1991; Tavera *et al.*, 2000); Jalisco y Michoacán (Mora, 2004; Mora *et al.*, 2006). EU (Britton, 1944; Hirsch y Palmer, 1958; Prescott y Dillard, 1979; Schumacher, 1961; Snow, 1903; Whitford, 1943, 1958; Whitford y Kim, 1971), Argentina (Guarrera

y Kühnemann, 1949; Guarrera *et al.*, 1968), Brasil (Borge, 1925), Inglaterra (Evans, 1958, 1959; Holmes y Whitton, 1981), Francia (Chodat, 1926), Alemania (Padisák *et al.*, 1998; Tsarenko y Krienitz, 1997), Suecia (Borge, 1936; Smith, 1921) y Japón (Akiyama, 1965, 1973).

Ambientes y formas de vida: Planctónica, en ríos, lagos, pantanos, estanques y represas (Acosta y Ponce, 1979; Britton, 1944; Evans, 1958, 1959; Figueroa *et al.*, 2008; Garduño *et al.*, 2011; González, 1991; Guarrera *et al.*, 1968; Hirsch y Palmer, 1958; Holmes y Whitton, 1981; Mendoza-González, 1985; Mora, 2004; Mora *et al.*, 2006; Padisák *et al.*, 1998; Romo *et al.*, 2006; Schumacher, 1961; Smith, 1921; Snow, 1903; Stein y Gerrath, 1969; Tavera *et al.*, 2000; Wasylik, 1965; Whitford, 1943, 1958; Whitford y Kim, 1971); edáfica (Akiyama, 1965, 1973); metafítica (Tavera *et al.*, 2000).

Clase Trentepohliophyceae Hoek 1995

Orden Trentepohliales Chadeaud ex R.H. Thompson et D.E. Wujek 1997

Familia Trentepohliaceae Hansgirg 1886

Printzina R.H. Thompson et D.E. Wujek 1992

Printzina ampla R.H. Thompson et Wujek 1992

Thompson, R.H. & Wujek, D.E. (1992). *Printzina* gen. nov. (Trentepohliaceae), including a description of a new species. *Journal of Phycology*, 28: 232-237.

Crecimientos macroscópicos de aspecto fieltroso, de color verde olivo o anaranjado a rojizo, adherido firmemente al sustrato, desprenden material del muro al retirarlos. Filamentos erectos y postrados, moniliformes, muy ramificados. Células ovoides, de 8.6-12.3 µm de diámetro por 8.6-11.0 µm de largo, de color anaranjado a pardo pálido; células apicales de forma ovoide o elipsoide. Estructuras reproductoras de aspecto globoso o con forma de frasco, de 10.1 µm de diámetro por 13.6 µm de largo, en posición terminal. (Figuras 7.26.e, 7.26.f y 7.26.g, p. 103.)

Muestras: BA: 205, 313, 322, 329, 330, 331, 410, 411, 412, 413, 521, 596.

Distribución: Colombia y Costa Rica (Thompson y Wujek, 1992).

Ambientes y formas de vida: Epífita, sobre hojas de árboles (Thompson y Wujek, 1992).

Printzina bossei (De Wildeman) R.H. Thompson et Wujek 1992

Thompson, R.H. & Wujek, D.E. (1992). *Printzina* gen. nov. (Trentepohliaceae), including a description of a new species. *Journal of Phycology*, 28: 232-237.

Crecimientos macroscópicos de aspecto fieltroso, de color verde amarillento a anaranjado, poco adheridos al sustrato, no desprenden material del muro al retirarlos. Filamentos sin clara diferenciación entre los caracteres postrado o erecto, de forma cilíndrica, sin constricciones entre las células, ligeramente curvos. Células cilíndricas, de 7-12 μm de diámetro por 15-24 μm de largo, de color amarillo a anaranjado pálido; células apicales ligeramente cónicas. Esporangióforo en forma de cilindro curvo, de 16 μm de diámetro. Esporangios globosos de 20 μm de diámetro, con una estructura en forma de anillo en la base que se une al filamento. (Figuras 7.26.h, 7.26.i y 7.27.a, pp. 103 y 104.)

Muestras: BA: 196, 213, 316, 323.

Distribución: Indonesia (De Wildeman, 1891).

Ambientes y formas de vida: Corticícola, lignícola (De Wildeman, 1891).

Printzina effusa (Krempelhuber) R.H. Thompson et Wujek 1992

Thompson, R.H. & Wujek, D.E. (1992). *Printzina* gen. nov. (Trentepohliaceae), including a description of a new species. *Journal of Phycology*, 28: 232-237.

Crecimientos macroscópicos fieltrosos, de color verde amarillento a anaranjado, firmemente adheridos al sustrato, no desprenden material al quitarlos de los muros. Filamentos postrados, cilíndricos a ligeramente moniliformes. Células cilíndricas alargadas, de 5-12 μm de diámetro por 15-26 μm de largo, algunas veces se desarrollan células globosas de 4-6 μm de diámetro por 5-6 μm de largo, de color verde pálido o pardo; células apicales redondeadas. Gametangios y esporangios globosos, de 20 μm de diámetro, en posición lateral en el talo. (Figura 7.27.b y 7.27.c, p. 96.)

Muestras: BA: 214, 326, 418, 518, 598, 604, 605, 611.

Distribución: EU (Collins, 1928) y Bangladesh (Islam, 1972).

Ambientes y formas de vida: Corticícola (Islam, 1972).

Trentepohlia Martius 1817

Trentepohlia aurea (Linnaeus) C.F.P. Martius 1817

Martius, C.F.P. von (1817). *Flora cryptogamica erlangensis sistens vegetabilia e classe ultima Linn. in agro erlangesi hucusque detecta*. pp. 512. Nürnberg. J. L. Schrag.

Crecimiento macroscópico en forma de puntos de aspecto fieltroso, de coloración anaranjada, poco adherido al sustrato, no desprende material de los muros al retirarlo. Filamentos erectos y postrados, cilíndricos, sin constricciones entre los septos. Células cilíndricas, de 10-18 μm de diámetro por 22-35 μm de largo, de color amarillo pálido, anaranjado o parduzco; células apicales redondeadas, en el extremo terminal desarrollan un capuchón de pectina de

forma cilíndrica y de color pardo. Esporangios sésiles, globosos o subglobosos, con poro en posición lateral. Esporangióforos poco frecuentes, elipsoides. (Figuras 7.27.d y 7.27.e, p. 104.)

Muestras: BA: 519, 520.

Distribución: México: Chiapas (Castro y Tapia, 1993; Herbert, 1995; Novelo y Ramírez, 2006; Novelo *et al.*, 2007b; Ramírez, 2006; Ramírez *et al.*, 2009, 2010; Torres, 1993); Veracruz (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2014). EU (Collins, 1928; Palmer, 1942; Wylie y Schlichting, 1973), Argentina (Guarrera y Kühnemann, 1949), Brasil (Akiyama, 1971), Perú (Acleto, 1966;ACLETO *et al.*, 1978), Estonia (Skuja, 1929), Irlanda (Schlichting, 1975), Polonia (Kawecka, 1971), Bangladesh (Islam, 1972), India (Saxena, 1961), Japón (Abe *et al.*, 1998, 2002; Akiyama, 1970) e Indonesia (De Wildeman, 1891).

Ambientes y formas de vida: Subaérea, epilítica, sobre muros calcáreos húmedos y rocas secas (Abe *et al.*, 1998, 2002; Castro y Tapia, 1993; Herbert, 1995; Islam, 1972; Novelo y Ramírez, 2006; Novelo *et al.*, 2007b; Palmer, 1942; Ramírez, 2006; Ramírez *et al.*, 2009, 2010; Saxena, 1961; Schlichting, 1975; Skuja, 1929; Torres, 1993); epífita, corticícola, sobre arbustos (Acleto, 1966; Akiyama, 1971; De Wildeman, 1891; Saxena, 1961; Wylie y Schlichting, 1973); fitotelmata (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2014); bentónica, en ríos (Kawecka, 1971); edáfica (Akiyama, 1970, 1971).

7.9.3. División Bacillariophyta L.S. Dillon 1963

Clase Bacillariophyceae Haeckel, emend. Medlin et Kaczmarska 2004

Orden Naviculales Bessey 1907 emend. D.G. Mann

Familia Naviculaceae Kützing 1844

Navicula Bory de Saint-Vincent 1822

Navicula orangiana Patrick 1959

Patrick, R. (1959). New species and nomenclatural changes in the genus *Navicula* (Bacillariophyceae). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 111: 91-108.

Células solitarias. Valvas lanceoladas, de 9.2 μm de ancho por 37.6 μm de largo, con ápices subrostrados; área axial estrecha; área central en forma de rombo, rafe filiforme, con 10-11 estrías lineoladas en 10 μm , radiales en toda la valva. (Figura 7.27.f, p. 104.)

Muestras: BA: 411, 502.

Distribución: México: Puebla (Ibarra, 1992; Ibarra y Novelo, 1997; Novelo, 2012a); Veracruz (Vázquez y Blanco, 2011).

Ambientes y formas de vida: Perifítica, en arroyos y ríos (Ibarra, 1992; Ibarra y Novelo, 1997; Novelo, 2012a; Vázquez y Blanco, 2011).

Familia Pinnulariaceae D.G. Mann 1990

Pinnularia Ehrenberg 1843

Pinnularia borealis Ehrenberg 1841

Ehrenberg, C.G. (1843). Verbreitung und Einfluss des mikroskopischen Lebens in Süd- und Nord-Amerika. *Abhandlungen der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 1841: 291-466.

Células solitarias. Valvas lineales, de 11.2 µm de ancho por 43.5 µm de largo, con costados rectos y ápices redondeados; área axial estrecha; área central redondeada que no llega al borde de la valva, rafe sinuoso, 3-5 estrías gruesas en 10 µm, los pares de estrías del centro se disponen de forma radial, mientras que las demás son perpendiculares al margen lateral de la valva. (Figuras 7.27.g, 7.27.h y 7.27.i, p. 104.)

Muestras: BA: 410, 595, 602, 614.

Distribución: México: Hidalgo (Ortega, 1984); Michoacán (Hernández, 2011; Ortega, 1984); Estado de México (Bradbury, 1971; Kusel-Fetzmann, 1973; Figueroa, 2009; Ramírez, 2002; Ramírez y Cantoral, 2003); Puebla (Novelo, 1998, 2012a); Ciudad de México (Bojorge, 2002; Bojorge y Cantoral, 2007; Cantoral *et al.*, 1999; Figueroa, 2009; Ramírez, 2002; Ramírez y Cantoral, 2003; Ramírez *et al.*, 2001); Quintana Roo (Novelo *et al.*, 2007c); Guanajuato (García, 1997); Oaxaca (Novelo, 2012a); Querétaro (Vázquez, 2009). EU (Forest, 1962; Forrest *et al.*, 1959; Whitford y Kim, 1971), Cuba (Foged, 1984), Islas Guadeloupe (Bourrelly y Manguin, 1952), Argentina (Maidana, 1985), Brasil (Aguiar y Martau, 1979; Bicudo *et al.*, 1973), Perú (Acleto *et al.*, 1978), Alemania (Behre, 1956; Bock, 1961, 1970), Austria (Kawecka, 1981; Reisingl, 1964), Bulgaria (Kawecka, 1981), Polonia (Kawecka, 1971, 1981; Wasyluk, 1965), Reino Unido (Lund, 1945), Rumania (Kawecka, 1981), Suecia (Kawecka, 1981), India (Sarode y Kamat, 1984), Japón (Akiyama, 1965, 1973), Nepal (Hirano, 1969), Tayikistán (Hirano, 1969), África Oriental (Gasse, 1986) y Antártida (Broady, 1979).

Ambientes y formas de vida: Edáfica, en suelos de praderas, zonas áridas y dunas (Akiyama, 1965, 1973; Broady, 1979; Forest, 1962; Forest *et al.*, 1959; Fritsch y John, 1942; John, 1942; Lund, 1945; Ortega, 1984; Reisingl, 1964); planctónica, lagos, estanques, represas, cenotes, jales, ríos y arroyos (Aguiar y Martau, 1979; Behre, 1956; Bock, 1961; Bojorge, 2002; Bojorge y Cantoral, 2007; Bourrelly y Manguin, 1952; Cantoral *et al.*, 1999; Hirano, 1969; Kawecka, 1971, 1981; Krammer y Lange-Bertalot, 1986; Lowe, 1974; Novelo, 1998, 2012a; Novelo *et al.*, 2007c; Ramírez, 2002; Ramírez y Cantoral, 2003; Ramírez *et al.*, 2001; Vázquez, 2009; Wasyluk, 1965; Whitford y Kim, 1971); epífita (Broady, 1979; Ortega, 1984); subaérea (Bourrelly y Manguin, 1952; Broady, 1979; Lowe, 1974; Metcalfe, 1985); epilítica (Bojorge,

2002; Bourrelly y Manguin, 1952; Cantoral *et al.*, 1999; Novelo, 1998, 2012a; Ramírez, 2002; Ramírez y Cantoral, 2003; Ramírez *et al.*, 2001); perifítica (García, 1997; Hirano, 1969; Lowe, 1974; Novelo *et al.*, 2007c; Ramírez, 2002; Ramírez y Cantoral, 2003); epipélica (Hirano, 1969; Novelo, 1998, 2012a; Ramírez, 2002; Ramírez y Cantoral, 2003); bentónica (Kawecka, 1971, 1981); metafítica (Bojorge y Cantoral, 2007; García, 1997; Novelo *et al.*, 2007).

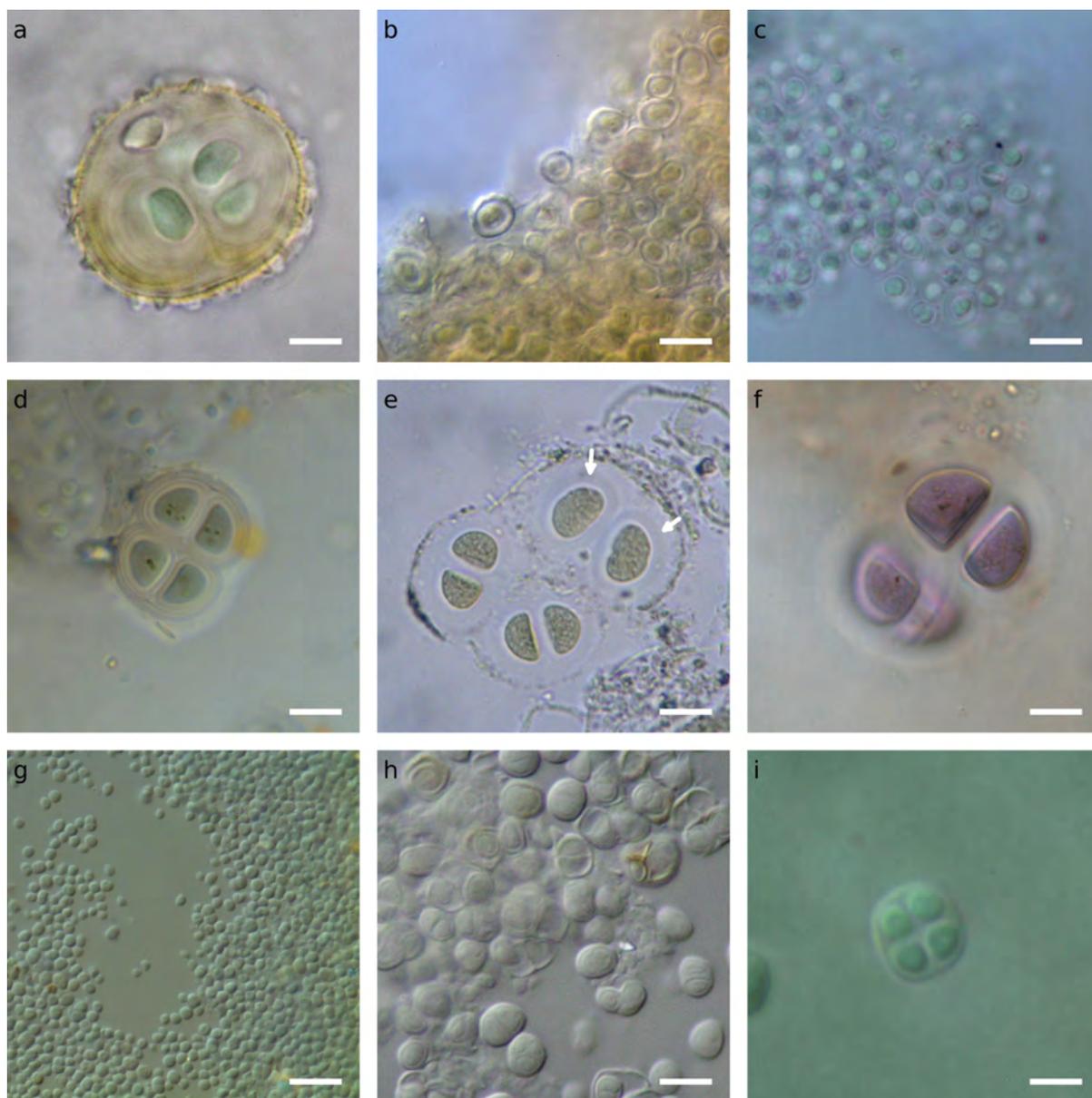


Figura 7.19: **a)** *Asterocapsa divina*, subcolonia de 4 células, en la superficie de la vaina se distinguen algunas proyecciones (barra = 10 μm). **b)** Subcolonias juveniles y unicelulares de *Asterocapsa divina* formando una colonia de mayor tamaño (barra = 20 μm). **c)** Subcolonias de 1 a 2 células de *Chroococcus cohaerens*, formando una colonia (barra = 10 μm). **d)** Al centro, subcolonia de *Chroococcus ercegovicii*, junto a colonias de *Gloeocapsa aeruginosa* (barra = 5 μm). **e)** Tres subcolonias de *Chroococcus helveticus*, las flechas señalan las vainas individuales de las células (barra = 5 μm). **f)** *Chroococcus helveticus*, subcolonia de 4 células con contenido celular violáceo (barra = 5 μm). **g)** Colonia de *Chroococcus varius* formada por múltiples subcolonias de 2 ó 4 células cada una (barra = 5 μm). **h)** Agregado de subcolonias de *Chroococcus varius*, forman un tapete que en el campo se puede ver como una colonia macroscópica (barra = 5 μm). **i)** Subcolonia de *Chroococcus varius* (barra = 5 μm).

