



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Distribución de Chroococcales (Cyanoprokaryota)
en el Conjunto Murciélagos en la zona Arqueológica
de Palenque, Chiapas.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

ERIKA SUSANA LOYO ESPÍNDOLA



TUTOR
Dr. Eberto Novelo Maldonado

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

HOJA DE DATOS DEL JURADO

1. Datos del alumno

Loyo
Espindola
Erika Susana
57 63 97 21
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
300151118

2. Datos del tutor

Dr.
Eberto
Novelo
Maldonado

3. Datos del Sinodal 1

Dra.
Rosa Luz
Tavera
Sierra

4. Datos del Sinodal 2

Dra.
Hermelinda Margarita
Villegas
Ríos

5. Datos del Sinodal 3

M. en C.
Rocío
Ramírez
Rodríguez

6. Datos del Sinodal 4

M. en C.
Guadalupe
Vidal
Gaona

7. Datos del trabajo escrito

Distribución de Chroococcales (Cyanoprokaryota) en el Conjunto Murciélagos en la zona Arqueológica de Palenque, Chiapas.

60 p
2009

**“El hombre encuentra a Dios
detrás de cada puerta que la ciencia logra abrir”**

Albert Einstein

A mi familia con amor. . .

A mis papás. . .

GRACIAS por darme TODO para ser lo que soy y poder ver esta etapa terminada, por siempre estar ahí, a ustedes mi respeto y admiración.

A mis hermanos. . .

Gus, por que cada momento contigo es sumamente divertido, por que se que siempre estarás ahí.

Miris, por darme una gran lección, por enseñarme que no importa lo complicado e incluso cansado que resulte hacer y estar en donde uno desea.

Son lo mejor que hay en mi vida. . .

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Eberto Novelo (mi Prof.) por su amistad, confianza, apoyo, paciencia, entusiasmo y todas sus valiosas enseñanzas. Por aumentar cada vez más mi gusto por este mundo encantador que son las algas, pero sobre todo por enseñarme que el quehacer de la ciencia no tiene por que no ser divertido y SIEMPRE debe estar acompañado por el gusto y pasión hacia lo que uno hace.

A la M. en C. Guadalupe Vidal (mi querida Lupita) por tu apoyo en el trabajo de campo y laboratorio, pero sobre todo por tu amistad y confianza, por las largas y amenas pláticas, por todo lo que directa e indirectamente me has enseñado y por compartir conmigo a lo largo de este tiempo las risas, e innumerables buenos momentos... por todo el tiempo y momentos compartidos.

A la Dra. Rosa Luz Tavera, Dra. Margarita Villegas, M. en C. Rocío Ramírez y M. en C. Guadalupe Vidal, por la revisión de este escrito, por sus sugerencias y comentarios que enriquecieron este trabajo.

A la M. en Conservación Dulce María Grimaldi Sierra por sus asesorías y a la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (INAH - CONACULTA) por la facilidad en los permisos necesarios para el acceso a las zonas arqueológicas.

Al proyecto PAPIIT (UNAM) IN 214606 : "Biodeterioro algal en monumentos arqueológicos mayas de la zona tropical húmeda: caracterización, evaluación y métodos de control".

Moni, por sembrar en mi y compartir el gusto por las algas y por ser la puerta para integrarme a este equipo de trabajo. Por tu apoyo, disponibilidad y ánimo para ayudarme en cualquier cosa a pesar de la distancia. Gracias por tu amistad, cariño y cada uno de los momentos compartidos.

Miguel, por tu invaluable amistad, por compartir tu tiempo y tantas cosas conmigo todos los días, aguantarme en todos mis estados, por escucharme en todo momento y ser paciente en infinidad de ocasiones.

Gaby, Vero, Jimenita, Sara, Vladimir, Hugo con quienes comparto la pasión por la Biología. Por su chispa, compañía y su forma de ser de cada uno tan particular, cada momento que he vivido con ustedes estará por siempre en mi memoria, conocerlos y tenerlos como amigos es un verdadero placer.

Krishna y Eric por ser más que mis mejores amigos, por su apoyo incondicional, su cariño, su tiempo y espacio, por permitirme ser parte de su vida y formar parte de mi familia, gracias por los años compartidos. . .

Ale y Denyz por inyectarme siempre de su ánimo, ser amigas incondicionales y compartir conmigo grandes momentos.

Eva quien entiende y comparte mi gusto por las algas y pasamos muchos buenísimos ratos dentro y fuera del laboratorio acompañados de un buen café, gracias por la amistad que hemos comenzado.

A quienes forman parte de Ficología: Dr. Javier Carmona que a mi paso por el Taller confirmó mi gusto por las algas. Oscarín, Marianita, Karina, Chío, Miriam, Jimena, por los buenos ratos y su trato siempre amable durante mi estancia en el laboratorio.

A cada una de las personas que en algún momento y de alguna manera han formado parte mi vida. . . GRACIAS. . .

INDICE

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| Cyanoprokaryota: Orden <i>Chroococcales</i> | 1 |
| Condición aérea – subaérea | 2 |
| Crecimientos en Monumentos Arqueológicos | 5 |
| Zona Arqueológica Palenque, Chiapas | 6 |
| ANTECEDENTES | 7 |
| OBJETIVOS | 8 |
| ÁREA DE ESTUDIO | 9 |
| MATERIALES Y METODO | 13 |
| RESULTADOS | 22 |
| Crecimientos | 22 |
| Parámetros ambientales | 23 |
| Especies | 29 |
| Descripción de especies | 33 |
| DISCUSIÓN | 51 |
| Crecimientos | 51 |
| Especies | 51 |
| Parámetros ambientales | 53 |
| Respecto a otros estudios | 54 |
| CONCLUSIONES | 55 |
| BIBLIOGRAFÍA | 56 |

INTRODUCCIÓN

Cyanoprokaryota: Orden *Chroococcales*

El orden Chroococcales pertenece a la división Cyanoprokaryota. Estas son algas microscópicas de estructura celular procarionte. En este Orden se encuentran todas las cianoprocariontes unicelulares solitarias y aquellas que llegan a formar colonias (Komárek & Anagnostidis 1999; Whitton & Potts 2000).