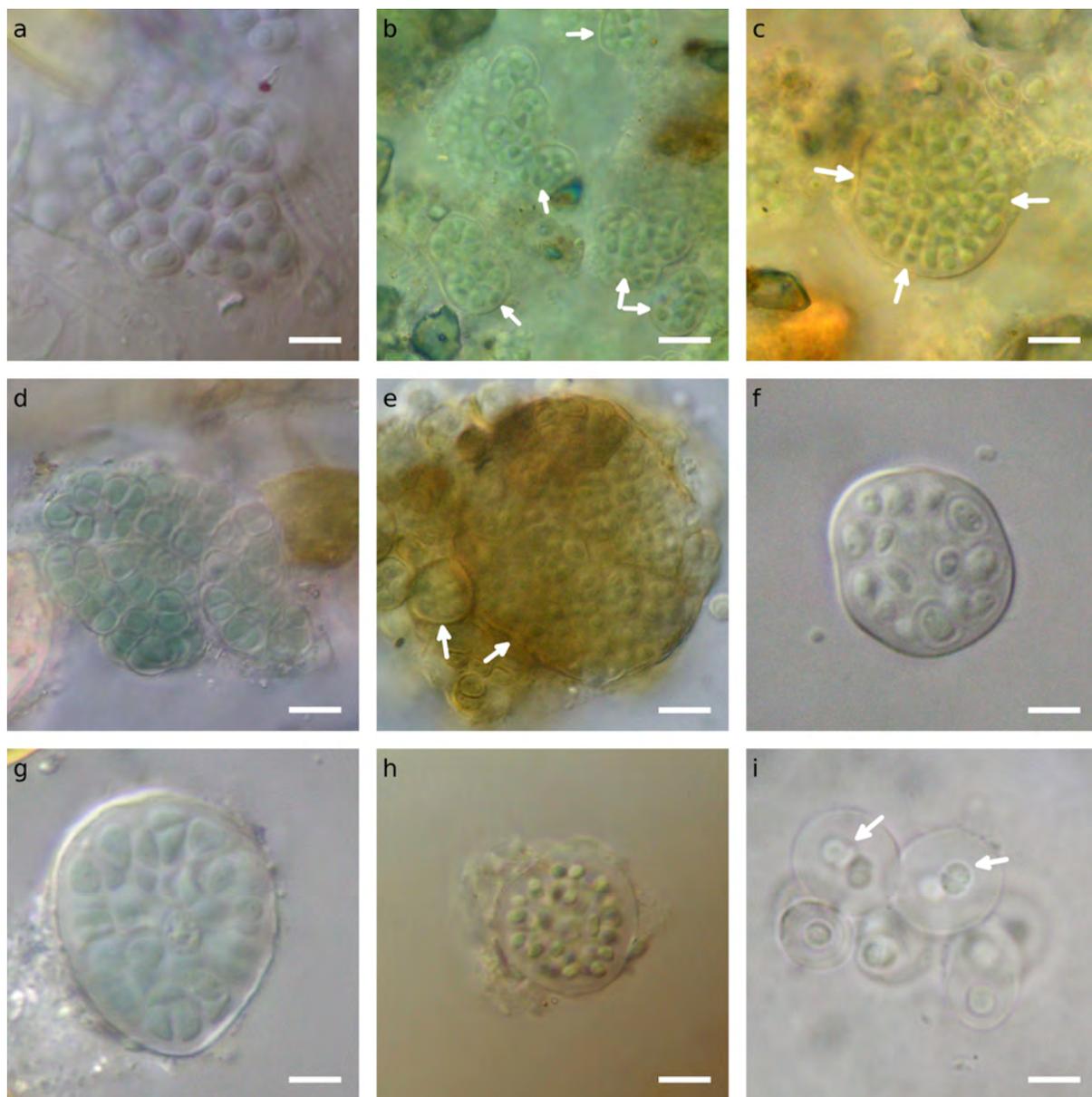


Figura 7.20: **a)** Subcolonias de *Gloeocapsopsis* cf. *cyanea* agrupadas, forman una colonia microscópica, rodeada por filamentos de otros cianoprocariontes, como *Scytonema hofmannii* y *Lepetolyngbya compacta* (barra = 10 μm). **b)** Subcolonias de *Pseudocapsa dubia* formando agregados microscópicos, las flechas señalan diferentes conjuntos de subcolonias (barra = 10 μm). **c)** Colonia microscópica de *Chlorogloea novacekii*, las flechas indican algunas filas de células, que van desde el centro de la colonia a la periferia en forma de radios, estas hileras se producen por divisiones mitóticas longitudinales consecutivas (barra = 10 μm). **d)** Colonia microscópica de *Pleurocapsa fusca* formada por pseudofilamentos (barra = 10 μm). **e)** Colonia microscópica de *Aphanocapsa fusco-lutea* formada por varias subcolonias, las flechas señalan dos de estas (barra = 10 μm). **f)** Subcolonia solitaria de *Aphanocapsa fusco-lutea* (barra = 5 μm). **g)** Colonia microscópica de *Aphanocapsa muscicola* con células de formas irregulares (barra = 5 μm). **h)** Colonia microscópica de *Gloeocapsa acervata* (barra = 10 μm). **i)** Colonia microscópica de *Gloeocapsa acervata* formada por varias subcolonias, las flechas indican algunas células que están en proceso de dividirse (barra = 5 μm).

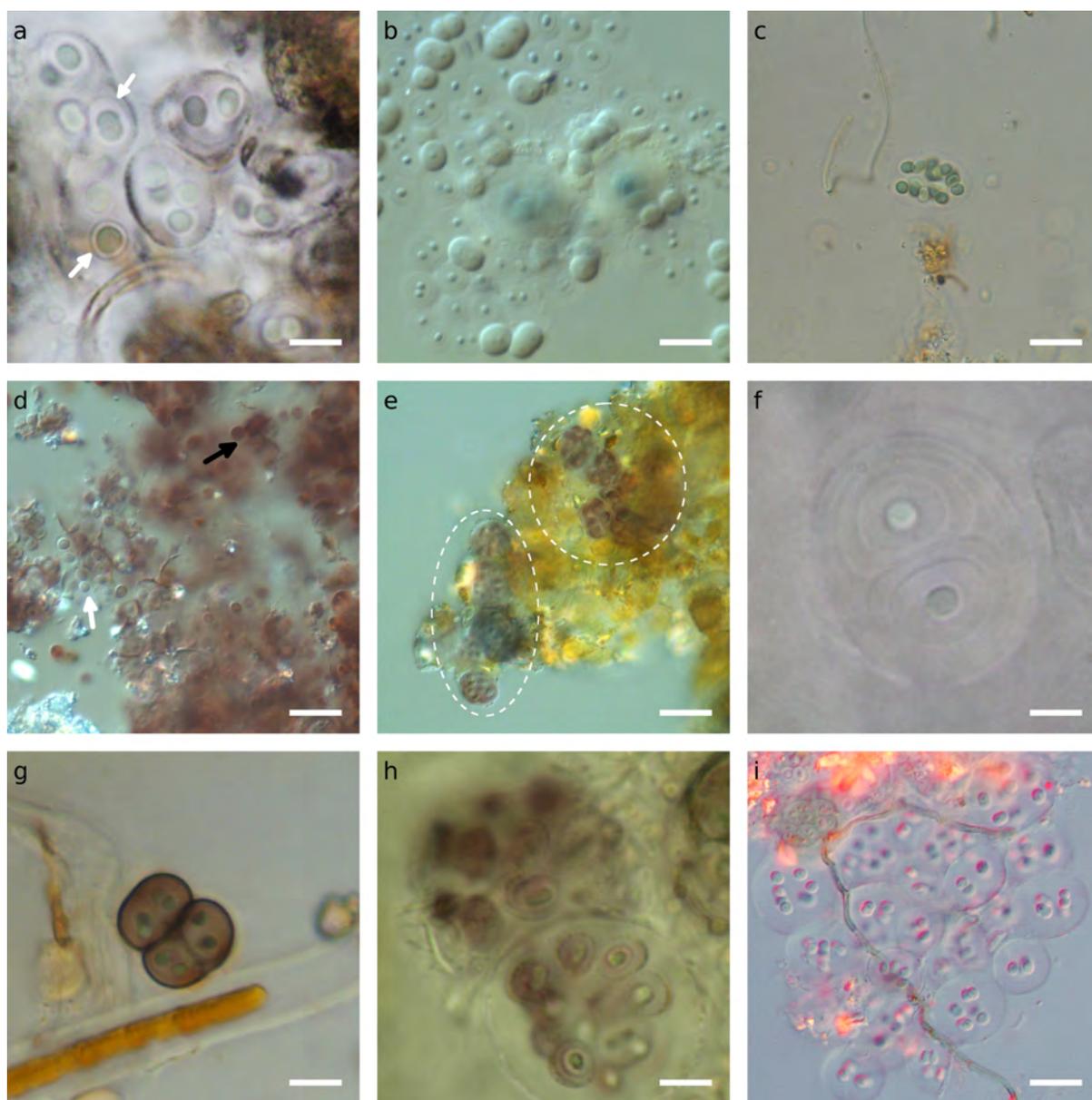


Figura 7.21: **a)** Colonia microscópica de *Gloeocapsa acervata*, se observan las vainas individuales de algunas células, señaladas con flechas (barra = 5 μm). **b)** Colonia de *Gloeocapsa aeruginosa* formada por subcolonias de 2 ó 4 células (barra = 10 μm). **c)** Colonia de *Gloeocapsa atrata* (barra = 20 μm). **d)** Colonia de *Gloeocapsa biformis* formada por varias subcolonias y algunas células individuales, la flecha blanca señala un grupo de células jóvenes, que aún no han desarrollado su propia vaina, mientras que la flecha negra indica algunas células maduras con vaina y pigmentación parda (barra = 10 μm). **e)** Los círculos punteados señalan colonias de *Gloeocapsa biformis* formadas por subcolonias de 4 a 8 células (barra = 10 μm). **f)** Subcolonia de *Gloeocapsa caldariorum*, se distinguen las vainas individuales de las células con varias estratificaciones (barra = 5 μm). **g)** Subcolonias 4 células de *Gloeocapsa compacta* (barra = 5 μm). **h)** Subcolonias de 16 células de *Gloeocapsa compacta*, se observan las vainas individuales de las células con pigmentación parduzca, y con vaina común hialina (barra = 5 μm). **i)** Subcolonias de *Gloeocapsa punctata* (barra = 10 μm).

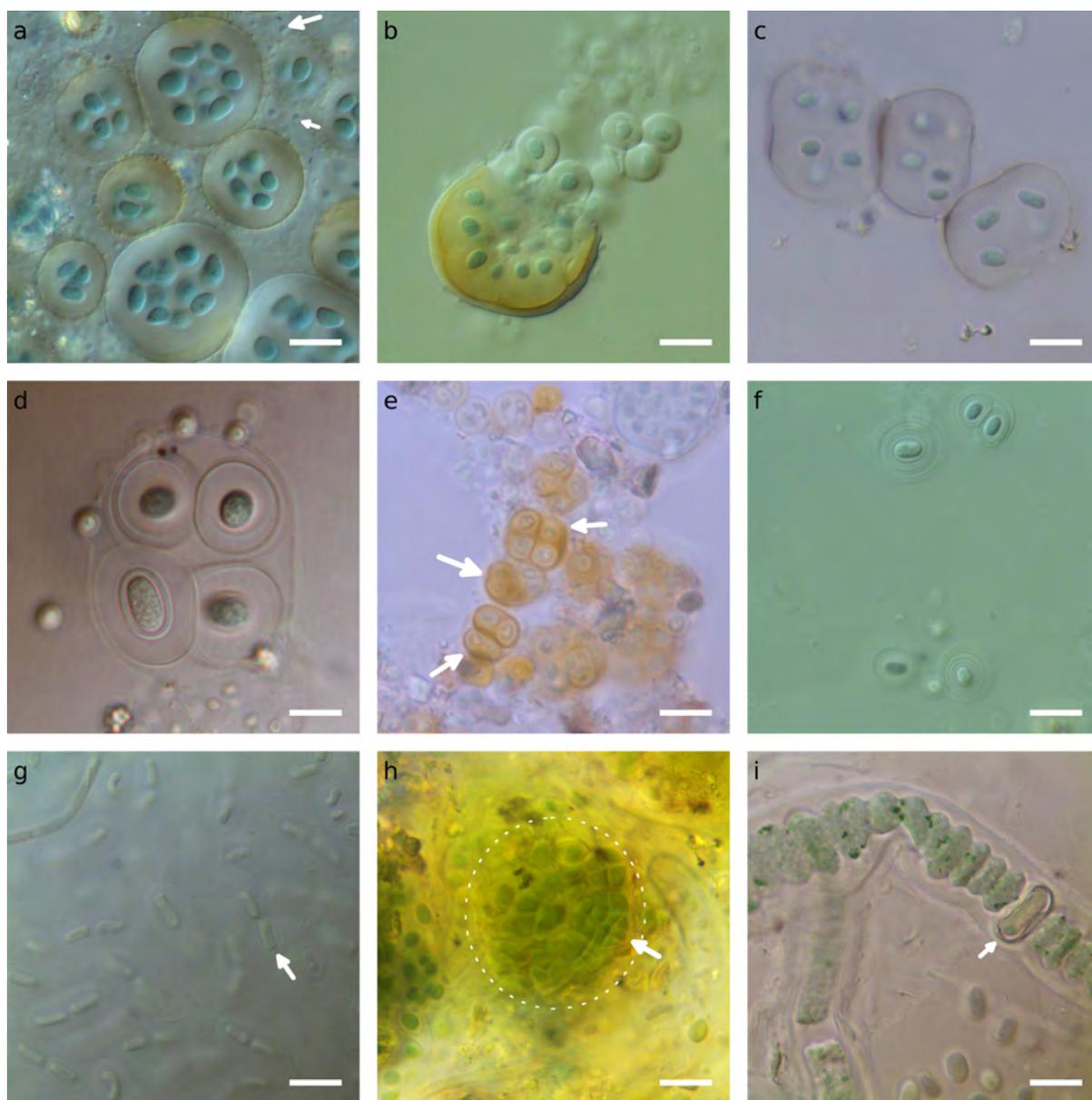


Figura 7.22: **a)** Subcolonias de *Aphanothece castagnei*, en los espacios entre algunas de estas se encuentran subcolonias de *Gloeocapsa acervata* (señaladas por flechas) (barra = 20 μm). **b)** Liberación de células de una subcolonia de *Aphanothece castagnei* (barra = 25 μm). **c)** Subcolonias de *Gloeothece confluens* (barra = 5 μm). **d)** Subcolonia de *Gloeothece palea* (barra = 5 μm). **e)** Colonia microscópica de *Gloeothece rupestris* formada por varias subcolonias de 4 células, con evidentes vainas ocreas (señaladas con flechas) (barra = 20 μm). **f)** Subcolonias de *Gloeothece tepidariorum*, células con vainas individuales con múltiples estratificaciones (barra = 25 μm). **g)** Colonia microscópica de *Synechococcus* cf. *elongatus*, la flecha señala una subcolonia, formada por dos células después de la división longitudinal de una célula madre (barra = 10 μm). **h)** Subcolonia de *Myxosarcina concinna*, indicada con el círculo de línea punteada, la flecha señala una sección con células de formas irregulares (barra = 5 μm). **i)** Parte de un filamento de *Fischerella* cf. *tiserantii*, la flecha señala un heterocito (barra = 10 μm).