Las cianoprocariontes comparten junto con las algas eucariontes y las plantas la capacidad para llevar a cabo la fotosíntesis oxigénica. Poseen clorofila a, común en todos los organismos fotosintéticos, pero también presentan pigmentos accesorios, las ficobiliproteínas: ficocianinas (tiende al azul, y absorbe hasta los 620 nm), ficoeritrinas (tiende al rojo, absorbe hasta 560 nm), aloficocianinas (tiende al verde azulado y absorbe hasta 650 nm); estos pigmentos son solubles en medios acuosos y constituyen hasta el 50% de las proteínas solubles y el 24% de peso seco de las células. Su sustancia de reserva es el almidón cianoficeano que se encuentra distribuido entre las membranas tilacoidales, las cuales son la unidad fotosintética (Gantt & Cunningham 2001; Hoek et al. 1995; Novelo 1998; Rajeshwar & Donat 2006; Whitton & Potts 2000).

Las células son generalmente verde azules, sin embargo las concentraciones en las que se encuentran la clorofila y los pigmentos accesorios dentro de las células, bajo algunas condiciones, son las que otorgan la coloración a las mismas, presentándose azuladas, violetas, rojizas, amarillentas, entre otros (Hoek et al. 1995; Lewin & Borowitzka 2005; Palinska 2008; Whitton & Potts 2000).

La morfología que se presenta en este Orden incluyen: células esféricas, cilíndricas, elipsoidales y en algunos casos en forma de bacilos sumamente elongadas; pueden encontrarse solitarias o en agrupaciones formando colonias donde las células pueden estar arregladas irregularmente o con un patrón definido. Sin embargo, la presencia de un talo polarizado o con diferenciación de células dentro de una colonia puede ocurrir en los tipos más complejos. (Komárek & Anagnostidis 1986; Komárek 1999; Palinska 2008; Whitton & Potts 2000).

Pueden presentar o no una vaina, ésta es una matriz de polisacáridos, la cual puede ser muy amplia o apenas rodear a las células por el margen por lo que es casi imperceptible, puede ser difusa o firme dando una apariencia rígida. La coloración de estas envolturas mucilaginosas van desde hialinas hasta coloraciones intensas amarillentas, azuladas, violetas, rojizas, pardas, grisáceas e incluso negras, este efecto sobre las vainas es en muchos casos, el resultado de la influencia del ambiente sobre la fisiología de los crecimientos algales y que tiene que ver con la presencia de pigmentos (scytonemina, gloeocapsina, ficobiliproteínas); las características de estas envolturas celulares forman parte de los caracteres importantes para la clasificación taxonómica (Fletcher 2007; Komárek & Anagnostidis 1999; Wehr & Sheath 2002; Whitton & Potts 2000).

Los Chroococcales llevan a cabo exclusivamente la reproducción asexual. La división celular dentro de este grupo se presenta en uno, dos y hasta tres planos, estos siempre se presentarán en un ángulo de 90° respecto a la división anterior (Komárek & Anagnostidis 1999; Whitton & Potts 2000) y nunca se darán divisiones sucesivas en el mismo plano, la combinación en la que se den las divisiones siguientes a la primera, resulta completamente aleatoria. Estas se llevan a cabo por fisión binaria (simple, múltiple, asimétrica e irregular). Llegan a formar estructuras de reproducción que funcionan como esporas: los exocitos y baeocitos; éstos son los que se originan por la separación de una parte del protoplasto o por la división interna del mismo de la célula parental, respectivamente (Hoek et al. 1995; Carmona et al. 2004; Komárek & Anagnostidis 1999).

La diversidad de las cianoprocariontes está dada por sus características morfológicas, bioquímicas y fisiológicas, las cuales les permiten establecerse, persistir y tener una distribución geográfica amplia, de manera que estos organismos se encuentran en los principales hábitats de la Tierra, tanto acuáticos como terrestres, ya que poseen un alto potencial de adaptación a factores ambientales extremos, llegando así a formar grandes colonias o crecimientos

extensos (De Wreede 2001; Hoek et al. 1995; Lewin & Borowitzka 2005; Palinska 2008; Rai & Gaur 2001; Tomaselli 2000; Wehr & Sheath 2002).

En el presente trabajo nos centramos exclusivamente a aquellas cianoprocariontes que se desarrollan en una condición aérea – subaerea, la cual se describe a continuación.

Condición aérea - subaérea

Las cianoprocariontes son importantes colonizadoras de un amplio rango de ambientes terrestres: suelos, superficies de rocas, hojas, troncos de árboles, muros, paredes, etc., (De Wreede 2001; Gaylarde et al. 2004; Schumann et al. 2005) es por esto que son consideradas de gran importancia ecológica como organismos pioneros, llegando a ser predominantes en muchas de las comunidades establecidas en los ambientes terrestres (Crispim et al. 2003; Gaylarde & Gaylarde 2000; Peraza et al. 2005; Ortega-Morales 2000).

El término "biofilm subaéreo" está atribuido a las comunidades de microorganismos que se desarrollan sobre superficies sólidas expuestas a la atmósfera (Gorbushina 2007; Schumann et al. 2005), incluidas las algas epilíticas que son aquellas cuyo crecimiento se encuentra expuesto en la superficie de un sustrato (Kumar & Kumar 1999). La colonización de las algas en muchas ocasiones se ve seguida del crecimiento de otros organismos, principalmente heterótrofos como: los hongos, protozoarios y bacterias, que son componentes importantes junto con las algas de los crecimientos subaéreos (Crispim et al. 2003; Ramírez 2006; Saiz-Jiménez 1999; Videla et al. 2000).

La condición subaérea puede considerarse como extrema y muchos organismos bajo esta condición se especializan. Los organismos que se desarrollan bajo esta condición, tienen requerimientos fisiológicos diferentes a aquellos que crecen en otro tipo de ambientes, por lo que han desarrollado estrategias adaptativas de protección eficaz en respuesta a las condiciones de dichos ambientes. Algunas de estas adaptaciones responden a los efectos de altos niveles de radiación ultravioleta y radiación solar excesiva la cual lleva a niveles altos de temperatura y por lo tanto a la desecación. (Crispim et al. 2004; Gaylarde & Gaylarde 2000, Gaylarde et al 2004; Kumar & Kumar 1999; Lewin & Borowitzka 2005; Palinska 2008).

En estas condiciones el desarrollo y establecimiento de las comunidades algales está relacionada con el tipo de roca, el contenido de humedad, la textura, entre otras características de la misma, además de encontrarse regido por una gran variedad de condiciones ambientales como: la temperatura, la humedad relativa, la incidencia de luz y el viento, etc.; es decir que el hecho de que los organismos se desarrollen o no en una superficie particular que puede ser colonizada, tiene que ver con las necesidades específicas (condiciones ecológicas y fisiológicas) que dependen exclusivamente de la especie, las cuales se describen a continuación (Kumar & Kumar 1999).

Humedad

La disponibilidad de agua es una característica importante para los organismos que se desarrollan en un ambiente subaéreo. Esta puede presentarse en forma de lluvia, rocío o nieve, a través de un escurrimiento en superficies o como vapor de agua en el aire. La vida de un organismo se caracteriza por sus reacciones fisiológicas y bioquímicas, estas reacciones son extremadamente reducidas en ciertos organismos, que son tolerantes a procesos de desecación e hidratación relativamente constantes. La presencia de agua en la forma que sea desempeña un papel importante en el inicio y la dinámica de muchas reacciones físico-químicas tales como: concentraciones de ATP, actividad de las nitrogenasas, la fotosíntesis y fijación de CO₂ y nitrógeno así como la síntesis de proteínas, esto se ha observado en la fase posterior a la hidratación en donde se recuperan las reacciones fotoquímicas de la fotosíntesis seguido por el aumento en las cantidades de ATP. Así como se han observado procesos de fijación de CO₂ y nitrógeno (Nienow 1996; Tiwari 1998).

La mayoría de las cianoprocariontes terrestres poseen capacidad única para tolerar la desecación, algunas especies son bastante resistentes a esta condición por lo que pueden permanecer latentes por largos períodos, sin embargo a causa de la pérdida de agua se da la reducción y posteriormente se detiene totalmente el proceso de la fotosíntesis y deja de llevarse a cabo el crecimiento. Una manera de conservar la humedad, es por medio de las vainas, las cuales capturan el agua y así pueden resistir largos períodos de sequía. La cantidad y capacidad de retención de agua es lo que permite a los crecimientos tener una apariencia turgente (Rai & Gaur 2001).

Temperatura

La temperatura es un factor importante que determina o no el establecimiento de las comunidades de algas. Muchos tipos de algas están adaptadas a vivir a temperaturas que son extremadamente altas o bajas, sin embargo aún no hablamos de estrés como tal; éste ocurre cuando la temperatura cambia de repente de forma drástica y los organismos a veces no son capaces de soportar dichos cambios. En ocasiones los cambios de temperatura pueden estar relacionados con la dirección del viento (Rai & Gaur 2001).

La temperatura puede actuar en dos formas sobre los organismos: acelerando las reacciones metabólicas de los organismos, dando como resultado un crecimiento más rápido y/o provocando que las proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares, sensibles a la temperatura, sufran daños irreversibles. Todos los organismos tienen una temperatura óptima en la cual presentan la mayor tasa de crecimiento y reproducción. También poseen una temperatura mínima, en la cual por debajo de ésta se inactiva el metabolismo o solo permanece en un estado de latencia con las tasas de productividad mas bajas y una máxima, fuera de su intervalo de tolerancia en la que ya no pueden reproducirse. El intervalo de tolerancia a la temperatura de los organismos puede ser estrecho o amplio. Hay algunos organismos cuyo intervalo es estrecho y generalmente están en lugares donde ésta se mantiene constante mientras que otros tienen un intervalo amplio y se encuentran generalmente en lugares donde la temperatura es muy variable (Brock 1974).

El estado físico de la matriz lipídica de las membranas celulares dependen en gran medida de la temperatura del ambiente, así mismo, las reacciones químicas y físicas entre las proteínas de la membrana, están dependiendo de la temperatura intrínseca de la reacción, por lo que se presenta un cuadro de estrés cuando ésta sufre cambios drásticos (Rai & Gaur 2001).

Luz

Las algas están adaptadas a las variaciones normales diarias de radiación luminosa en cuanto a la intensidad y a la calidad de ésta, por lo que la luz juega varios papeles en el desarrollo de los organismos que crecen en una condición subaérea. En condiciones naturales, el exceso de radiación fotosintéticamente activa o la oscuridad, son irremediamente estresantes para un organismo fotosintético. Las algas poseen un ritmo endógeno en cuanto a sus funciones fisiológicas, como por ejemplo, la fotosíntesis y la división celular, entre otras, el cambio en los ciclos de luz – oscuridad (fotoperíodo) pueden considerarse como causantes de estrés ya que alteran el equilibrio y ritmo de estos procesos. Además del espectro visible, en condiciones naturales, se presentan los rayos UV e infrarrojos. Los niveles de estos tipos de radiación varían en el tiempo a lo largo de un día y de una temporada a otra, además de que también se ven influenciados por el patrón de nubes, la contaminación atmosférica, la latitud, la altitud y en gran medida de la capa de ozono (Rai & Gaur 2001).