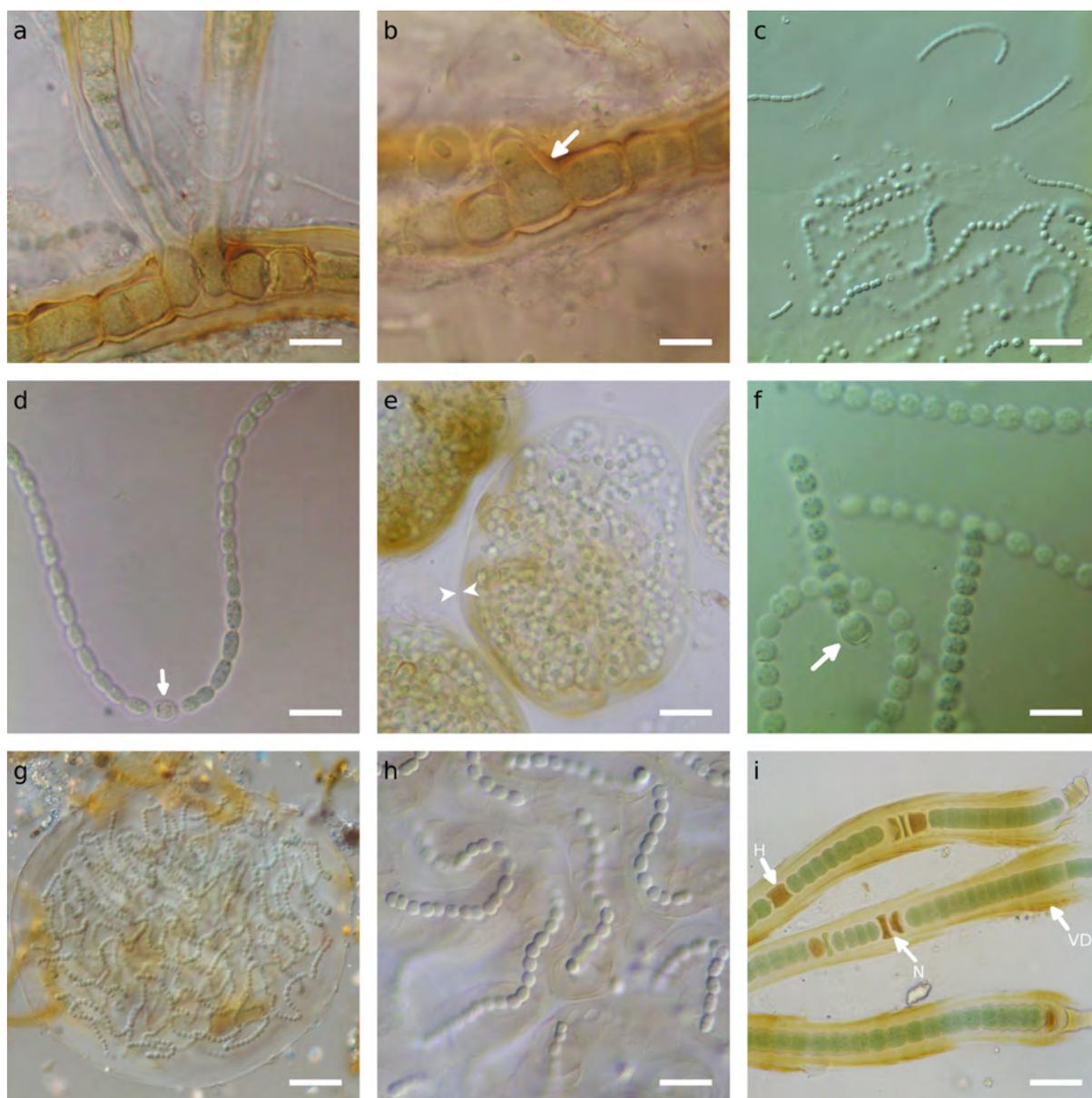


Figura 7.23: **a)** Dos ramificaciones en un filamento de *Fischerella* cf. *tiserantii* (barra = 10 μ m). **b)** Filamento de *Fischerella* cf. *tiserantii*, la flecha indica la célula de donde surge una nueva ramificación (barra = 10 μ m). **c)** Filamentos de *Nostoc* cf. *carneum* (barra = 25 μ m). **d)** Filamento de *Nostoc* cf. *carneum*, la flecha indica la posición del heterocito (barra = 15 μ m). **e)** Subcolonias de *Nostoc commune*, las cabezas de flecha opuestas indican la posición y grosor del peridermo (barra = 25 μ m). **f)** Filamentos de *Nostoc commune*, se observan las granulaciones de las células, la flecha indica la posición del heterocito (barra = 10 μ m). **g)** Subcolonia de *Nostoc microscopicum* (barra = 50 μ m). **h)** Se observa la presencia de vainas independientes alrededor de algunos filamentos de *Nostoc microscopicum* (barra = 20 μ m). **i)** Filamentos de *Petalonema crassum*, las flechas señalan: H, heterocito; N, necridios, y VD, vaina divergente (barra = 25 μ m).

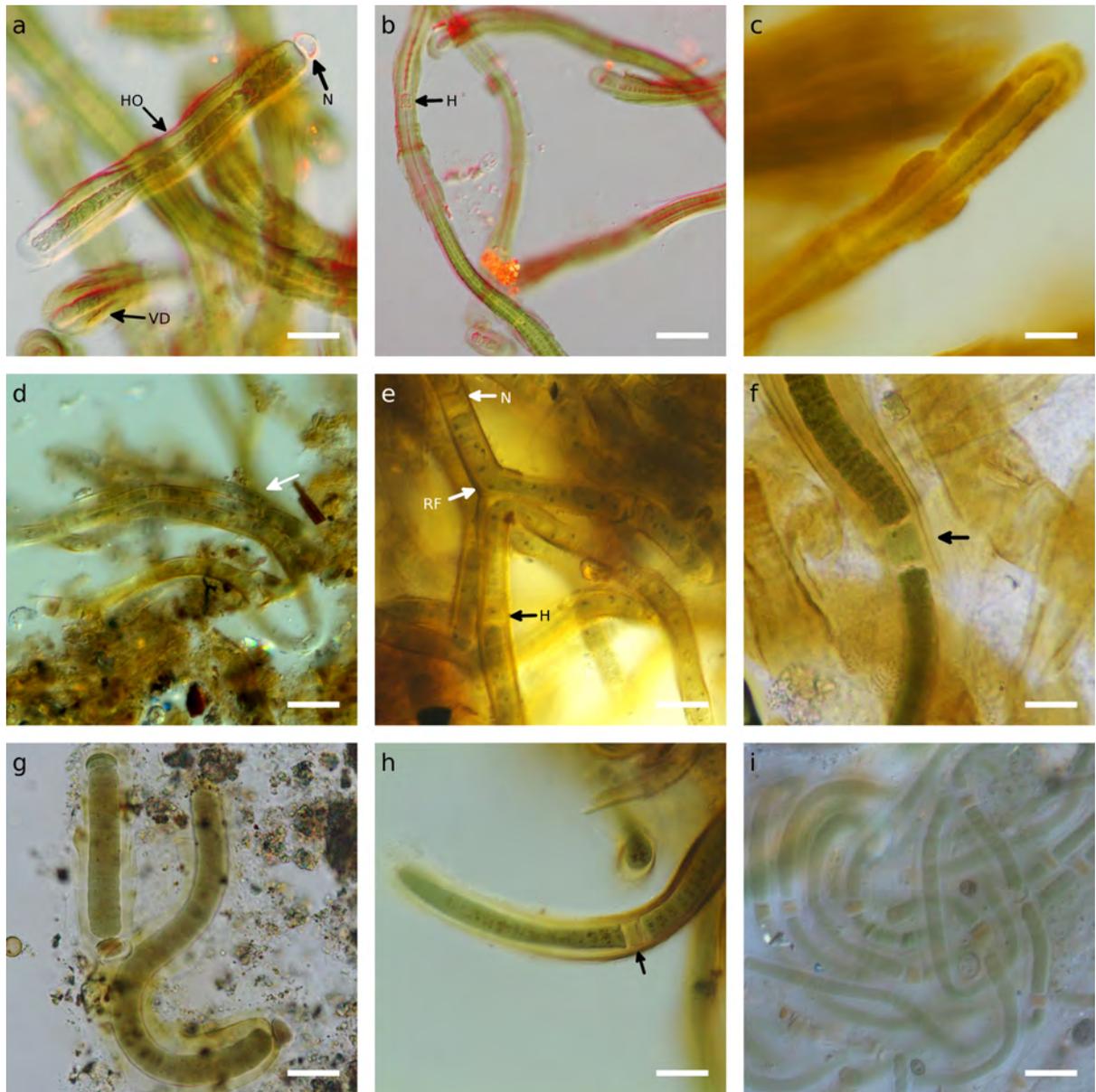


Figura 7.24: a) Filamentos de *Petalonema densum*, las flechas señalan: VD, vaina divergente; HO, hormogonio, y N, sitio donde se formó el necridio y separando el segmento que formaría el hormogonio del filamento que lo originó (barra = 30 μm). b) Filamentos de *Petalonema densum*, las células del tricoma se observan más delgadas que lo normal, por la pérdida de humedad durante la temporada seca, cuando se colectó el material; la flecha indica la posición del heterocito (H) (barra = 55 μm). c) Filamentos de *Petalonema densum*, destaca el grosor de las vainas y su color ocre (barra = 40 μm). d) La flecha indica un haz de filamentos de *Scytonema drilosiphon*, dentro de las células de estos se encuentran algunos gránulos pardos (barra = 25 μm). e) Filamentos de *Scytonema drilosiphon*, las flechas indican: N, necridio; RF, ramificación falsa, y H, heterocito (barra = 20 μm). f) Filamento de *Scytonema evanescens*, la flecha indica la posición del heterocito (barra = 30 μm). g) Hormogonios de *Scytonema evanescens* (barra = 35 μm). h) Filamento de *Scytonema hofmannii* con vaina amarillentas, la flecha indica la posición del heterocito (barra = 15 μm). i) Filamentos de *Scytonema hofmannii* con vainas hialinas (barra = 20 μm).

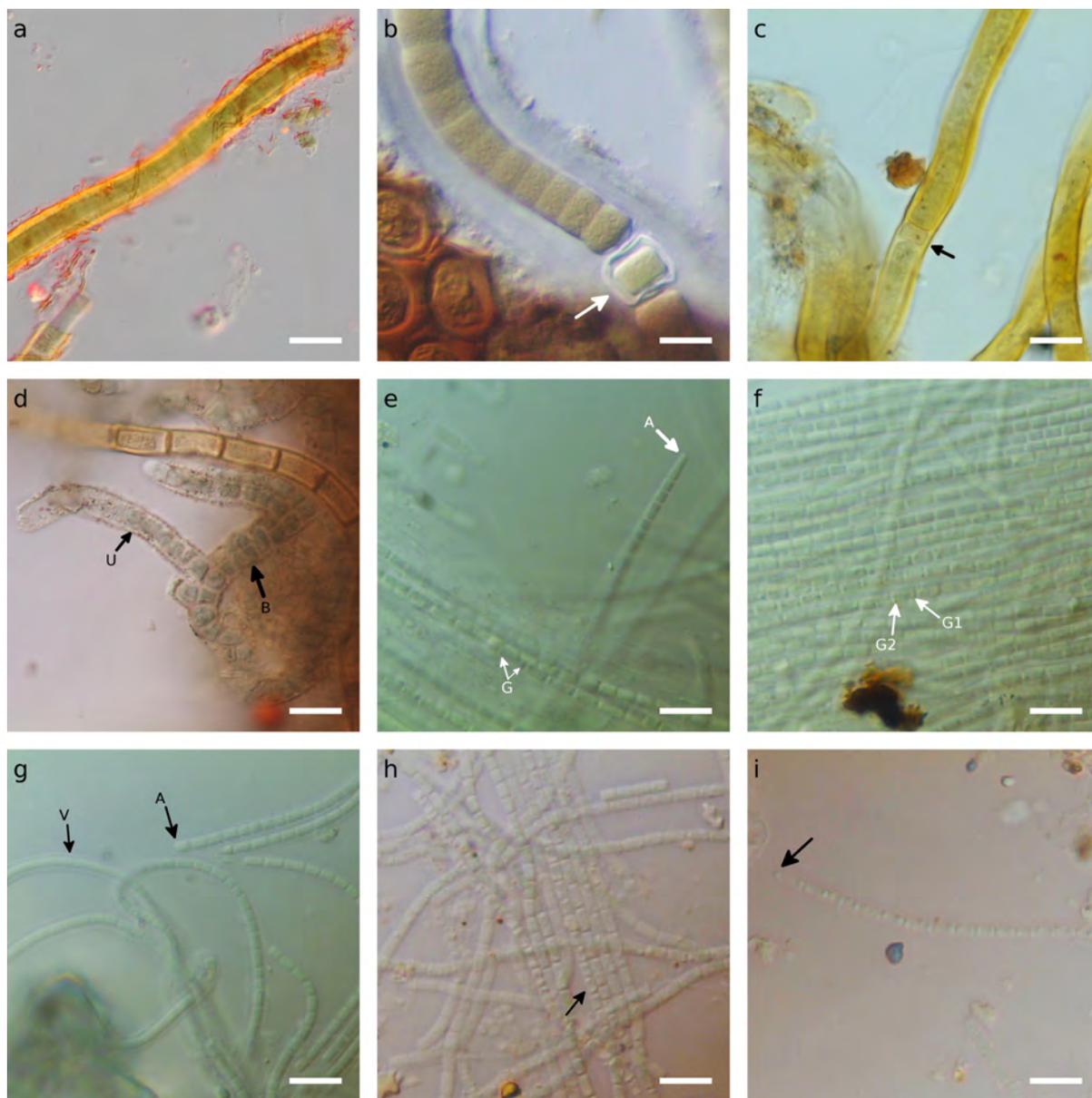


Figura 7.25: **a)** Filamento de *Scytonema javanicum* (barra = 20 μm). **b)** Filamento de *Scytonema javanicum*, se observan las granulaciones en las células del tricoma; la flecha señala la posición del heterocito (barra = 15 μm). **c)** Filamento de *Scytonema ocellatum*, se observan algunas granulaciones en las células del tricoma, la flecha indica la posición del heterocito (barra = 30 μm). **d)** Filamento con ramificaciones de *Stigonema hormoides*, las ramas nuevas son uniseriadas (U) y las maduras son biseriadas (B) (barra = 25 μm). **e)** Filamentos de *Leptolyngbya cebennensis*, se observa el ápice redondeado (A) y las zonas donde se forman los gránulos en las células (G) (barra = 10 μm). **f)** Filamentos de *Leptolyngbya cebennensis*, se indican los polos de una célula donde se forma un gránulo (G1) y un par de gránulos (G2) (barra = 10 μm). **g)** Filamentos de *Leptolyngbya compacta*, en algunos se observa la presencia de la vaina (V); se indica el ápice redondeado (A) (barra = 10 μm). **h)** Filamentos de *Leptolyngbya laminosa*, se indica una célula con gránulos en lados opuestos de la célula (barra = 10 μm). **i)** Filamento de *Leptolyngbya laminosa*, se señala la célula apical con forma cónica atenuada (barra = 10 μm).

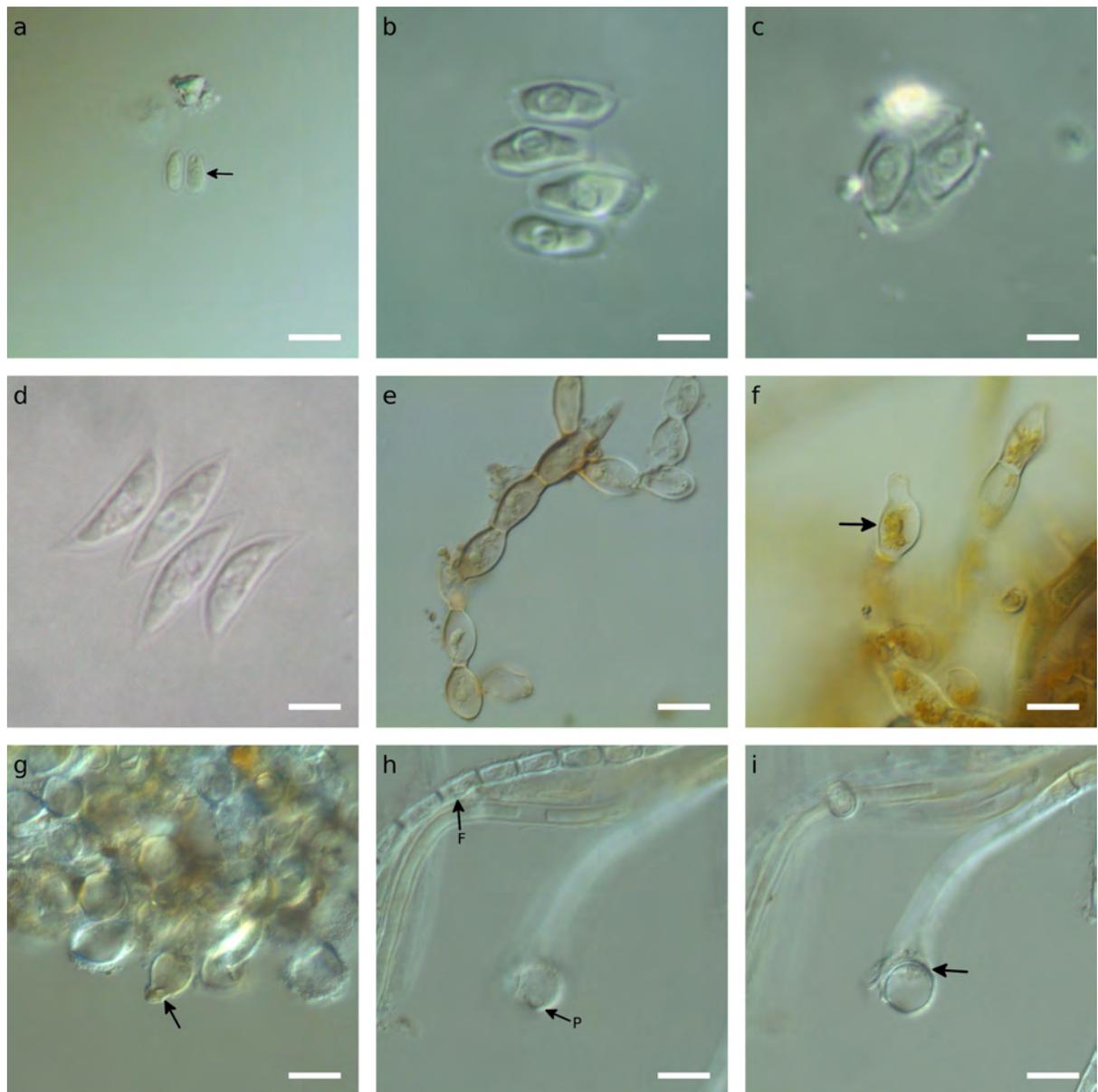


Figura 7.26: **a)** Cenobio de *Scenedesmus bijuga*, la flecha indica la posición del pirenoide (barra = 10 μm). **b)** Cenobio de *Scenedesmus obtusus* (barra = 5 μm). **c)** Autospora con cuatro células de *Scenedesmus obtusus* (barra = 5 μm). **d)** Cenobio de *Tetradesmus obliquus* (barra = 5 μm). **e)** Filamento de *Printzina ampla* (barra = 15 μm). **f)** Filamento de *Printzina ampla* con un esporangio con forma de frasco en posición terminal (señalado con una flecha) (barra = 15 μm). **g)** Filamentos de *Printzina ampla* conformados por células globosas, la flecha indica el poro del esporangio por donde se liberan las esporas (barra = 15 μm). **h)** Filamento de *Printzina bossei* (F), se indica el poro de un esporangióforo (P) (barra = 20 μm). **i)** La flecha señala la estructura, con forma de anillo, que une filamento y esporangio de *Printzina bossei* (barra = 20 μm).

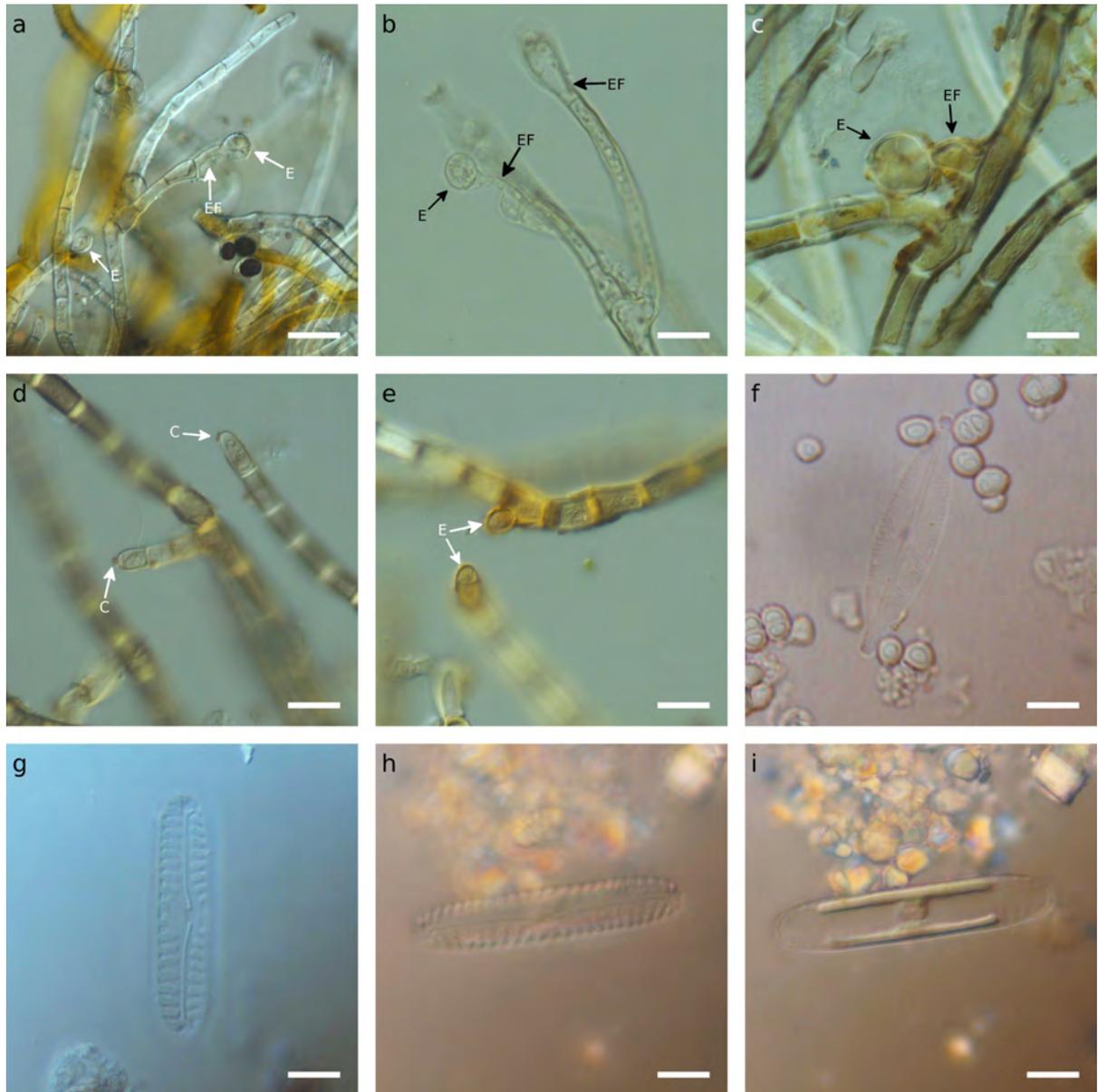


Figura 7.27: **a)** Filamentos de *Printzina bossei*, las flechas señalan las posiciones de algunos esporangios (E) y de un esporangióforo (EF) (barra = 30 μm). **b)** Filamentos de *Printzina effusa*, se indican con flechas los esporangióforos (EF) y un esporangio (E) en posición terminal (barra = 30 μm). **c)** Filamentos de *Printzina effusa*, se indican con flechas un esporangióforo (EF) y un esporangio (E) intercalares (barra = 20 μm). **d)** Filamentos de *Trentepohlia aurea*, en las células apicales se desarrolla un capuchón de pectina (C) (barra = 50 μm). **e)** Filamentos de *Trentepohlia aurea*, se señalan esporangios en posición intercalary (E) (barra = 25 μm). **f)** Frústula de *Navicula orangiana* (barra = 10 μm). **g)** Frústula de *Pinnularia borealis* (barra = 10 μm). **h)** Frústula de *Pinnularia borealis* (barra = 10 μm). **i)** Frústula de *Pinnularia borealis* con cloroplasto en forma de H (barra = 10 μm).

Capítulo 8

Discusión

8.1. Sobre la clasificación de las especies

En este estudio de la ZA de Yaxchilán, y los anteriores realizados en Palenque, se obtuvieron resultados que están en consonancia con la riqueza de especies de los ambientes subaéreos (Cuadro 5.1, p. 19), observándose en las zonas arqueológicas una mayor proporción de cianoprocariontes que de algas de las divisiones Chlorophyta o Bacillariophyta (Figura 7.12, p.51).

8.2. Nuevos registros de especies

Cabe mencionar que este trabajo presenta el primer reporte del género *Printzina* como componente de los crecimientos que se desarrollan sobre los monumentos arqueológicos en México. Anteriormente, todos los taxones de la familia Trentepohliaceae se habían determinado como *Trentepohlia aurea*, ahora se ha visto que son dos los géneros presentes, y *Printzina* es el que predomina, tanto por número de especies como por la frecuencia con la que se le encontró. Las especies del género *Printzina* pudieron diferenciarse con base en la morfología del talo, con caracteres como las formas de los filamentos y de los esporangios (Thompson y Wujek, 1992), y por la ausencia del capuchón de pectina en las células apicales, lo cual es característico de *Trentepohlia aurea* (Figura 7.27.d, p. 104) (Starmach, 1972).

El Orden Trentepohliales es un grupo de clorofitas con un número reducido de especies, y que no han sido estudiadas suficientemente. *Printzina* es un género reconocido hace relativamente poco tiempo (Thompson y Wujek, 1992), y la mayoría de las especies que incluye este, antes estaban en el género *Trentepohlia*. Esto influyó en que los trabajos que antes mencionaban a la especie *T. aurea* en sus descripciones (Ramírez, 2006, 2012; Torres, 1993) en realidad estuvieran basándose en ejemplares de *Printzina*. Esto también ocurrió con investigaciones realizadas en otros sitios, por ejemplo, en España (Morillas *et al.*, 2015). El grupo de las Trentepohliales es complejo en su delimitación interna, como afirman Rindi *et al.*, (2009), la

clasificación de este orden basada en la morfología es insuficiente, tal como lo muestran los análisis filogenéticos con datos moleculares hechos por estos autores, indicando que algunas especies de *Printzina* y de *Trentepohlia* en realidad son grupos de especies crípticas, y las hipótesis filogenéticas a las que llegaron les hicieron concluir que varias especies, como *Pr. lagenifera* o *T. arborum*, son grupos polifiléticos; una excepción a esto es el caso de *T. aurea*, que es una especie bien delimitada, pero cuya posición en la filogenia de este orden aún no está resuelta (Rindi *et al.*, 2009). En el caso de lo reportado antes para Palenque, cuyo criterio para la clasificación fue la morfología, probablemente se subestimaron el número de especies, al incluir a todas las especies filamentosas de Trentepohliales halladas como una sola especie. Por lo tanto, con estos resultados de Yaxchilán, se aumentó el número de especies conocidas de Trentepohliales presentes en México. Sin embargo, para conocer más claramente a este orden y las relaciones filogenéticas de las especies que incluye, será necesario, en el futuro, hacer estudios con datos alternativos, como los moleculares.

Por otra parte, las especies colectadas de Chlorellales son típicamente planctónicas, por lo que su presencia se consideraría una circunstancia extraña, probablemente favorecida por las lluvias de las temporadas en las que se encontraron, las cuales propiciaron un microambiente lo suficientemente húmedo como para que pudieran seguir desarrollándose en un biotopo diferente al habitual. Ocurre algo semejante con las especies de Naviculales, que normalmente son parte del metafiton, aunque en el caso particular de *Pinnularia borealis*, esta ya había sido reportada en ambientes subaéreos. Además, las especies de estos órdenes se encontraron en los muestreos de las temporadas lluviosas, por lo que su presencia está determinada por la influencia por la humedad de dicha época del año.

Por otra parte, son de extrañar los nuevos registros de especies de Chlorellales y Naviculales para el estado de Chiapas, ya que los géneros a los que corresponden son ampliamente conocidos en todo el mundo. Esto es indicativo de la falta de estudios de biodiversidad en México, pero sobre todo para Chiapas, en particular para el grupo de las algas.

8.3. Sobre las condiciones macro y micro ambientales

Como se vio anteriormente (Figura 7.1.a, ver p. 39), la intensidad de la luz solar tiene un papel importante para la colonización y formación de crecimientos de algas y cianoprocariontes. Siendo su resistencia a la luz UV y a la desecación factores determinantes para la colonización y establecimiento a mediano plazo de los microorganismos fotosintéticos. En el ejemplo de la Figura 7.1.a es evidente que el efecto de la sombra proporcionada por la vegetación permite el establecimiento de múltiples colonias de algas o cianoprocariontes, mientras que ningún microorganismo es capaz de mantenerse en el sitio más expuesto a la luz, donde, como consecuencia, los crecimientos epilíticos son menores en extensión y composición.

Otro factor que influye en el establecimiento de microorganismos fotosintéticos y que permite su crecimiento, es el tipo de superficies de los muros. Por ejemplo, las cavidades de estos, tanto microscópicas como macroscópicas, dadas por la porosidad de las superficies o los es-

pacios entre las rocas que componen los muros, brindan nichos en donde los microorganismos pueden desarrollarse, e incluso cuentan con protección contra la lluvia y el viento directos. Como se puede observar en la Figura 7.1.b (p. 39), el sitio donde crece la colonia, entre algunas rocas y sobre el mortero, está resguardado, tanto de la luz directa del sol durante la mayor parte del día como de la lluvia, por lo que recibe solamente la cantidad necesaria de luminosidad y humedad para sobrevivir. Además, la porosidad de los materiales de los muros influye en la cantidad de humedad disponible para las biopelículas, debido a que un material poroso absorberá más agua durante la lluvia, la cual estará disponible, posteriormente, mediante la evaporación, para las algas y cianoprocariontes que crecen encima.

En cuanto al patrón anual de la temperatura ambiental (Figura 7.3, p. 43) se aprecia que esta es mayor en la época lluviosa, y menor en la temporada seca, lo cual también ocurre en los microambientes habitados por las algas y los cianoprocariontes (Figura 7.8, p. 47), como son los casos de los sitios donde habitan *Aphanothece castagnei*, *Gloeocapsa aeruginosa*, *Gl. caldariorum*, *Gloeothece palea*, *Gloeot. rupestris*, *Nostoc carneum* y *Scytonema javanicum*. Sin embargo, se observó que las variaciones en las que viven las especies entre una temporada y otra no son mayores a 2 °C (Figura 7.8). La diferencia de la temperatura ambiente entre las temporadas de lluvias y seca es de casi 4 °C (Figura 7.3), lo cual indica que, junto con el viento y la retención de agua por parte de las rocas, los crecimientos epilíticos participan en el amortiguamiento de la temperatura de los muros de los edificios entre las estaciones del año. Es importante señalar que se encontraron especies, como *Aphanocapsa muscicola*, *Leptolyngbya laminosa* y *Scytonema javanicum*, en microambientes con temperatura mayores a 37 °C, muy por encima del promedio del resto de 26.1 °C, siempre y cuando la humedad relativa sea mayor a 60 %, siendo en algunos casos mayor a 80 %.

La humedad relativa en la temporada de lluvias es mayor que en la seca, siendo la diferencia entre estas de casi 40 % (Figura 7.4, p. 43). Lo mismo ocurre con los crecimientos de algas y cianoprocariontes, donde la diferencia llega a ser de la misma proporción (Figura 7.9, p. 48). Sin embargo, esto no se ve reflejado en los datos de humedad vertical (Figura 7.10, ver p. 49) u horizontal (Figura 7.11, ver p. 49) interna de las rocas. Esto se debe a que el instrumento de medición empleado (Protímetro Surveymaster, GE) ofrece datos cualitativos acerca de la cantidad de agua dentro de las rocas, estos no pueden transformarse a datos cuantitativos, y solo se pueden considerar como una estimación de la cantidad de agua interna de los objetos. Además, se comprobó que los crecimientos epilíticos interfieren en las mediciones del protímetro, dando medidas de humedad más alta con respecto a los de las rocas expuestas al aire.

Se detectó que hay 12 especies tolerantes a la variación de la temperatura entre las estaciones del año (Figura 7.8, p. 47), estas son *A. muscicola*, *Gl. aeruginosa*, *Gl. caldariorum*, *Gl. compacta*, *Aphanot. castagnei*, *Gloeot. palea*, *Gloeot. rupestris*, *Gloeot. tepidariorum*, *N. cf. carneum*, *Scy. hofmannii*, *Scy. javanicum* y *Pr. ampla*.

También se reconoció que 27 especies son tolerantes a los cambios en la humedad, ya sea relativa o interna de las rocas (en forma de HV o HH) entre la temporada de lluvias y la de secas (Figuras 7.9, 7.10 y 7.11, pp. 48, 49 y 50, respectivamente), estas son *Chr. varius*, *G. cf.*

cyanea, *A. muscicola*, *Gl. aeruginosa*, *Gl. atrata*, *Gl. biformis*, *Gl. caldariorum*, *Gl. compacta*, *Gl. punctata*, *Aphanot. castagnei*, *Gloeot. confluens*, *Gloeot. palea*, *Gloeot. rupestris*, *Gloeot. tepidariorum*, *Sy. cf. elongatus*, *N. cf. carneum*, *N. commune*, *P. crassum*, *P. densum*, *Scy. evanescens*, *Scy. hofmannii*, *Scy. javanicum*, *Scy. ocellatum*, *L. compacta*, *L. laminosa*, *Pr. ampla* y *Pr. effusa*.

La tolerancia a las variaciones de estos factores ambientales explica el hecho de que hubieran 8 especies presentes en casi todas las colectas, tanto en las temporadas como en los edificios muestreados (Cuadro 7.3, p. 55).

8.4. Especies por temporada de colecta y edificio

A partir de los datos de presencia y dominancia de las especies, se observó que hay especies presentes en la mayoría de los edificios en los que se muestreó, y que se mantienen a lo largo del año, entre las temporadas lluviosa y seca (Cuadro 7.3, p. 55). Tales son los casos de *Chr. varius*, *A. muscicola*, *Gl. aeruginosa*, *Aphanot. castagnei*, *Gloeot. palea*, *Scy. hofmannii* y *L. compacta*, hallados en todas las temporadas en que se colectó, y *Gl. punctata* que solamente en la temporada seca de 2008 no se encontró. Estas ocho especies pertenecen a la división de los cianoprocariontes, los cuales cuentan con adaptaciones morfológicas, como las vainas y la presencia de pigmentos (Hill, 1996; Sinha, 2003), que les permiten soportar periodos de desecación y resistir la luz ultravioleta, y, como se vio en la sección anterior, cuentan con la capacidad de tolerar variaciones importantes de la temperatura o la humedad de los microambientes donde habitan. Por lo tanto, soportan los cambios entre las estaciones del año, y sobreviven, prácticamente, en el mismo sitio, aunque, probablemente, con diferencias en el tamaño de sus poblaciones o la velocidad con la que crecen y se reproducen.

En cambio, hay 9 especies que solo se encontraron en la temporada de lluvias (Cuadros 7.3 y 7.6, pp. 55 y 66, respectivamente), estas son *Asterocapsa divina*, *Chr. ercegovicii*, *Pseudocapsa dubia*, *Chlorogloea novacekii*, *Myxosarcina concinna*, *N. microscopicum*, *Scenedesmus bijuga*, *Tetradismus obliquus* y *Pinnularia borealis*. Por otra parte, también se colectaron 4 especies solamente en la temporada de secas (Cuadros 7.3 y 7.6), estas son *Fischerella cf. tiserantii*, *Stigonema hormoides*, *Sce. obtusus* y *Trentepohlia aurea*. Dichas especies podrían estar más limitadas por las condiciones ambientales, lo cual sería la razón por la que se hayan colectado en pocas ocasiones en sus respectivas temporadas del año.

8.5. Relación entre la presencia de las especies con la orientación de los muros donde habitan

Es interesante observar que las dos especies de *Printzina* y *Scy. hofmannii* se hallaran en mayor abundancia en la época de lluvias al NE (Figura 7.16, p. 61), es decir en la época del año en la que están menos expuestas a la luz del sol, y cuando el nivel de radiación solar que llega

a la Tierra es menor en el hemisferio norte, ya que cuentan con características morfológicas y fisiológicas que les protegen de niveles de radiación solar altos, como la presencia de carotenos en sus células, y del pigmento scytonemina en sus vainas, respectivamente (Hill, 1996; Sinha, 2003).

En los muros orientados al SE (Figura 7.17, p. 62), destaca que *Chr. varius*, *Gl. aeruginosa* y *Gl. compacta* se encuentran presente en casi la misma proporción entre una temporada y otra, lo que refleja la estabilidad de la composición de especies en las muestras halladas sobre estos muros.

Curiosamente, en el interior de los edificios (Figura 7.18, p. 63) se observa como las poblaciones de algunas especies decrecen de la temporada de lluvias a la seca, incluso la mayoría de las especies no se encontraron en la época seca. Es notable que la proporción de las dominancias de las especies en el interior de los edificios sea menor en la época seca en comparación con las otras orientaciones, NE y SE. Mientras que en los muros expuestos al exterior se presentaron cambios drásticos en la presencia y dominancia de las especies entre una temporada y otra, pero sin llegar a ser tan marcada la ausencia generalizada de la mayoría de especies en la temporada seca con respecto a la de lluvias.