Los rayos UV son causa de estrés, ya que existen procesos fisiológicos y bioquímicos que resultan susceptibles a este tipo de irradiación, tales como el crecimiento, la supervivencia, la fotosíntesis, la composición de ficobiliproteínas así como del desensamble del complejo de ficobilisomas, la fijación de CO₂ y nitrógeno, etc. Además la exposición a estos rayos causan daños sobre la membrana celular el DNA, provocando mutaciones sobre este al igual que en proteínas y pigmentos fotosintéticos (Rai & Gaur 2001; Rajehswar & Donat 2006).

Particularmente, los pigmentos fotosintéticos son altamente sensibles a los rayos UV, sin embargo en condiciones no tan estresantes ante este tipo de radiación se presenta un aumento en la síntesis de ficobiliproteínas, como un mecanismo de protección ya que estos pigmentos son capaces de interceptar más del 99% de la radiación UV, antes de que llegue a dañar el DNA. El efecto de los rayos UV sobre los pigmentos puede causar el desensamble de los ficobilisomas a partir de la ruptura de enlaces polipeptídicos deteriorando la transferencia de energía a partir de estos complejos a los centros de las reacciones fotosintéticas, también puede provocar una foto-oxidación provocando una disminución en la biosíntesis de clorofila y carotenos (Rai & Gaur 2001; Rajeshwar & Donat 2006).

Los daños sobre el DNA que pueden llegar a presentarse por la exposición a los rayos ultravioleta son la distorsión de la hélice a partir del daño a secuencias que faciliten la flexión y torsión de las cadenas. Otro efecto que se puede presentar a este nivel, es la lesión a secuencias específicas que tienen que ver con la replicación y transcripción del DNA lo que puede conducir a una lectura errónea del código genético, causando mutaciones e incluso provocar la muerte (Rajeshwar & Donat 2006).

En la mayoría de los cianoprocariontes la actividad de RUBISCO (enzima encargada de la fijación de CO₂) se inhibe por la radiación UV. El control de la biosíntesis de esta enzima está relacionado con la prevalencia de luz en el ambiente. Durante la irradiación UV, las proteínas pueden someterse a fotodegradación, al aumento de la solubilidad de proteínas de la membrana y la fragmentación de la cadena peptídica, lo que lleva a la inactivación y/o total destrucción de las proteínas (enzimas). Una ruptura de la membrana celular y / o alteración en los tilacoides destruye total o parcialmente los componentes necesarios para la fotosíntesis por lo que pueden afectar a la tasa de fijación de CO₂, la actividad de los fotosistemas lo que conduce a la reducción en el suministro de ATP y NADPH₂ y la apertura de canales de calcio de la membrana (Rajeshwar & Donat 2006).

Se ha registrado que el crecimiento y la supervivencia en muchas cianoprocariontes se ven afectados severamente por la radiación UV. Se ha sugerido que los constituyentes celulares que llevan a cabo la absorción de la radiación en el rango de 280 a 315 nm, son destruidas por este tipo de radiación, lo que puede afectar directamente a la permeabilidad de las membranas celulares y causar daños a proteínas y con el tiempo provocar la muerte de las células (Rajeshwar & Donat 2006).

La resistencia y las estrategias de adaptación a los rayos UV, se relacionan generalmente a la producción de vainas o pigmentos protectores dentro de las células, un ejemplo claro son: la scytonemina, gloeocapsina y aminoácidos tipo microsporina (MAAs) que funcionan como un filtro solar e impiden el impacto directo de los rayos UV sobre las células. La scytonemina es un pigmento dimérico de coloración que va de amarillo a café, éste es soluble en lípidos localizado en las vainas extracelulares de polisacáridos, la presencia de este pigmento se limita a las cianoprocariontes; posee una absorción máxima de 370 nm. Por otro lado, los aminoácidos tipo microsporina son solubles en agua caracterizados por tener un cromóforo conjugado con nitrógeno, la aparición de concentraciones altas de MAAs ha sido descrita como protección por la exposición de altos niveles de radiación solar, pero no hay pruebas concluyentes para decir que tiene un papel exclusivo como protector solar, ya que es posible que tenga una influencia directa en el metabolismo celular. La gloeocapsina, es otro pigmento que al igual que la scytonemina es soluble en lípidos y se encuentra principalmente en las vainas extracelulares de las células, este pigmento se ha descrito para las especies que pertenecen al género *Gloeocapsa*. Sin embargo algunos grupos de algas no producen estos pigmentos protectores por lo que deben de utilizar otros mecanismos que tienen que ver con la estructura y organización en el espacio de los microorganismos que conforman los biofilms, desarrollándose endolíticamente o hasta su incorporación a un talo líquénico (Crispim et al. 2004; Fletchner 2007; Gaylarde & Gaylarde 2000; Nienow 1996; Rai & Gaur 2001; Rajeshwar & Donat 2006; Seckbach & Oren 2007).

Viento

El viento es un factor importante sobre las comunidades algales ya que contribuye a la colonización y dispersión de estas a través de las corrientes de aire. Además tiene una influencia sobre la temperatura y por lo tanto en la evaporación, lo cual está dado por el intercambio de calor con el aire circundante (Nienow 1996).

Presión osmótica

En un medio acuoso, las células algales deben mantener un equilibrio entre la incorporación y la pérdida de agua que evite el impacto que produce un cambio en el volumen, al generarse un cambio abrupto en el potencial osmótico del medio, se producirá plasmolisis debido al estrés que esto causa, lo que dará como resultado la inhibición de la fotosíntesis y otras funciones. La osmoregulación se puede lograr en períodos de tiempo muy cortos, a partir de la absorción de iones, síntesis de sustancias activas que son compatibles con los procesos metabólicos, así como la expulsión de agua a través de cambios en la densidad de las vainas o en algunas especies la presencia de paredes celulares rígidas para contrarrestar la presión de turgencia (Rai & Gaur 2001).

En otro aspecto en donde la presión osmótica juega un papel importante es en la síntesis de pigmentos protectores contra los rayos tanto infrarrojos como UV, la combinación de la presión osmótica con estos últimos, interviene en la regulación y síntesis de aminoácidos tipo microsporina (Rajehswar & Donat 2006)

pH

Los microorganismos, incluyendo a las algas, se pueden clasificar según su tolerancia al pH y presentan un intervalo de pH intrínseco bajo el cual se desarrollan llevando a cabo sus funciones satisfactoriamente. Las cianoprocariontes crecen principalmente en ambientes de pH neutro (6.5 - 7.5) y alcalino, y rara vez se encuentra en valores de pH bajos. Al enfrentarse a condiciones de pH ya sea muy ácidas o muy alcalinas, las proteínas y enzimas pueden llegar a la desnaturalización, así como también al encontrarse bajo estas condiciones estresantes los componentes de las células pueden llegar a sufrir hidrólisis. Es importante considerar que cuando el pH del ambiente y el que se presenta dentro de las células son diferentes hay mecanismos que se ven afectados como en el caso del transporte a través de las membranas de sustancias e inclusive de iones. La membrana plasmática juega un papel importante en las estrategias en contra del estrés y el pH sin duda no es la excepción, ya que tiene el control de la permeabilidad de la célula. La alta concentración de H^+ causa daños fisicoquímicos así como biológicos tales como: alto potencial osmótico, alta concentración de sulfato y de alta conductividad eléctrica, solubilización de elementos, protonación de ácidos orgánicos que llevan a la formación de ácidos fosfóricos y neutralización de carboxilos y grupos de fosfato en el lado externo de la membrana plasmática. Todos estos efectos son inevitables y las células sólo pueden responder a ellas con la estrategia de tolerancia a estrés (Jjemba 2004; Rai & Gaur 2001; Seckbach & Oren 2007).

Crecimiento en Monumentos Arqueológicos

Al ser una de las muchas formas de expresión del arte, los monumentos y edificios arqueológicos forman parte de la identidad cultural de un pueblo. Debido a su ubicación, al aire libre, se encuentran sometidos constante y fuertemente al efecto de la meteorización y a procesos de deterioro, sin embargo, dado que la conformación estructural en cuanto a los materiales de construcción es diferente, la resistencia al deterioro también lo es (Ortega-Morales et al 2005; Peraza et al. 2005; Tomaselli 2000; Videla et al. 2000).

Se ha considerado que la presencia de las algas en los monumentos, ocasionan biodeterioro, que puede entenderse como el cambio en las propiedades de un material causado por las actividades vitales de los organismos (Kumar &

Kumar, 1999). El tipo de deterioro puede ser estético (decoloraciones y desfiguraciones) y físico – químico, en muchos casos la biodegradación de los materiales estructurales es el resultado final debido a la producción de metabolitos, polímeros extracelulares, principalmente polisacáridos, como pegamentos que capturan las partículas de los materiales, así como la producción de ácidos orgánicos que actúan como disolventes de los componentes de las rocas que conforman los muros afectando la solubilidad de éstos y dando como resultado el aumento de la sensibilidad de la roca ante los procesos físico - químicos de deterioro. (Crispim et al. 2004; Gaylarde & Gaylarde 2000; Kumar & Kumar 1999; Ortega – Morales et al 2000; Videla 2000).

Los edificios pueden ser colonizados por algas cianoprocariontes entre otros organismos como bacterias, hongos, etc., estas comunidades son fáciles de reconocer en las superficies de los muros porque forman capas, costras o tapetes de diversas dimensiones, espesor, consistencia y color (Kumar & Kumar 1999). Muchos de los biofilms en los monumentos históricos están compuestos predominantemente por cianoprocariontes coccoides y coloniales, debido a la adaptación que presentan ante las condiciones ambientales este tipo de organismos son componentes importantes de los crecimientos en las rocas (Gaylarde et al. 2004).

Zona Arqueológica de Palenque, Chiapas

En México, existe una gran cantidad de sitios arqueológicos, que forman parte del patrimonio nacional en los cuales se realizan diversos trabajos con el fin de conservarlos (Ramírez 2006), un ejemplo claro, entre otros, es la Zona Arqueológica de Palenque, Chiapas, que se encuentra rodeada por la selva Lacandona. Se ha mantenido la idea de que las construcciones prehispánicas han sido deterioradas por la presencia de algas, por lo que la creencia de que éstas deben ser eliminadas ha sido latente. Dentro de las muchas tareas que se han llevado a cabo para controlar los crecimientos algales en esta zona, se encuentra el registro e identificación de las especies de algas que forman parte de dichos crecimientos sobre las construcciones (Grimaldi 2007; Novelo et al. 2006; Ramírez 2006; Torres 1991). Tener conocimiento sobre la distribución y el vínculo de la flora algal con los factores ambientales así como de los ciclos de vida de estos microorganismos, podría permitir el desarrollo de un mecanismo de control que permita la conservación de las construcciones, pero también podría definir si las algas en alguna medida contribuyen a la conservación de las mismas.

Es por esta razón que el presente trabajo contribuye al conocimiento de las especies de Chroococcales que se desarrollan como parte de los biofilms en un edificio particular de la Zona Arqueológica de Palenque, Chiapas.