Por otra parte, las especies presentes en todas las orientaciones de los muros analizados, y que se considerarían que son capaces de vivir en condiciones de iluminación contrastantes, fueron: *A. muscicola*, *Gl. acervata*, *Gl. caldariorum*, *Gl. compacta*, *G. cf. cyanea*, *Gloeot. confluens*, *Gloeot. palea*, *Gloeot. rupestris*, *Gloeot. tepidariorum*, *L. compacta*, *N. commune*, *Pr. ampla*, *Scy. evanescens*, *Scy. hofmannii* y *Scy. javanicum*, cuyas dominancias variaron ampliamente entre unas localizaciones y otras. Particularmente, destaca el caso de *Pr. ampla*, que, en este análisis, solo se encontró en la temporada de lluvias, y su valor de dominancia más alto estuvo en las muestras del NE.

8.6. Sobre la evidencia física de deterioro de las rocas

El desprendimiento de material de los muros al remover los crecimientos epilíticos se observó para unos pocos casos, y mediante la observación de las muestras por microscopía se relacionó una minoría de especies, 14 de 49 taxones, es decir el 28 % de las especies (Cuadro 7.6, p. 66).

Esto se tiene que considerar junto con más análisis para entender el papel de los crecimientos de algas y cianoprocariontes en el proceso del deterioro de las rocas, debido a que los únicos casos de especies que presentan esta característica coinciden con la formación de crecimientos macroscópicos, siendo, en la mayoría de las ocasiones, de una sola especie, por lo que estos crecimientos tienen espacios estrechos entre las células o filamentos que los forman, lo cual ayuda a que no se dispersen los fragmentos de material calcáreo después de que se separan de las rocas. Por lo tanto, sigue siendo necesario estudiar si son las propias biopelículas las que causan este deterioro o si los fragmentos de las rocas son resultado del intemperismo al que están sometidos los monumentos arqueológicos.

Capítulo 9

Conclusiones

Se documentaron 49 especies de algas y cianoprocariontes que forman los crecimientos epilíticos de la ZA de Yaxchilán. Se reportaron 9 especies que constituyen nuevos registros para México, y 5 que son nuevos registros para el estado de Chiapas.

De las 49 especies presentes en los monumentos de la ZA de Yaxchilán, 14 especies no habían sido reportadas anteriormente en los trabajos de la ZA de Palenque. De estas, 9 especies pertenecen al grupo de los cianoprocariontes, que, como se ha visto antes, es el grupo predominante, por número de especies, en los ambientes subaéreos. Las 5 especies restantes corresponden a los Chlorellales y Naviculales, taxones que incluyen especies típicamente de hábitats acuáticos. Por esto, se sugiere que las condiciones abióticas de la ZA de Yaxchilán propician la colonización del hábitat subaéreo por algas que requieren de mayores cantidades de humedad para sobrevivir y llevar a cabo sus ciclos de vida.

Los factores ambientales influyen en la distribución y abundancia de las especies de algas y cianoprocariontes. Se observó que el número de especies presentes en la temporada de lluvias fue mayor que el de la temporada de secas. Debido a que entre una temporada y otra existen disminuciones en los niveles de humedad y de temperatura, se sugiere que los cambios en los factores ambientales tienen un efecto sobre el metabolismo de los organismos, debido a condiciones de estrés hídrico, dado que la menor cantidad de agua disponible limita las funciones celulares, manteniéndose los procesos indispensables para la vida, y limitando las relacionadas con la reproducción de las células, lo que modifica su presencia y abundancia en los crecimientos epilíticos.

En cuanto a la luz solar, se observó que la presencia de algas y cianoprocariontes está limitada por la cantidad de luz a la que se exponen, ya que incluso las especies con adaptaciones capaces de evitar daños al DNA causado por la luz UV, no se encuentran en los sitios más expuestos de los edificios. Esto se muestra en los resultados de la presencia y abundancia de especies dependiendo de la orientación de los muros donde se muestreó.

Las evidencias físicas de biodeterioro sobre los monumentos arqueológicos solo se observaron como presencia de material de los muros junto a los crecimientos epilíticos que se desprendieron de los edificios. La mayoría de las especies aquí reportadas no provocaron este

efecto cuando se colectaron.

Las especies epilíticas de algas y cianoprocariontes de la ZA de Yaxchilán apenas comienzan a ser estudiadas. El aislamiento de este sitio presentó dificultades para la colecta de muestras y recopilación de datos ambientales. Estos grupos de organismos deben seguir siendo estudiados, para lo cual será necesario, en el futuro, complementar lo ya hecho con información de nuevos muestreos en la ZA de Yaxchilán, que probablemente, incrementen la riqueza de especies conocida. También, para saber más de estas especies son indispensables los análisis moleculares, para comprender las relaciones filogenéticas de estas, y compararlas con las de otras regiones de México o el mundo, ya sea de ambientes subaéreos o en hábitats establecidos sobre elementos del patrimonio cultural.

Capítulo 10

Literatura citada

- Abe, K., Mihara, H. y Hirano, M. 1998. Characteristics of growth and carotenoid accumulation of the aerial microalga *Trentepohlia aurea* in liquid culture. *J. Mar. Biotechnol.*, 6, 53-58.
- Abe, K., Imamaki, A. y Hirano, M. 2002. Removal of nitrate, nitrite, ammonium and phosphate ions from water by the aerial microalga *Trentepohlia aurea*. *J. Appl. Phycol.*, 14, 129-134.
- Aboal, M. 1988. Aportación al conocimiento de las algas epicontinentales del S.E. de España. VII. Clorofíceas (Chlorophyceae Wille in Warming 1884). *Candollea*, 43, 521-548.
- Aboal, M. 1989. Flora algal del río Benamor (Cuenca del Segura, SE de España). *Limnetica*, 5, 1-11.
- Aboal, M. y Llimona, X. 1989. Los poblamientos algales bentónicos del río Segura y su relación con la calidad del agua. *Candollea*, 44, 199-208.
- Acleto, C.O., Zúñiga, R., Montoya, H., Morón, S., Samamez, I. y Távora, C. 1978. *Algas continentales del Perú I. Bibliografía y lista de géneros y especies*. Museo de Historia Natural “Javier Prado”, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú. 145 pp.
- Acleto, O. 1966. *Algas de agua dulce de las cascadas de Barranco*. Museo de Historia Natural “Javier Prado”, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú. 65 pp.
- Acosta, J. 1977. Nombres vulgares y usos de las algas en el Perú. *Mus. Hist. Nat. “Javier Prado”, Univ. San Marcos, Ser. Div.*, 7, 1-7.
- Acosta, J. y Ponce, A. 1979. Las algas superficiales del Lago Titicaca (Departamento de Puno-Perú). *Centro de Investigaciones Pesqueras Universidad Nacional Federico Villareal*, 1, 1-40.
- Adamo, P. y Violante, P. 2000. Weathering of rocks and neogenesis of minerals associated with lichen activity. *Appl. Clay Sci.*, 16 (5-6): 229-256.
- Aguiar, L.W. y Martau, L. 1979. Diatomáceas de lagos do Parque Zoologico, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia Sér. Bot.*, 25, 27-110.
- Akiyama, M. 1965. Some soil algae from Japan. *Bull. Shimane Univ. (Natural Sci.)*, 15, 96-117.
- Akiyama, M. 1970. Some aerial and soil algae from the Ryukyo Islands. *Mem. Fac. Educ. Shimane Univ.*, 3, 24-45.

- Akiyama, M. 1971. On some Brazilian species of Trentepohliaceae. *Mem. Fac. Educ. Shimane Univ.*, 5, 81-95.
- Akiyama, M. 1973. Ecological studies on the terrestrial algae found in the coastal sand dune in San-In region, Japan. *Mem. Fac. Educ. Shimane Univ.*, 7, 33-40.
- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. y Watson, J.D. 2002. *Biología Molecular de la Célula*. Tercera edición. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1387 pp.
- Allsopp, D., Seal, K.J. y Gaylarde, C.C. 2004. *Introduction to biodeterioration*. Second edition. Cambridge University Press. E.U.USA. 237 pp.
- Almodovar, L.R. 1963. The fresh-water and terrestrial Cyanophyta of Puerto Rico. *Nov. Hed.*, 5, 429-435.
- Alvarado, R. 2003. Dinámica estacional y circadiana del fitoplancton en el Lago Zirahuén, Michoacán, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 124 pp.
- Ariño, X. y Saiz-Jimenez, C. 1996. Biological diversity and cultural heritage. *Aerobiologia*, 12: 279-282.
- Ascaso, C., Wierzechos, J., Souza-Egipsy, V., De Los Ríos, A. y Delgado, J. 2002. In situ evaluation of the biodeteriorating action of microorganisms and the effects of biocides on carbonate rock of the Jeronimos Monastery (Lisbon). *Int. Biodeter. Biodegrad.*, 49 (1): 1-12.
- Ávila, J. 1985. Ficoflora manifiesta del suelo del Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 147 pp.
- Ávila, J. 1989. Ficoflora potencial de suelo húmedo del Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 93 pp.
- Banderas, A.G. 1994. Limnología del Lago El Sol, Nevado de Toluca, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 211 pp.
- Banfield, J.F., Barker, W.W., Welch, S.A. y Taunton, A. 1999. Biological impact on mineral dissolution: application of the lichen model to understanding mineral weathering in the rhizosphere. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 96 (7): 3404-3411.
- Becerra, I. 2002. Cambios de la comunidad algal relacionados con el ciclo hídrico en un tinal inundable en Quintana Roo. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 89 pp.
- Becerra, I. y Tavera, R. 2003. Cambios de la comunidad algal (perifiton) relacionados con el ciclo hidrológico en un tinal anegable en Quintana Roo. *EM/MS*, 19, 263-275.
- Behre, K. 1956. Die Algenbesiedlung einiger Seen um Bremen und Bremerhaven. *Ver. Inst. f. Meeresforsch. Bremerhaven*, 4, 221-383.
- Behre, K. 1961. Die Algenbesiedlung der Unterweser unter Berücksichtigung ihrer Zuflüsse (ohne die Kieselalgen). *Ver. Inst. f. Meeresforsch. Bremerhaven*, 7, 71-263.
- Bernard, C.J. 1908. *Protococcacées et Desmidiacées d'eau douce recoltées à Java et décrites par Ch. Bernard*. Departement de l'Agriculture aux Indes Néerlandaises. Batavia. 230 pp.
- Bicudo, C.E.d.M., Corte, M. y Martau, L. 1973. Catálogo das algas de águas continentais do Estado do Rio Grande do sul, Brasil: I. Bacillariophyceae. *Iheringia Sér. Bot.*, 17, 56-68.

- Bock, W. 1961. Diatomeen aus zwei Waldsümpfen in der Nähe von Würzburg. *Mit. Natur. Museums Stadt, Aschaffenburg*, 9, 1-16.
- Bock, W. 1970. Felsen und Mauern als Diatomeenstandorte. *Beih. Nova Hedwigia*, 31, 395-441.
- Bojorge, M.G. 2002. Ecología de comunidades algales en una localidad del Río La Magdalena, D.F. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 46 pp.
- Bojorge, M.G. y Cantoral, E.A. 2007. Estructura comunitaria de diatomeas asociadas a talos de *Prasiola mexicana* (Chlorophyta) en el río Magdalena, D.F. *Hidrobiológica*, 17, 11-24.
- Bold, H.C. y Wynne, M.J. 1985. *Introduction to the Algae: Structure and Reproduction*. Segunda edición. Prentice Hall. N.J., E.U. 720 pp.
- Borge, O. 1925. Die von Dr. F.C. Hoehne während der Expedition Roosevelt-Rondon gesammelten Süßwasseralgen. *Ark. Bot.*, 19, 1-56.
- Borge, O. 1936. Beiträge zur Algenflora von Sweden. *Ark. Bot.*, 28A, 1-58.
- Bourrelly, P. 1987. *Algues d'eau douce des mares d'alpage de la région de Lunz am See, Autriche*. J. Cramer, Berlin - Stuttgart. 182 pp.
- Bourrelly, P. y Manguin, E. 1952. *Algues d'eau douce de La Guadeloupe et Dépendances. Bacillariophyceae par E. Manguin*. SEDES, Paris. 139 pp.
- Bradbury, J.P. 1971. Paleolimnology of lake Texcoco, México. Evidence from diatoms. *Limnol. Oceanogr.*, 16, 180-200.
- Bristol, M. 1920. On the algal flora of some desiccated English soils: an important factor in soil biology. *Ann. Bot.*, 34, 35-80.
- Britton, M.E. 1944. *A catalogue of Illinois algae*. Northwestern University, Evanston. 175 pp.
- Broadly, P.A. 1979. *The terrestrial algae of Signy Islands, South Orkney Islands*. British Antarctic Survey, Cambridge. 117 pp.
- Cameron, R.E. 1960. Communities of soil algae occurring in the Sonoran Desert in Arizona. *J. Arizona Acad. Sci.*, 1, 85-88.
- Cameron, R.E. 1962. Species of Nostoc Vaucher occurring in the Sonoran desert in Arizona. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, 81, 379-384.
- Cameron, R.E. 1963. Algae of Southern Arizona. I.- Introduction. Blue-green algae. *Rev. Algal. N.S.*, 6, 282-318.
- Cameron, R.E. 1964. Terrestrial algae of southern Arizona. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, 83, 212-218.
- Cameron, R.E. y Blank, G.B. 1966. *Desert algae: Soil crusts and diaphanous substrata as algal habitats*. 32-971, 1-41. Pasadena, National Aeronautics and Space Administration. Jet Propulsion Laboratory. California Institute of Technology.
- Caneva, G., Salvadori, O., Ricci, S. y Ceschin, S. 2005. Ecological analysis and biodeterioration processes over time at the Hieroglyphic Stairway in the Copàn (Honduras) archaeological site. *Plant Biosyst.*, 139 (3): 295-310.
- Cantoral, E.A. 1993. Ecología de comunidades algales del Sistema Hidrológico El Salto, en la Huasteca Potosina. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autóno-

- ma de México. México. 97 pp.
- Cantoral, E.A., Carmona, J., González-González, J. y Montejano, G. 1999. Algas indicadoras de la calidad del agua en el río la Magdalena, Delegación Magdalena Contreras, Distrito Federal, México. En: Ponce-N. D. y Alegre, M.V. (eds.), *Consejo de Estudios para la Restauración y Valoración Ambiental (Aire-Agua), Tomo I* (pp. 299-332). D.F., México. Gobierno del Distrito Federal.
- Castañeda, J. F., Nakamura, S. y Ortega, O. 2008. Aportes al estudio del bio-deterioro en la Acrópolis del Norte, Tikal. *Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*: 357–364.
- Castenholz, R.W. 1970. Laboratory culture of thermophilic cyanophytes. *Schweiz Z. Hydrol.*, 32, 537-551.
- Castro, M.d.C. y Tapia, M.I. 1993. Palenque. Intervenciones anteriores en conservación: Seguimiento y evaluación. Tesis de Licenciatura (Restauración de Bienes Muebles), Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete”, Instituto Nacional de Antropología e Historia. Secretaría de Educación Pública. México. 206 pp.
- Castro, T. y Mora, M.d.R. 2006. Preparación de placas permanentes de microalgas dulceacuícolas. En: Mora, M.d.R., Vázquez-García, J.A., Vargas-Rodríguez, Y.L. y Hernández-Herrera, R.M. (eds.), *Algas del occidente de México. Florística y Ecología* (pp. 67-70). Guadalajara, México. Universidad de Guadalajara (CUCBA), Fundación Gonzalo Río Arronte, Sociedad Ficológica de México.
- Chodat, R. 1926. *Scenedesmus*. Etude de génétique, de Systématique experimental et d’hydrobiologie. *Z. Hydrol.*, 3, 71-258.
- Claassen, M.I. 1961. A contribution to our knowledge of the freshwater of the Transvaal Province. *Bothalia*, 7, 559-667.
- Collins, F.S. 1928. *Green algae of North America. With first and second supplement and twenty four plates and with working key*. G.E. Stechert & Co., New York. 400 pp.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. *Programa de Conservación y Manejo. Monumento Natural Yaxchilán. México*. Diario Oficial de la Federación. México.
- Cotton, D.W. 1993. Intimate relations: the serial endosymbiotic theory of the origin of eukaryotes. *J. Pathol.*, 169(2):189-90.
- Crispim, C.A., Gaylarde, P.M., Gaylarde, C.C. y Neilan, B.A. 2006. Deteriogenic cyanobacteria on historic buildings in Brazil detected by culture and molecular techniques. *Int. Biodeter. Biodegrad.*, 57: 239–243.
- Cutler, N. y Viles, H. 2010. Eukaryotic microorganisms and stone biodeterioration. *Geomicrobiol. J.*, 27 (6–7): 630–646.
- Cutler, N.A., Viles, H.A., Ahmad, S., McCabe, S., y Smith, B.J. 2013. Algal ‘greening’ and the conservation of stone heritage structures. *Sci. Total Environ.*, 442: 152–64.
- De Buen, F. 1941. La vida en las aguas dulces. En: *La Universidad de Primavera “Vasco de Quiroga”* (pp. 209-231). Morelia, México. Centro de Estudios sobre la Cultura Nicolaita. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