ANTECEDENTES

El estudio de los crecimientos de algas subaéreas epilíticas específicamente sobre monumentos arqueológicos es un tema que se ha venido tratando desde hace ya un par de décadas fuera de nuestro país. Este tipo de estudios se han llevado a cabo en países como: España, Italia, Grecia, Bangladesh, Brasil, etc. Algunos trabajos relevantes han sido realizados por: Albertano et al. (2000), Broady (1981), Crispim et al (2004), Gaylarde & Gaylarde (2000), Gaylarde et al. (2004), Noguerol-Seoane & Rifón-Lastra (1996), Noguerol-Seoane & Rifón-Lastra (2000), Temes-Casas & Noguerol-Seoane (2001), Peraza et al (2005), Tomaselli (2000), entre otros. La aproximación que tiene estos estudios en general son en primera instancia de índole taxonómica realizando listados de los géneros y especies que se presentan en los biofilms de monumentos históricos, otro enfoque es el ecológico donde se trata de identificar algún factor ambiental que pueda estar determinando el establecimiento de las comunidades algales. No obstante también se han abordado problemáticas como la secreción de metabolitos secundarios.

Respecto a este tipo de crecimientos se puede considerar que es un tema reciente en nuestro país, comparado con los estudios relacionados con las algas que se desarrollan en ambientes acuáticos.

Para México se han realizado estudios de las algas epilíticas en las Zonas Arqueológicas, como los de Ortega-Morales et al (2000), Ortega-Morales et al (2005) y Videla et al (2000) entre otros, los cuales han sido realizados en monumentos arqueológicos en el estado de Yucatán.

En lo que se refiere a la Zona Arqueológica de Palenque en el estado de Chiapas, se tienen registrados los estudios de Torres (1991) que realiza una identificación taxonómica de las especies que componen los crecimientos algales en 3 Templos: de las Inscripciones, de la Cruz y del Sol y su relación con los factores ambientales. Además aplicó diferentes biocidas sobre los biofilms registrando el efecto morfológico de los crecimientos y sobre las construcciones. Por otro lado Ramírez (2006) realiza un estudio netamente taxonómico de las algas que se desarrollan en El Palacio.

Para el Conjunto Murciélagos en particular, no existen registros de estudios que se relacionen con las algas.

OBJETIVOS

General

Caracterizar las especies de Chroococcales y su distribución en el Conjunto Murciélagos en la Zona Arqueológica de Palenque, Chiapas.

Particulares

- Describir a las especies de Chroococcales que participan en los crecimientos algales del Conjunto Murciélagos.
- Determinar los factores ambientales que pudieran estar relacionados con la presencia de Chroococcales dentro de los crecimientos.
- Describir la presencia temporal de las especies y su distribución, en función de los factores ambientales analizados previamente.

ÁREA DE ESTUDIO

El Conjunto Murciélagos forma parte de la Zona Arqueológica de Palenque (Mapa 1) al norte del estado de Chiapas, se presenta un clima semicálido-húmedo con lluvias durante todo el año, siendo más abundantes en el verano. Las temperaturas mas bajas se presentan por debajo de los 32 °C y las mas altas por arriba de los 40 °C (Ramírez, 2006).

Este Conjunto, está constituido por varios edificios sobre plataformas bajas, que están dispuestos en torno a un patio central.

A diferencia de otros edificios como el Templo de las Inscripciones, el Palacio, el Templo de la Cruz Foliada, el Templo del Sol, etc., este Conjunto presenta algunas características particulares, razones por las cuales se eligió para llevar a cabo el presente estudio. Una de ellas es que no se encuentra concentrado junto con la mayoría de los edificios principales, si no que está más alejado de la parte central de la zona, por lo que en consecuencia, presenta mayor influencia de la vegetación por su ubicación. Además, a diferencia del resto de las construcciones que conforman la zona, desde su descubrimiento, el Conjunto Murciélagos no ha sido sometido a ningún proceso de limpieza para la eliminación de los organismos vivos que hasta el momento lo han colonizado (Grimaldi, Com. Per.). Esta ultima característica resulta de gran importancia ya que puede tomarse como un punto de comparación con el resto de los edificios que han sido sometidos a este tipo de procesos de limpieza, mantenimiento y restauración, permitiendo comparar a las especies que se desarrollan y posteriormente poder hacer inferencias sobre si las estrategias utilizadas en este tipo de procesos es verdaderamente optima y si estas están interviniendo en los cambios y o procesos de colonización de los microorganismos, particularmente las algas.

Su ubicación con respecto a 3 puntos específicos alrededor del edificio donde posteriormente se coloco una estacion meteorológica son (Tabla 1; Figs. 1 - 3):

Tabla 1. Ubicación geográfica de los puntos de registro de los parámetros ambientales.

| Muro | Altitud (m) | Posición | |
|---------|-------------|---------------|---------------|
| Oeste | 93 | 17° 29.177´ N | 92° 02.555´ O |
| Noreste | 98 | 17° 29.180´ N | 92° 02.556´ O |
| Sureste | 92 | 17° 29.179´ N | 92° 02.559´ O |



Fig. 1. Conjunto Murciélagos. Vista del muro Oeste.



Fig. 2. Conjunto Murciélagos. Vista del muro Sureste.



Fig.3. Conjunto Murciélagos. Patio central.

Materiales y Métodos

Trabajo de campo

Se realizaron tres recolectas a lo largo de un ciclo anual, en períodos contrastantes, temporada seca (enero 2007) y de lluvias (agosto 2006 y 2007), por lo que se llevaron a cabo en agosto 2006 (Fig. 4), enero (Fig. 5) y agosto 2007 (Fig. 6). Se recolectaron muestras de todos los crecimientos algales diferentes a simple vista, considerando aquellos que fueran más representativos en los muros del edificio considerando su tamaño y las diferentes coloraciones que presentaban.

Cada una de las muestras se tomó por duplicado, la primera fue fijada con formol al 3% en frascos de 25 ml, las réplicas fueron conservadas en seco en sobres de papel para ser procesadas posteriormente y como referencia seca de herbario.

Para cada una de las muestras se registró la coloración, la textura, el tipo de crecimiento, la adherencia al sustrato esto en base a una apreciación cualitativa, también se registró la temperatura y la humedad relativa del sustrato con un Protrímetro (GE Protrimeter Surveymaster). También se obtuvo un registro fotográfico de cada muestra y se registro la orientación del muro del que se recolectaron las muestras algales.

Los parámetros ambientales que se registraron fueron: la luz PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), la temperatura ($^{\circ} \text{C}$), la humedad relativa (%), la dirección ($^{\circ}$) y velocidad del viento (m/s^2), al igual que la velocidad de las ráfagas que llegaron a presentarse (m/s^2), estos datos se registraron con una estación meteorológica HOBO micro station (onset computer corporation).

Los datos ambientales se obtuvieron, posicionando la estación meteorológica en tres diferentes puntos alrededor del edificio, en el muro Oeste, Noreste y Sureste. Para cada uno de los puntos la estación se colocó en tres ocasiones de forma paralela a los muros a lo largo de un día, para obtener las variaciones a lo largo de este.

Laboratorio

De cada una de las muestras fijadas en formol al 3% se realizaron preparaciones semipermanentes montadas con gelatina glicerizada, 3 preparaciones por cada muestra (González & Novelo 1986). Las muestras se incorporaron al Herbario de la Facultad de Ciencias (FACME) en la colección particular de Biodeterioro Algal (BA).

Las preparaciones se revisaron en un microscopio de contraste interdifereencial (NIKON Optiphot E600). Se obtuvo un registro fotográfico de las observaciones en el microscopio a partir de una cámara Nikon Coolpix para su identificación taxonómica.

Para la identificación de especies se consultó la siguiente literatura: Gardner 1927; Geitler 1930-1932; Desikachary (1959) Komárek & Anagnostidis 1999; Freymy 1930 .

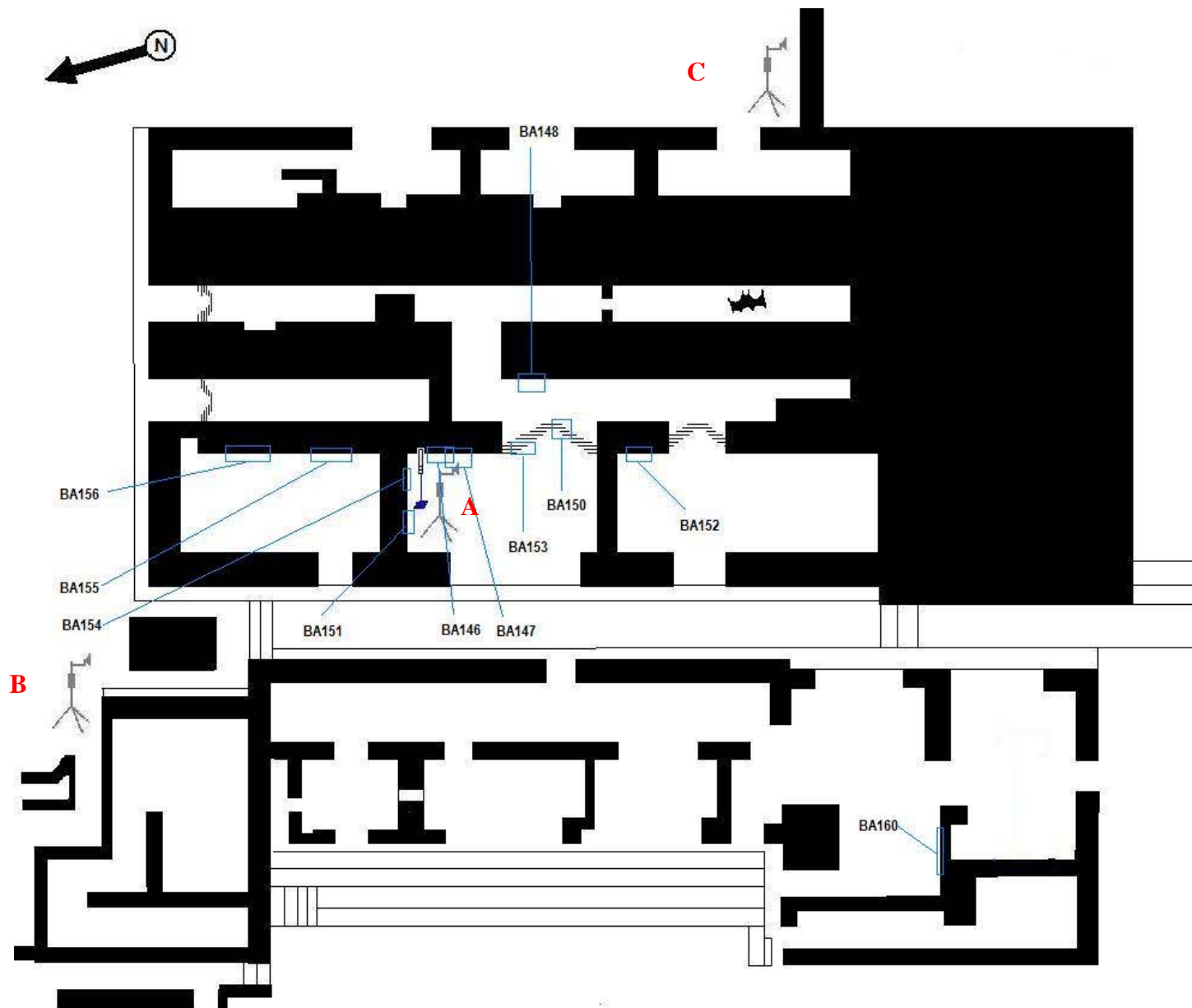


Fig. 4. Puntos de recolección de muestras. Agosto 2006. A – C, se esquematizan las diferentes orientaciones en las que se colocó la microestación respecto al muro. A: Oeste; B: Noreste; C: Sureste