- De la Lanza, G., García, J., Soto, J., Zamudio, M.E., González, I.D. y Hernández, S. 2007. La presa Requena y su calidad del agua a través de indicadores fitoplanctónicos. En: De la Lanza, G. y Hernández, S. (eds.), *Las aguas interiores de México: conceptos y casos* (pp. 481-494). México. AGT Editor, S.A.
- De Wildeman, E. 1891. Les Trentepohlia des Indes Néerlandaises. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, 9, 127-143.
- Desikachary, T.V. 1959. *Cyanophyta*. India Council of Agricultural Research, New Delhi. 686 pp.
- Dillard, G.E. 1969. The benthic algal communities of a North Carolina Piedmont Stream. *Nov. Hed.*, 17, 9-29.
- Drouet, F. 1937. Some Myxophyceae from the Canal Zone. *Bull. Torrey Bot. Club*, 64, 599-604.
- Drouet, F. 1938. The Brazilian Myxophyceae II. *Am. J. Bot.*, 25, 657-666.
- Drouet, F. 1939. The Myxophyceae of Maryland. *Publications of the Field Museum of Natural History. Botanical Series*, 20(1), 3-14 pp.
- Durrell, L.W. 1962. Algae of Death Valley. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, 81, 267-273.
- Durrell, L.W. 1964. Algae in tropical soils. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, 83, 79-85.
- Espinosa, S., Palacios, S. y Ortega, M.M. 1984. Fijación de nitrógeno por cepas de Nostoc commune Vaucher, aisladas de suelos del Edo. de Morelos, México, comparada con dos cepas de *Anabaena*. *Rev. Lat. Amer. Microbiol.*, 26, 323-330.
- Evans, J.H. 1958. The survival of freshwater algae during dry periods. Part I. An investigation of the algae of five small ponds. *J. Ecol.*, 46, 149-167.
- Evans, J.H. 1959. The survival of freshwater algae during dry periods. Part II. Drying experiments. Part III Stratification of algae in pond margin litter and mud. *J. Ecol.*, 47, 55-81.
- Farooq, M., Hassan, M. y Gull, F. 2015. Mycobial Deterioration of Stone Monuments of Dharmarajika, Taxila. *J. Microbiol. Exp.*, 2 (1): 1-6.
- Ferreira-García, M.E. 2005. Estudio de la herpetofauna del Monumento Natural Yaxchilán, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 106 pp.
- Figuroa, M.G. 2009. *Algas de la cuenca de México*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México. 81 pp.
- Figuroa, M.G., Santos, D. y Velasco, Á.A. 2008. *Ficoflora de Xochimilco, Parte 1: Diatomeas y clorofitas*. Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco. México. 122 pp.
- Foged, N. 1984. *Freshwater and littoral diatoms from Cuba*. Bibliotheca Diatomologica. J. Cramer, Vaduz.
- Forest, H.S. 1962. Analysis of the soil algal community. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, 81: 189-198.
- Forest, H.S., Willson, D.L. y England, R.B. 1959. Algal establishment on sterilized soil replaced in an Oklahoma prairie. *Ecology*, 40, 475-477.
- Fox, T.R. y Comerford, N.B. 1990. Low-molecular-weight organic acids in selected forest soils of the Southeastern USA. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54 (4).
- Frémy, P. 1930. Cyanophycées des cotes D' Europe. *Arch. Bot.*, A. Asher and Co. B.V. Amsterdam.

- Friedmann, E.I., Lipkin, Y. y Ocampo-Paus, R. 1967. Desert algae of the Negev (Israel). *Phycologia*, 6 (4): 185-196.
- Fritsch, F.E. y John, R.P. 1942. An ecological and taxonomic study of the algae of British soils. II. Consideration of species observed. *Ann. Bot. London N. S.*, 6, 371-395.
- García, J.V. 1997. Diatomeas de una zona de jales mineros de Guanajuato. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 96 pp.
- García, R. 2003. *La arquitectura de Yaxchilán*. INAH, Plaza y Valdés. México. 379 pp.
- Gardner, N.L. 1927. New Myxophyceae from Porto Rico. *Mem. N.Y. Garden*, 7:1-144.
- Garduño, G., Rodríguez, M.C., Martínez, M., Quintanar, R.E., Lozano, C., Campos, J.E. y Monsalvo, A.C. 2011. Cultivos de microalgas del Lago de Catemaco, Veracruz. *Rev. Latinoam. Biotecnol. Amb. Algal*, 2, 67-80.
- Gasse, F. 1986. *East African diatoms. Taxonomy, ecological distribution*. J. Cramer, Berlin – Stuttgart. 202 pp.
- Godínez, J.L., Ortega, M.M., Garduño, G., Oliva, Ma.G. y Vilaclara, G. 2001. Traditional knowledge of Mexican continental algae. *J. Ethnobiol.*, 21, 57-88.
- Godward, M.B. 1937. An ecological and taxonomic investigation of the littoral algal flora of Lake Windermere. *J. Ecol.*, 25: 496-568.
- González, A. 1991. Contribución al estudio ficológico estacional de la Laguna de Tlila y canales adyacentes, Xochimilco, México, D.F. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 80 pp.
- Guarrera, S.A. y Kühnemann, O. 1949. Catálogo de las Chlorophyta y Cyanophyta de agua dulce de la República Argentina. *Lilloa*, 19, 219-318.
- Guarrera, S.A., Cabrera, S.M., López, F. y Tell, G. 1968. Fitoplancton de las aguas superficiales de la provincia de Buenos Aires. I. Área de la Pampa deprimida. *Rev. Mus. La Plata, Sec. Bot.*, 10, 223-370.
- Guarrera, S.A., Malacalza, L. y López, F.P. 1972. Fitoplancton de las aguas superficiales de la provincia de Buenos Aires. II. Complejo lagunar Salada Grande, Encadenadas del Oeste y Encadenadas del Sur. *Rev. Mus. La Plata, Sec. Bot.*, 12, 161-219.
- Guiry, M.D. y Guiry, G.M. 2016. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponible en: <http://www.algaebase.org>. Última fecha de acceso: 29 de mayo de 2016.
- Hallmann, C., Friedenberger, H., Hause-Reitner, D. y Hoppert, M. 2015. Depth Profiles of Microbial Colonization in Sandstones. *Geomicrobiol. J.*, 32 (3-4): 365-79.
- Herbert, L.d.L. 1995. Preservación de una zona. Yaxchilán, Chiapas. Tesis de Licenciatura (Restauración), Escuela de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete”, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Secretaría de Educación Pública. México. 222 pp.
- Hernández-Mariné, M. y Roldán-Molina, M. 2012. Biofilms on rocks. *Transworld Research Network*, 661 (2): 1-13.
- Hernández-Rodríguez, B., Estrada-Vargas, L. y Novelo, E. 2014. Las microalgas de *Tillandsia mul-*

- ticaulis* Steud. (Bromeliaceae) de la Reserva Ecológica “La Martinica”, Veracruz. *TIP*, 17, 117-125.
- Hernández, R. 2011. Fitoplancton de los lagos cráter de Michoacán, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 235 pp.
- Herrera, L.K. y Videla, H.A. 2004. The Importance of Atmospheric Effects on Biodeterioration of Cultural Heritage Constructional Materials. *Int. Biodeter. Biodegrad.*, 54: 125–34.
- Hill, W. 1996. Effects of light. En: Stevenson, R.J., Bothwell, M.L. y Lowe, R.L. (eds.), *Algal Ecology. Freshwater benthic ecosystems* (pp. 121-128). E.U. Academic Press.
- Hirano, M. 1969. Freshwater algae from Rangtang Himal, Nepal Himalaya. *Contr. Biol. Lab. Kyoto Univ.*, 22, 1-42.
- Hirsch, A. y Palmer, C.M. 1958. Some algae from the Ohio river drainage basin. *Ohio J. Sci.*, 58, 375-382.
- Holmes, N. T. H. y Whitton, B. A. 1981. Phytoplankton of four rivers, the Tyne, Wear, Tees and Swale. *Hydrobiologia*, 80: 111–127.
- Hoppert, M., Flies, C., Pohl, W., Günzl, B. y Schneider, J. 2004. Colonization strategies of lithobiontic microorganisms on carbonate rocks. *Environ. Geol.*, 46 (3–4): 421–428.
- Hortobágyi, T. 1960. Adatok Magyarország moszataihoz IV. Addimenta ad cognitionem Algarum Hungariae IV. *Egri. Pedag. Foisk. Füz.*, 183, 359-391.
- Hortobágyi, T. 1968. Vietnami algak II. Cyanophyta. *Bot. Köz.*, 55, 153-160.
- Ibarra, C. 1992. Flora diatomológica de la localidad de Texcala, Tehuacán, Puebla. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 80 pp.
- Ibarra, C. 1998. Análisis de la estructura de los crecimientos algales de tres ambientes distintos en la localidad de San Antonio Texcala, Tehuacán, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 93 pp.
- Ibarra, C. y Novelo, E. 1997. Diatomeas de Texcala, Puebla. *Bol. Soc. Bot. Mex.*, 61, 49-57.
- Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). 2013. Zona Arqueológica de Yaxchilán. Disponible en: http://www.inah.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=6177. Última fecha de acceso: 9 de marzo de 2014.
- Islam, A.K.M.N. 1972. Subaerial algae of Bangladesh. *Bangladesh J. Bot.*, 1, 13-64.
- Jarvis, P. 2001. Intracellular signalling: The chloroplast talks! *Curr. Biol.*, 11 (8), R307-R310.
- John, R.P. 1942. An ecological and taxonomic study of the algae of British soils. I. The distribution of surface-growing algae. *Ann. Bot. London*, 6, 323-349.
- Kawecka, B. 1971. Zonal distribution of alga communities in streams of the Polish High Tatra Mts. *Acta Hydrobiol. Kraków*, 13, 393-414.
- Kawecka, B. 1981. Sessile algae in European mountain streams 2. Taxonomy and autoecology. *Acta Hydrobiol. Kraków*, 23, 17-46.
- Komárek, J. 1993. Validation of the genera *Gloeocapsopsis* and *Asterocapsa* (Cyanoprokaryota) with

- regard to species from Japan, Mexico and Himalayas. *Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. B*, 19(1):19-37.
- Komárek, J. 2013. Cyanoprokaryota 3. Teil/Part 3: Heterocytous Genera. En: Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G. y Schagerl, M. (eds.), *Süßwasser Flora von Mitteleuropa*, Bd 19/3 (1130 pp.). Berlín, Alemania. Elsevier/Spectrum.
- Komárek, J. y Anagnostidis, K. 1986. Modern approach to the classification systems of cyanophytes. 2 - Chroococcales. *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.*, 43, 157-226.
- Komárek, J. y Anagnostidis, K. 1998. Cyanoprokaryota 1. Teil/Part 1: Chroococcales. En: Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G. y Schagerl, M. (eds.), *Süßwasser Flora von Mitteleuropa*, Bd 19/1 (584 pp.). Berlín, Alemania. Elsevier/Spectrum.
- Komárek, J. y Anagnostidis, K. 2005. Cyanoprokaryota 2. Teil/Part 2: Oscillatoriales. En: Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G. y Schagerl, M. (eds.), *Süßwasser Flora von Mitteleuropa*, Bd 19/2 (759 pp.). Berlín, Alemania. Elsevier/Spectrum.
- Komárek, J. y Montejano, G. 1994. Taxonomic evaluation of several *Chlorogloea*-species (Cyanoprokaryota) from inland biotopes. *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.*, 74, 1-26.
- Krammer, K. y Lange-Bertalot, H. 1986. *Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae*. Band 2/1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 876 pp.
- Kullberg, R.G. 1971. Algal distribution in six thermal spring effluents. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, 90, 412-434.
- Kusel-Fetzmann, E. 1973. Beitrage sur kenntnis de algenflora del hochgebirge Zentralamericas und der nordlichen Anden. *Hochgebirgsforschung*, 3, 29-68.
- LACET, 2016. Laboratorio de Algas Continentales: Ecología y Taxonomía/Bases de datos de algas continentales: Taxfich. Disponible en: <http://lacet.meridion.mx/bd.html>. Última fecha de acceso: 2 de agosto de 2016.
- Lee, R.E. 2008. *Phycology*. Cuarta edición. Cambridge University Press. E.U. 547 pp.
- Legendre, P. y Legendre, L. 1984. *Numerical Ecology*. Elsevier Science. Segunda edición. Países Bajos. 853 pp.
- Lian, B., Chen, Y., Zhu, L. y Yang, R. 2008. Effect of Microbial Weathering on Carbonate Rocks. *ESF*, 15 (6): 90-99.
- López-Moreno, A., Sepúlveda-Sánchez, J.D., Alonso, E.M. y Le Borgne, S. 2014. Calcium carbonate precipitation by heterotrophic bacteria isolated from biofilms formed on deteriorated ignimbrite stones: influence of calcium on EPS production and biofilm formation by these isolates. *Biofouling*, 30 (5): 547-60.
- Lowe, R.L. 1974. *Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms*. National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio. 334 pp.
- Loyo, E.S. 2009. Distribución de Chroococcales (Cyanoprokaryota) en el Conjunto Murciélagos en la zona Arqueológica de Palenque, Chiapas. Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 60 pp.
- Loyo, E.S. 2015. Ecología de algas epilíticas de la Zona Arqueológica de Palenque, Chiapas. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de

- México. México. 155 pp.
- Lund, J.W.G. 1945. Observations on soil algae I. The ecology, size and taxonomy of British soil diatoms. Part I. *New Phytol.*, 44, 196-219.
- Macedo, M.F., Miller, A.Z. y Saiz-Jiménez, C. 2009. Biodiversity of Cyanobacteria and Green Algae on Monuments in the Mediterranean Basin: An Overview. *Microbiology*, 155: 3476–90.
- Maidana, N.I. 1985. Contribución al estudio taxonómico de las Diatomeas (Bacillariophyceae) de la Provincia de Misiones, República Argentina. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 276 pp.
- Margain, R.M. 1979. Flora ficológica de los cuerpos de agua temporales de la cuenca del río Pánuco. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 189 pp.
- Margain, R.M. 1981. Flora ficológica de los cuerpos de agua temporales de la región oriental y sur de la cuenca del río Pánuco. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 422 pp.
- Margain, R.M. 1989. Lista ficoflorística de la cuenca del río Pánuco, México. I. Cuerpos de agua temporales (Regiones Oriental y Sur). *Biotam.*, 1, 24-38.
- Martínez, A. y Asencio, A.D. 2010. Distribution of Cyanobacteria at the Gelada Cave (Spain) by Physical Parameters. *J. Cave Karst Stud.*, 72 (1): 11–20.
- Maya, Y., López-Cortéz, A. y Soeldner, A. 2002. Cyanobacterial microbiotic crusts in eroded soils of a tropical dry forest in the Baja California Peninsula, Mexico. *Geomicrobiol. J.*, 19, 505-518.
- McIlroy, J.P., Warke, P.A. y Smith, B.J. 2012. Microscale biopitting by the endolithic lichen *Verrucaria baldensis* and its proposed role in mesoscale solution basin development on limestone. *Earth Surf. Process. Landforms*, 37 (4): 374–384.
- McIlroy, J.P., Warke, P.A. y Smith, B.J. 2014. The effects of lichen cover upon the rate of solutional weathering of limestone. *Geomorphology*, 220: 81–92.
- McNamara, C.J. y Mitchell, R. 2005. Microbial deterioration of historic stone. *Front. Ecol. Environ.*, 3 (8): 445–451.
- McNamara, C.J., Perry IV, T.D., Bearce, K.A., Hernandez-Duque, G. y Mitchell, R. 2006. Epilithic and endolithic bacterial communities in limestone from a maya archaeological site. *Microb. Ecol.*, 51: 51–64.
- Meave, J.A., Romero-Romero, M.A., Valle-Doménech, A., Rincón-Gutiérrez, A., Martínez, E. y Ramos, C.H. 2008. Plant diversity in the Yaxchilán Natural Monument, Chiapas, Mexico. *Bol. Soc. Bot. Mex.*, 83: 53-76.
- Mendoza-González, C. 1985. Estudio florístico ficológico estacional de la Laguna Victoria o de Santiago Tilapa, México. *Phytologia*, 58, 479-487.
- Mercado, Y.M., García-Madrid, L.A. y Mora, M.d.R. 2006. Listado del fitoplancton de la Presa de la Vega, Jalisco, México. En: Mora, M.d.R., Vázquez-García, J.A., Vargas-Rodríguez, Y.L., y Hernández-Herrera, R.M. (eds.), *Algas del occidente de México. Florística y Ecología* (pp. 50-56). Guadalajara, México. Universidad de Guadalajara (CUCBA), Fundación Gonzalo Río Arronte, Sociedad Ficológica de México.

- Metcalf, S.E. 1985. Late Quaternary environments of central México: A diatoms record. Tesis de Doctorado, Hertford College and the School of Geography, Oxford, Inglaterra. 565 pp.
- Mireles, A. 2012. Especies de la Familia Pseudanabaenaceae en monumentos mayas de la zona de Palenque, Chiapas. Aspectos ecológicos y de cultivo. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 83 pp.
- Montejano, G. y González-González, J. 1981. Notas sobre variación en ciclos de vida en *Nostoc microscopicum* Carmichael. *Phycol. Lat. Amer.*, 1, 47-59.
- Montejano, G. y León-Tejera, H. 2004. New observations on the life cycle of *Asterocapsa divina*. Luxemburgo. IAC.
- Montejano, G., Carmona-Jimenez, J. y Cantoral-Uriza, E.A. 2000. Algal communities from calcareous springs in La Huasteca, central México: A synthesis. En: Munawar, M., Lawrence, S.G., Munawar, I.F. y Malley, D.F.(eds.), *Aquatic Ecosystems of Mexico. Status & scope* (pp. 135-149). Leiden, Países Bajos. Backhuys Pub.
- Montejano, G., Cantoral, E.A., y Carmona, J. 2004. Algas de ambientes lóticos en la cuenca baja del río Pánuco. En: Luna, I., Morrone, J.J., y Espinosa, D. (eds.), *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental* (pp. 111-126). México. Las prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Montejano, G., Gold-Morgan, M. y León-Tejera, H. 2005. Surveying the diversity of Cyanoprokaryotes in poorly known regions: the case of the central region of Mexico. *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.*, 117, 329-338.
- Montejano, G., León-Tejera, H. y Hindák, F. 2008. New observations on the life cycle of *Asterocapsa divina* (Cyanoprokaryota, Chroococcaceae). *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.*, 126, 65-71.
- Mora, M.d.R. 2004. *Fitoplancton del Lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, México*. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. México. 87 pp.
- Mora, M.d.R., Vázquez-García, J.A., Guzmán-Arroyo, M., Mora-Navarro, M.A., Núñez-Márquez, I.G., y Reyes-González, Ma.E. 2006. Fitoplancton del Lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, México. En: Mora, M.d.R., Vázquez-García, J.A., Vargas-Rodríguez, Y.L., y Hernández-Herrera, R.M. (eds.), *Algas del occidente de México. Florística y Ecología* (pp. 8-29). Guadalajara, México. Universidad de Guadalajara (CUCBA), Fundación Gonzalo Río Arronte, Sociedad Ficológica de México.
- Mora, M.R., Vázquez, J.A. y Vargas, Y.L. 2004. Ordenación de comunidades de fitoplancton en el lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, México. *Hidrobiológica*, 14, 91-103.
- Moreno, J.L. 2005. Fitoplancton. En: Bueno, J., Álvarez, F. y Santiago, S. (eds.), *Biodiversidad del Estado de Tabasco* (pp. 33-63). CONABIO, Instituto de Biología, UNAM. México.
- Morillas, H., Maguregui, M., Marcaida, I., Trebolazabala, J., Salcedo, I. y Madariaga, J.M. 2015. Characterization of the main colonizer and biogenic pigments present in the red biofilm from La Galea fortress sandstone by means of microscopic observations and Raman Imaging. *Microchem. J.*, 121: 48–55.
- Noguerol-Seoane, Á. y Rifón-Lastra, A. 2000. Estudio de la ficoflora epilítica de las paredes graníticas exteriores de la iglesia románica de Sta. María de Fisterra (A Coruña, N.O. España). *Portugaliae Acta Biol.*, 19, 91-96.

- Novelo, E. 1998. Floras ficológicas del Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 599 pp.
- Novelo, E. 2011. *Cyanoprokaryota J. Komárek*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 103 pp.
- Novelo, E. 2012a. *Bacillariophyta Hustedt*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 230 pp.
- Novelo, E. 2012b. Consideraciones sobre las algas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *TIP*, 15(2): 85-92.
- Novelo, E. y Ramírez, M. 2006. Algae and cyanobacterial diversity and distribution patterns on Mayan buildings in Palenque, Chiapas. *Rev. Latinoam. Microbiol.*, 48 (2): 192-193.
- Novelo, E., Ponce, E., Ramírez, R. y Ramírez, M. 2007a. Algas. En: Lot, A. (ed.), *Guía ilustrada de la Cantera Oriente. Caracterización ambiental e inventario biológico* (pp. 63-95). México. Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Novelo, E., Ramírez, M. y Villalobos, A. 2007b. Las algas epilíticas de las zonas tropicales en los monumentos mayas. *Lakamha'*, 6. Segunda época, 3-7.
- Novelo, E., Tavera, R. e Ibarra, C. 2007c. *Bacillariophyceae from karstic wetlands in Mexico*. Bibliotheca Diatomologica 54. J. Cramer, Stuttgart
- Novelo, E., Ponce, M.E. y Ramírez, R. 2009. Las microalgas de la Cantera Oriente. En: Lot, A. y Cano-Santana Z. (eds.), *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. Libro conmemorativo del 25 aniversario de la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria (1983-2008)* (pp. 71-79). México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H. y Wagner, H. 2015. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.2-1. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Ortega-Calvo, J. J., Ariño, X., Hernandez-Marine, M. y Saiz-Jimenez, C. 1995. Factors affecting the weathering and colonization of monuments by phototrophic microorganisms. *Sci. Total Environ.*, 167: 329-341.
- Ortega-Morales, B.O. 2006a. Biopelículas microbianas asociadas a monumentos mayas en México y su papel en el deterioro pétreo. *Rev. Latinoam. Microbiol.*, 48 (2): 11.
- Ortega-Morales, B.O. 2006b. Cyanobacterial diversity and ecology on historic monuments in Latin America. *Rev. Latinoam. Microbiol.*, 48 (2): 188-189.
- Ortega-Morales, O., Hernández-Duque, G., Borges-Gómez, L. y Guezennec, J. 1999. Characterization of Epilithic Microbial Communities Associated with Mayan Stone Monuments in Yucatán, Mexico. *Geomicrobiol. J.*, 16: 221-232.
- Ortega-Morales, B.O., Gaylarde, C., Anaya-Hernandez, A., Chan-Bacab, M.J., De la Rosa-García, S.C., Arano-Recio, D. y Montero, J. 2013. Orientation affects *Trentepohlia*-dominated biofilms on Mayan monuments of the Rio Bec style. *Int. Biodeter. Biodegrad.*, 84: 351-356.
- Ortega, M.M. 1972. Estudio de las algas comestibles del Valle de México. *Rev. Latinoam. Microbiol.*, 14, 85-97.

- Ortega, M.M. 1984. *Catálogo de algas continentales recientes de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 566 pp.
- Osorio, J.J. y López, R. 2005. Diversidad y distribución del fitoplancton de la laguna El Balsón, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura (Biología), División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. 214 pp.
- Padisák, J., Krienitz, L., Scheffler, W., Koschel, R., Kristiansen, J. y Grigorszky, I. 1998. Phytoplankton succession in the oligotrophic Lake Stechlin (Germany) in 1994 and 1995. *Hydrobiologia*, 369/370, 179-197.
- Palmer, C.M. 1942. Additional records for algae, including some of the less common forms. *Butler Univ. Bot. Stud.*, 5, 224-234.
- Pandey, A. K., Shrivastav, A., Bhatnager, P., Sarsaiya, S. y Awasthi, M. K. 2011. Diversity of monument deterioration-causing fungi at Gwalior Fort (M.P.) India. *AES*, 5: 35-40.
- Pedraza, C.I. 2014. Diversidad de los géneros *Scytonema* y *Petalonema* (Scytonemataceae, Cyanoprokaryota) en los monumentos arqueológicos de Palenque, Bonampak y Yaxchilán. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 97 pp.
- Pérez, L.A. 2003. Chlorophyta epicontinentales de la Faja Volcánica Transmexicana. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 131 pp.
- Perry IV, T.D., Klepac-Cera-J, V., Xiang V. Z., McNamara, C.J., Polz, M.F., Martin, S.T., Berke, N., y Mitchell, R. 2005. Binding of Harvested Bacterial Exopolymers to the Surface of Calcite. *Environ. Sci. Technol.*, 39, no. 22: 8770-75.
- Pinna, D. 2014. Biofilms and Lichens on Stone Monuments: Do They Damage or Protect? *Front. Microbiol.*, 5 (APR): 1-3.
- Prasad, B.N. y Srivastava, P.N. 1968. Systematic and ecological studies on algae of alkaline. *Phykos*, 7, 102-111.
- Prescott, G. W. y Dillard, G. E. 1979. A checklist of algal species reported from Montana 1891 to 1977. *Proc. Montana Acad. Sci.*, 38 (1): 1-101.
- Printz, H. 1921. Subaërial algae from South Africa. *Det. Kgl. Norske Vidensk. Selsk. Skr.*, 1: 1-41.
- Puebla-Olivares, F., Rodríguez-Ayala, E., Hernández-Baños, B.E. y Navarro, A.G. 2002. Status and conservation of the avifauna of the Yaxchilán Natural Monument, Chiapas, México. *Ornitol. Neotrop.*, 13: 381-396.
- R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- Ramírez, M. 2002. Flora algal de ambientes lóticos en la zona occidental de la Cuenca del Valle de México. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 111 pp.
- Ramírez, M. 2006. Caracterización de los crecimientos algales causantes del biodeterioro en la Zona Arqueológica de Palenque (Chiapas, México). Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 88 pp.

- Ramírez, M. 2012. Biodeterioro algal en monumentos históricos mayas de la zona tropical húmeda: Palenque, Yaxchilán y Bonampak (Chiapas, México). Tesis de Doctorado, Facultat de Farmacia, Universitat de Barcelona. España. 177 pp.
- Ramírez, M. y Cantoral, E.A. 2003. Flora algal de ríos templados en la zona occidental de la cuenca del Valle de México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México*, 74, 143-194.
- Ramírez, M., Beltrán, Y., Bojorge, M.G., Carmona, J., Cantoral, E.A. y Valadez, F. 2001. Flora algal del Río La Magdalena, Distrito Federal, México. *Bol. Soc. Bot. Mex.*, 45-67.
- Ramírez, M., Hernández-Mariné, M. y Roldán, M. 2009. Photosynthetic biofilms on cultural heritage: The archeological site of Palenque, Mexico. *Algas*, 42, 22.
- Ramírez, M., Hernández-Mariné, M., Novelo, E. y Roldán, M. 2010. Cyanobacteria-containing biofilms from a Mayan monument in Palenque, Mexico. *Biofouling*, 26, 399-409.
- Ramírez, M., Hernández-Mariné, M., Mateo, P., Barrenderos, E., y Roldán, M. 2011. Polyphasic approach and adaptative strategies of *Nostoc* cf. *commune* (Nostocales, Nostocaceae) growing on Mayan monuments. *Fottea*, 11, 73-86.
- Reisigl, H. 1964. Zur systematik und Ökologie alpiner Boden algen. *Österr. Bot. Z.*, 111, 402-499.
- Rindi, F., Lam, D.W., y López-Bautista, J.M. 2009. Phylogenetic relationship and species circumscription in *Trentepohlia* and *Printzina* (Trentepohliales, Chlorophyta). *Mol. Phylogenet. Evol.*, 52: 329-339.
- Rivera-Aguilar, V. y Montejano, G. 2004. Taxonomic identity of biological soil crusts Cyanoprokaryotes from a semi arid desert in Central Mexico. Luxemburgo, IAC.
- Rivera-Aguilar, V., Montejano, G., Rodríguez-Zaragoza, S. y Durán-Díaz, A. 2006. Distribution and composition of cyanobacteria, mosses and lichens of the biological soil crusts of the Tehuacán Valley, Puebla, México. *J. Arid Environ.*, 67, 208-225.
- Rivera-Aguilar, V., Godínez-Álvarez, H., Moreno-Torres, R. y Rodríguez-Zaragoza, S. 2009. Soil physico-chemical properties affecting the distribution of biological soil crusts along an environmental transect at Zapotitlán drylands, México. *J. Arid Environ.*, 73, 1023-1028.
- Romo, M., Velasco-Navarro, Ma.E., Mora, M.d.R. y Mora-Galindo, J. 2006. Microalgas de la Laguna de Zapotlán, Jalisco, México. En: Mora, M.d.R., Vázquez-García, J.A., Vargas-Rodríguez, Y.L. y Hernández-Herrera, R.M. (eds.), *Algas del occidente de México. Florística y Ecología* (pp. 30-41). Guadalajara, México. Universidad de Guadalajara (CUCBA), Fundación Gonzalo Río Arronte, Sociedad Ficológica de México.
- Round, F. Crawford, R.M. y Mann, D.G. 1990. *The diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press. Cambridge. 747 pp.
- Saiz-Jimenez, C. 1997. Biodeterioration vs Biodegradation: The Role of Microorganisms in the Removal of Pollutants Deposited on Historic Buildings. *Int. Biodeter. Biodegrad.*, 40 (2-4): 225-232.
- Sarma, P. 1986. The freshwater Chaetophorales of New Zealand. *Beih. Nova Hedwigia*, 58: 1-169.
- Sarode, P.T. y Kamat, N.D. 1984. *Freshwater diatoms of Maharashtra*. Saikripa Prakashan. India. 338 pp.
- Saxena, P.N. 1961. *Algae of India I. Chaetophorales*. National Botanic Gardens India, Lucknow. 59

pp.

- Scheerer, S., Ortega-Morales, O. y Gaylarde, C. 2009. Microbial deterioration of stone monuments - an updated overview. *Advances Appl. Microbiol.*, 66: 97-139.
- Schlichting, H.E.J. 1969. The importance of airborne algae and protozoa. *J. Air Poll. Contr. Ass.*, 19, 946-951.
- Schlichting, H.E.J. 1975. Some subarctic algae from Ireland. *Br. Phycol. J.*, 10, 257-261.
- Schmitter-Soto, J.J., Comín, F.A., Escobar-Briones, E., Herrera-Silveira, J., Alcocer, J., Suárez-Morales, E., Elías-Gutiérrez, M., Díaz-Arce, V., Marín, L.E. y Steinich, B. 2002. Hydrogeochemical and biological characteristics of cenotes in the Yucatan Peninsula (SE Mexico). *Hydrobiologia*, 467, 215-228.
- Schumacher, G.J. 1961. The algae of the Allegany Indian Reservation and vicinity. En: Stewart, M.M., Smith, S.J. y Schumacher, G.J. (eds.), *Biology of the Allegany Indian Reservation and Vicinity* (pp. 5-18). Albany, N.Y. New York State Museum and Science Service, The University of the State of New York.
- Setchell, W.A. 1895. Notes on some Cyanophyceae of New England. *Bull. Torrey Bot. Club*, 22 (10): 424-431.
- Setchell, W.A. 1896. Notes on Cyanophyceae. II. *Erythea*, 4, 189-194.
- Setchell, W.A. 1899. Notes on Cyanophyceae. III. *Erythea*, 7, 45-48.
- Sheath, R.G. y Cole, K.M. 1992. Biogeography of stream macroalgae in North America. *J. Phycol.*, 28, 448-460.
- Sinha, R.P. 2003. Stress responses in Cyanobacteria. En: Ambasht, R.S. y Ambasht, N.K. (eds.), *Modern trends in applied aquatic ecology* (pp. 201-218). E.U. Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Skuja, H. 1929. Süßwasseralgen von den westestnischen Inseln Saaremaa und Hiiumaa. *Acta Horti Bot. Univ. Latv.*, 4, 1-76.
- Smith, G.M. 1921. The phytoplankton of some artificial pools near Stockolm. *Ark. Bot.*, 17, 1-8.
- Snow, J.W. 1903. The plankton algae of Lake Erie with special reference to the Chlorophyceae. *Bulletin of the United States Fish Commission*, 22, 371-394.
- Starks, T.L. y Shubert, L.E. 1982. Colonization and succession of algae and soil-algal interactions associated with disturbed areas. *J. Phycol.*, 18, 99-107.
- Starmach, K. 1966. *Cyanophyta - Sinice. Glaucophyta - Glaukofity*. Polska Akademia Nauk. Varsovia, Polonia. 807 pp.
- Starmach, K. 1972. Chlorophyta III. Zielenice Nitkowate: Ulotrichales, Ulvales, Prasiolales, Sphaero-pleales, Cladophorales, Chaetophorales, Trentepohliales, Siphonales, Dichotomosiphonales. En: Starmach, K. Y Sieminska, J. (eds.), *Flora Slodkowodna Polski. Tom 10* (744 pp.). Varsovia, Polonia. Polska Akademia Nauk, Instytut Botaniki, Panstwowy Wydawnictwo Naukowe.
- Starmach, K. y Sieminska, J. 1979. Blue-green algae from soil samples at various places in Europe. *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.*, 22, 1-23.
- Stein, J.R. y Gerrath, J.F. 1969. Freshwater algae of British Columbia: The Queen Charlotte Islands. *Syesis*, 2, 213-226.

- Sternberg, T., Viles, H., y Cathersides, A. 2011. Evaluating the role of ivy (*Hedera helix*) in moderating wall surface microclimates and contributing to the bioprotection of historic buildings. *Build. Environ.*, 46 (2): 293–97.
- Tavera, R. y González, J. 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. Mex.*, 50, 121-133.
- Tavera, R., Novelo, E. y Comas, A. 2000. Chlorococcalean algae (*s.l.*) from the Ecological Park of Xochimilco, Mexico. *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.*, 100, 65-94.
- Thompson, R.H. y Wujek, D.E. 1992. *Printzina* gen. nov. (Trentepohliaceae), including a description of a new species. *J. Phycol.*, 28: 232-237.
- Tiffany, L.H. 1951. Ecology of freshwater algae. En: Smith, G.M. (ed.), *Manual of Phycology. An Introduction to the algae and their biology* (pp. 293-311). Waltham, E.U. The Chronica Botanica Co.
- Tomaselli, L., Lamenti, G., Bosco, M. y Tiano, P. 2000. Biodiversity of photosynthetic microorganisms dwelling on stone monuments. *Int. Biodeter. Biodegrad.*, 46 (3): 251–258.
- Torres, P. 1993. *La ficoflora de la zona arqueológica de Palenque, Chiapas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Serie Conservación y Restauración. México. 117 pp.
- Tsarenko, P. y Krienitz, L. 1997. The flora of coccal green algae of Lake Tollense and its tributaries (Baltic Lake Distric, Germany). *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.*, 86, 91-106.
- Umezaki, I. y Watanabe, M. 1994. Enumeration of the Cyanophyta (blue-green algae) of Japan 1. Chroococcales and Oscillatoriales. *Jap. J. Phycol.*, 42: 175-219.
- Valadez, F. 1992. Flora ficológica de ambientes lóticos de la cuenca baja del río Amacuzac, Morelos. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 239 pp.
- Valadez, F. 1998. Empleo de crecimientos algales para la caracterización de ambientes lóticos en la cuenca baja del río Amacuzac, Morelos. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 116 pp.
- Valle, J.A. 2000. Análisis estructural de una hectárea de selva alta perennifolia en el Monumento Natural Yaxchilán (Chiapas), México. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 99 pp.
- Vázquez, G. 2009. Algas. En: Pineda, R., Díaz, E. y Martínez, M. (eds.), *Biota acuática de arroyos y ríos (Cuencas Lerma-Chapala y Pánuco)*. *Manual de identificación* (pp. 11-40). México. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Vázquez, G. y Blanco, R. 2011. Microalgas dulceacuícolas. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (ed.), *La biodiversidad en Veracruz. Estudio de estado* (pp. 77-88). México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C.
- Videla, H.A. y Guiamet, P.S. 2000. Biodeterioration of Mayan archaeological sites in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Int. Biodeter. Biodegrad.*, 46: 335–341.
- Videla, H.A., Guiamet, P.S. y de Saravia, S.G.G. 2003. Biodeterioro de materiales estructurales de

- sitios arqueológicos de la civilización maya. *Rev. Mus. La Plata*, 44: 1–11.
- Wakefield, R.D. y Jones, M.S. 1998. An introduction to stone colonizing micro-organisms and bio-deterioration of building stone. *Q. J. Eng. Geol.*, 31: 301–313.
- Wasylik, K. 1965. Communities of algae from the Sola river and its tributaries. *Acta Hydrobiologica*, 7: 9-60.
- Whitford, L.A. 1943. The fresh-water algae of North Carolina. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.*, 59, 131-171.
- Whitford, L.A. 1956. The communities of algae in the springs and spring streams of Florida. *Ecology*, 37, 433-442.
- Whitford, L.A. 1958. Phytoplankton in North Carolina lakes and ponds. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.*, 74, 143-157.
- Whitford, L.A. y Kim, Y.C. 1971. Algae from alpine areas in Rocky Mountain National Park, Colorado. *Am. Mid. Nat.* 85, 425-430.
- Whitford, L.A. y Schumacher, G.J. 1963. Communities of algae in North Carolina and their seasonal relations. *Hydrobiologia*, 22, 133-196.
- Willson, D. y Forest, H.S. 1957. An exploratory study of soil algae. *Ecology*, 38, 309-313.
- Wylie, P.A. y Schlichting, H.E. 1973. A floristic survey for corticolous subaerial algae in North Carolina. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.*, 89, 179-183.
- Wynne, M.J. y Hallan, J.K. 2015. Reinstatement of *Tetrademus* G.M. Smith (Sphaeropleales, Chlorophyta). *Feddes Repert.*, 126, 83-86.

Capítulo 11

Apéndice 1. Datos de colecta de las muestras

Cuadro 11.1: Relación de las claves de las muestras con respecto a la fecha de colecta, edificio y orientación de los muros donde se obtuvieron.

Clave de la muestra	Fecha de colecta	Edificio	Orientación
BA193	9-Agosto-2006	16	SE
BA194	9-Agosto-2006	16	NE
BA195	9-Agosto-2006	16	Sin especificar
BA196	9-Agosto-2006	16	Sin especificar
BA197	9-Agosto-2006	16	Sin especificar
BA198	9-Agosto-2006	16	SE
BA199	9-Agosto-2006	16	Sin especificar
BA200	9-Agosto-2006	16	SE
BA201	9-Agosto-2006	16	Sin especificar
BA202	9-Agosto-2006	16	Sin especificar
BA203	9-Agosto-2006	16	Sin especificar
BA204	9-Agosto-2006	16	SE
BA205	9-Agosto-2006	16	SE
BA206	9-Agosto-2006	33	Sin especificar
BA209	9-Agosto-2006	33	Sin especificar
BA210	9-Agosto-2006	33	Sin especificar
BA211	9-Agosto-2006	33	Sin especificar
BA212	9-Agosto-2006	33	Sin especificar
BA213	9-Agosto-2006	33	Sin especificar
BA214	9-Agosto-2006	40	Sin especificar
BA215	9-Agosto-2006	40	Sin especificar
BA216	9-Agosto-2006	30	NNE
BA299	19-Enero-2007	16	Sin especificar
BA300	19-Enero-2007	16	Sin especificar
BA301	19-Enero-2007	16	Sin especificar

Clave de la muestra	Fecha de colecta	Edificio	Orientación
BA302	19-Enero-2007	16	Sin especificar
BA303	19-Enero-2007	16	Sin especificar
BA304	19-Enero-2007	16	Sin especificar
BA305	19-Enero-2007	16	Sin especificar
BA306	19-Enero-2007	16	Sin especificar
BA307	19-Enero-2007	16	Sin especificar
BA309	19-Enero-2007	16	Sin especificar
BA310	19-Enero-2007	16	Sin especificar
BA311	19-Enero-2007	40	Sin especificar
BA312	19-Enero-2007	16	Sin especificar
BA313	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA314	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA315	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA316	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA317	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA318	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA319	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA320	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA321	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA322	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA323	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA324	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA325	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA326	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA327	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA328	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA329	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA330	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA331	20-Enero-2007	21	Sin especificar
BA395	7-Agosto-2007	16	SE
BA396	7-Agosto-2007	16	SE
BA397	7-Agosto-2007	16	Interior
BA398	7-Agosto-2007	16	Interior
BA399	7-Agosto-2007	16	Interior
BA400	7-Agosto-2007	16	Interior
BA401	7-Agosto-2007	16	Interior
BA402	7-Agosto-2007	16	Interior
BA403	7-Agosto-2007	16	Interior
BA404	7-Agosto-2007	16	SE
BA405	7-Agosto-2007	16	SE
BA406	7-Agosto-2007	16	Interior
BA407	7-Agosto-2007	16	Interior
BA408	7-Agosto-2007	16	Interior
BA409	7-Agosto-2007	16	Interior

Clave de la muestra	Fecha de colecta	Edificio	Orientación
BA410	7-Agosto-2007	16	NO
BA411	7-Agosto-2007	21	NE
BA412	7-Agosto-2007	21	NE
BA413	7-Agosto-2007	21	NE
BA414	7-Agosto-2007	21	NE
BA415	7-Agosto-2007	21	NE
BA416	7-Agosto-2007	21	Interior
BA417	7-Agosto-2007	21	Interior
BA418	7-Agosto-2007	21	Interior
BA419	7-Agosto-2007	21	Interior
BA420	7-Agosto-2007	21	NE
BA421	7-Agosto-2007	21	NE
BA422	7-Agosto-2007	21	NE
BA502	16-Enero-2008	16	SE
BA503	16-Enero-2008	16	SE
BA504	16-Enero-2008	16	SE
BA505	16-Enero-2008	16	SE
BA506	16-Enero-2008	16	Interior
BA507	16-Enero-2008	16	Interior
BA508	16-Enero-2008	16	SE
BA509	16-Enero-2008	16	SE
BA510	16-Enero-2008	16	Interior
BA511	16-Enero-2008	16	NE
BA512	16-Enero-2008	16	NE
BA513	16-Enero-2008	16	NE
BA514	16-Enero-2008	16	NE
BA515	16-Enero-2008	16	Interior
BA516	16-Enero-2008	16	Interior
BA517	16-Enero-2008	16	NE
BA518	16-Enero-2008	16	Sin especificar
BA519	16-Enero-2008	16	Sin especificar
BA520	16-Enero-2008	16	Sin especificar
BA521	16-Enero-2008	16	Sin especificar
BA581	6-Agosto-2008	16	SE
BA582	6-Agosto-2008	16	SE
BA583	6-Agosto-2008	16	SE
BA584	6-Agosto-2008	16	SE
BA585	6-Agosto-2008	16	Interior
BA586	6-Agosto-2008	16	Interior
BA587	6-Agosto-2008	16	Interior
BA588	6-Agosto-2008	16	Interior
BA589	6-Agosto-2008	16	SE
BA590	6-Agosto-2008	16	NO
BA591	7-Agosto-2008	21	Interior

Clave de la muestra	Fecha de colecta	Edificio	Orientación
BA592	7-Agosto-2008	21	Interior
BA593	7-Agosto-2008	21	Interior
BA594	7-Agosto-2008	21	Interior
BA595	7-Agosto-2008	21	Interior
BA596	7-Agosto-2008	21	Interior
BA597	7-Agosto-2008	21	Interior
BA598	7-Agosto-2008	21	Interior
BA599	7-Agosto-2008	21	NE
BA600	7-Agosto-2008	21	NE
BA601	7-Agosto-2008	21	NE
BA602	7-Agosto-2008	21	NE
BA603	7-Agosto-2008	21	Sin especificar
BA604	7-Agosto-2008	21	Interior
BA605	7-Agosto-2008	21	NE
BA606	7-Agosto-2008	21	NE
BA608	7-Agosto-2008	21	NE
BA609	7-Agosto-2008	21	NE
BA610	7-Agosto-2008	21	Sin especificar
BA611	7-Agosto-2008	21	Interior
BA612	7-Agosto-2008	21	SO
BA613	7-Agosto-2008	21	Sin especificar
BA614	7-Agosto-2008	21	NE

Capítulo 12

Apéndice 2. Glosario

Acinetos. Células de resistencia, formadas a partir de una o varias células contiguas después de la acumulación de sustancias de reserva y la reabsorción de los tilacoides; son más grandes que las células vegetativas, rodeadas por una pared celular gruesa de varias capas; tienen la capacidad de germinar después de pasar por periodos con condiciones ambientales adversas (Komárek y Anagnostidis, 1998).

Aerofítico. Viven sobre rocas, corteza, otras partes vegetales, etc., expuestos al aire, requieren solamente de la humedad atmosférica para vivir (Komárek y Anagnostidis, 1998).

Aerotopos. Vesículas de gas dentro de las células de especies planctónicas de cianoprocariontes. Su formación es facultativa. En microscopía fotónica se observan como gránulos refringentes dentro de las células (Komárek y Anagnostidis, 1998).

Areola. Perforación de la valva de las diatomeas ocluida por un velo (Novelo, 2012a).

Autosporas. Células con función de reproducción asexual, producidas por dos o más divisiones mitóticas de una célula vegetativa, después de las cuales las células hijas permanecen dentro de la pared celular de la célula madre hasta que son liberadas por dehiscencia de la pared, ocurre en muchos géneros de Chlorophyta (Bold y Wynne, 1985). (Ver Figura 7.26.c, p. 103.)

Baeocitos. Células reproductoras pequeñas de los cianoprocariontes, diferenciadas de la célula madre después de fisiones múltiples o sucesivas, rodeadas por una vaina firme, la cual se rompe o gelatiniza durante la liberación de los baeocitos; anteriormente, llamadas endosporas, término incorrecto (Komárek y Anagnostidis, 1998).

Biopelícula. Tapete microbiano. Colonias macroscópicas de algas o cianoprocariontes, que pueden estar junto con hongos, líquenes o plantas no vasculares, creciendo adheridas sobre un sustrato.

- Cenobio.** Grupo de células hijas, producidas por una célula madre, con un número de individuos determinados y una forma característica de la especie (Bold y Wynne, 1985). (Ver Figuras 7.26.a, 7.26.b y 7.26.d, p. 103.)
- Colonia.** Agregación de células o filamentos de varias generaciones, con una forma de organización característica, comúnmente delimitadas por una vaina en cianoprocariontes, en el caso de eucariontes las células o filamentos pueden estar rodeadas o conectadas por mucílago (Bold y Wynne, 1985; Lee, 2008).
- Corticícola.** Que viven sobre las cortezas de los árboles.
- Cosmopolita.** Distribuido mundialmente, pero generalmente en localidades restringidas ecológicamente.
- Edáfico.** Que viven en el suelo (Komárek y Anagnostidis, 1998).
- Endolítico.** Que viven dentro de las rocas (Komárek y Anagnostidis, 1998).
- Epifítico, epífito.** Que vive adherido a cianoprocariontes, algas, plantas vasculares o no vasculares (Komárek y Anagnostidis, 1998).
- Epilítico.** Que vive adherido a un sustrato rocoso, incluyendo muros (Komárek y Anagnostidis, 1998).
- Epipélico.** Que vive en lodos.
- Epivalva.** Corresponde a la epiteca, análogo a la tapa de una caja al comparar la frústula de la diatomea con una caja (Bold y Wynne, 1985).
- Estrías.** En las valvas de las diatomeas, serie de areolas alineadas que en microscopía fotónica se observan como una línea continua (Novelo, 2012a). (Ver Figura 7.27.f, p. 104.)
- Euendolítico.** Que disuelve y perfora el sustrato (Komárek y Anagnostidis, 1998).
- Filamento.** Tricoma envuelto por una vaina (Komárek y Anagnostidis, 1998).
- Fitotelmata.** Hábitat acuático formado por el agua acumulada dentro de cavidades o sobre estructuras de algunas plantas (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2014). Por ejemplo, entre las hojas de plantas que crecen en forma de roseta.
- Frústula.** El conjunto de las dos valvas de una célula de diatomea (Bold y Wynne, 1985).
- Gameto.** Célula haploide diferenciada sexualmente capaz de participar en un proceso de fecundación (Bold y Wynne, 1985; Lee, 2008).
- Helictoglosa.** Engrosamientos en forma de labios en los polos de las valvas de algunas diatomeas (Novelo, 2012a).

- Heterocitos.** Células especializadas formadas a partir de células vegetativas en varios sitios del talo de cianoprocariontes filamentosos. Células con paredes gruesas, con fotosistema II bloqueado. Contienen enzimas para la asimilación de nitrógeno gaseoso (nitrogenasa activa en condiciones anaeróbicas), su frecuencia está inversamente relacionada a la disponibilidad de nitrógeno en el ambiente (Komárek y Anagnostidis, 1998). (Ver Figuras 7.23.d, 7.23.f y 7.23.i, p. 100.)
- Hipovalva.** Mitad de la frústula que encaja dentro de la opuesta (Bold y Wynne, 1985).
- Hormocitos.** Fragmentos de los tricomas de cianoprocariontes separados por la formación de necridios, de forma semejante a los hormogonios, pero carecen de vaina, tienen funciones de dispersión y reproducción (Komárek y Anagnostidis, 1998).
- Hormogonios.** Fragmentos del tricoma de cianoprocariontes, separados del tricoma original por fragmentación o por formación de necridios, están rodeados por una vaina, cumplen las funciones de reproducción y dispersión (Komárek y Anagnostidis, 1998). (Ver Figura 7.24.a, p. 101.)
- Lamelación.** Se presenta en las vainas de algunos cianoprocariontes, observadas como capas o láminas que se separan del cuerpo principal de la vaina que rodea a las células o a los filamentos. Pueden ser paralelas, si siguen la misma dirección, o divergentes, si tienden a separarse entre sí formando estructuras en forma de abanico o embudo. (Ver Figura 7.19.d, p. 96, y Figura 7.23.i, p. 100.)
- Manto.** Margen de la valva, perpendicular al plano frontal de la valva de las diatomeas (Novelo, 2012a).
- Metafiton.** Algas flotantes y cercanas a la vegetación litoral, en la superficie del agua, no están adheridas a un sustrato, no forman parte del plancton.
- Moniliforme.** Que tiene forma de collar, se aplica a estructuras filamentosas que presentan constricciones entre las células. (Ver Figura 7.26.e, p. 103.)
- Nanocitos.** Células reproductoras pequeñas de las cianoprocariontes, originadas a partir de una célula madre por divisiones múltiples o sucesivas, rodeadas por una capa mucilaginosa delgada y firme (Komárek y Anagnostidis, 1998).
- Necridios.** Presentes en cianoprocariontes filamentosos. Células cuya muerte forma parte del ciclo de vida, precediendo a la formación de ramificaciones o de hormogonios (Komárek y Anagnostidis, 1998). (Ver Figura 7.23.i, p. 100.)
- Nódulo central.** Engrosamiento silíceo en el centro de la valva de las diatomeas, zona de desarrollo inicial del esternón (Novelo, 2012a).
- Nódulos terminales o polares.** Conjunción de helictoglosa y zonas sin areolas en los polos de la valva de las diatomeas (Novelo, 2012a).

- Nódulos.** Engrosamientos de la valva de algunas diatomeas (Novelo, 2012a).
- Peridermo.** Margen firme de la vaina o mucílago denso que delimita las colonias mucilaginosas de los cianoprocariontes, usualmente envuelve varios tricomas o filamentos (Komárek y Anagnostidis, 1998). (Ver Figura 7.23.e, p. 100.)
- Perifiton.** Algas adheridas a un sustrato, por ejemplo, a los tallos de plantas acuáticas o rocas.
- Pirenoide.** Estructura dentro de los cloroplastos de algunos grupos de algas (Chlorophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, Rodophyta, Dinophyta, Ectocarpales Phaeophyceae, entre otros), formada principalmente por la enzima RuBisCO, alrededor del cual suele depositarse almidón (Lee, 2008). (Ver Figuras 7.26.a, 7.26.b, 7.26.c y 7.26.d, p. 103.)
- Pseudofilamento.** Filas de células que no tienen conexión fisiológica o morfológica (Komárek y Anagnostidis, 1998). (Ver Figura 7.20.d, p. 97.)
- Rafe.** En las diatomeas pennales de la clase Bacillariophyceae, es una hendidura de la valva paralela o coincidente con el eje apical, formada por poros que comunican a la célula con el medio exterior, permite la secreción de mucílago y el movimiento de la célula (Novelo, 2012a). (Ver Figuras 7.27.f, 7.27.g y 7.27.h, p. 104.)
- Ramificación falsa.** Ocurre cuando hay una división celular transversal, que da lugar a la fractura del filamento original (separación de un tricoma que da origen a dos tricomas independientes, junto con la formación de una apertura en la vaina), y los extremos de los nuevos filamentos emergen de la vaina en el punto donde esta se abrió (Komárek y Anagnostidis, 1998). La formación de tricomas que rompen la vaina también se puede deber a la formación de necridios.
- Subaéreo o subaerofítico.** Un tipo de localidad aerofítica, los organismos dependen del suministro intermitente de agua, ya sea de la lluvia, agua corriente, goteo, niebla, etc. (Komárek y Anagnostidis, 1998).
- Talo.** Usado para referirse a la organización de las células, puede haber células especializadas funcionalmente, no hay tejidos ni órganos (Bold y Wynne, 1985).
- Tricoma.** Fila de células uniseriadas o multiseriadas, conectadas fisiológicamente, es decir, que entre las cuales hay transporte de sustancias (Komárek y Anagnostidis, 1998). (Ver Figuras 7.23.a a 7.23.h, p. 100.)
- Vaina.** Capa mucilaginoso firme, delgada o gruesa, que rodea a las células o tricomas, secretada por las células (Komárek y Anagnostidis, 1998).
- Valva.** Parte plana de cada teca de las diatomeas, paralela al plano valvar y ornamentada con relieves, en forma de areolas que forman estrías; compuesta por cara y manto (Novelo, 2012a).