a. BA146



b. BA147



c. BA148



d. BA150



e. BA151

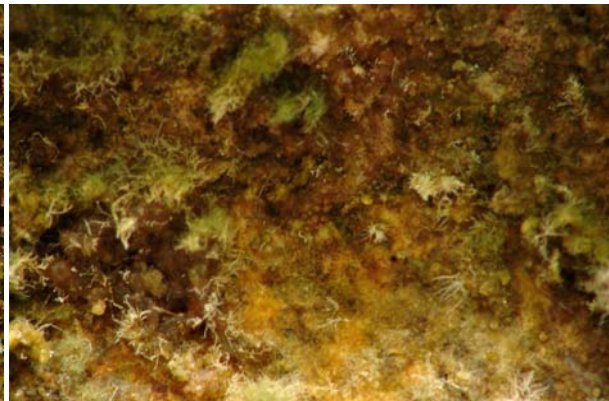


f. BA152

Lámina I. a – f. Apariencia macroscópica de los crecimientos algales. Agosto 2006.



g. BA153



h. BA154



i. BA160

Lámina II. g – i. Apariencia macroscópica de los crecimientos algales. Agosto 2006.

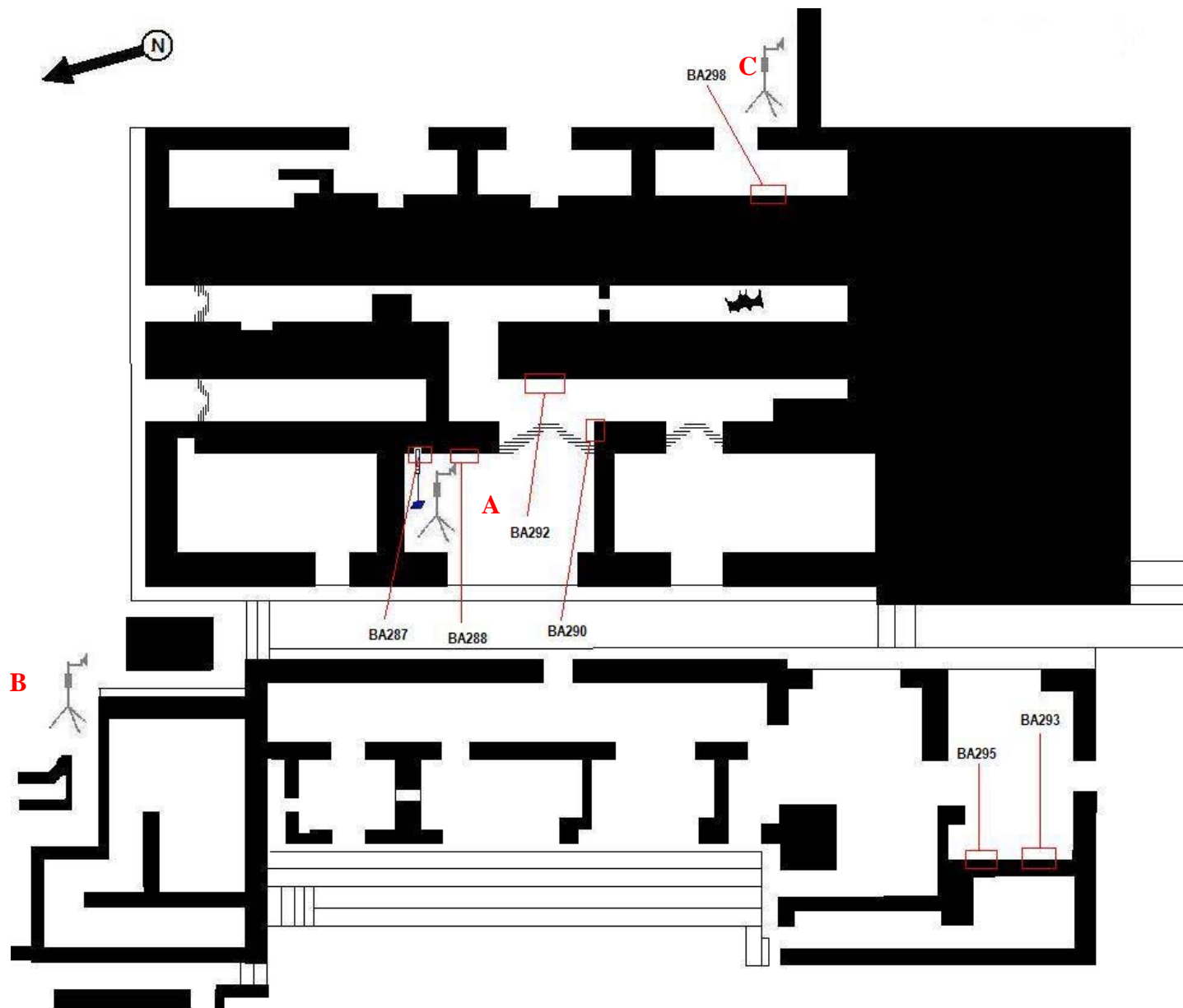
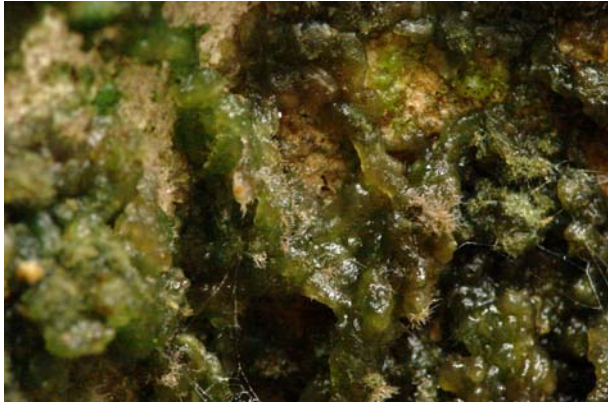
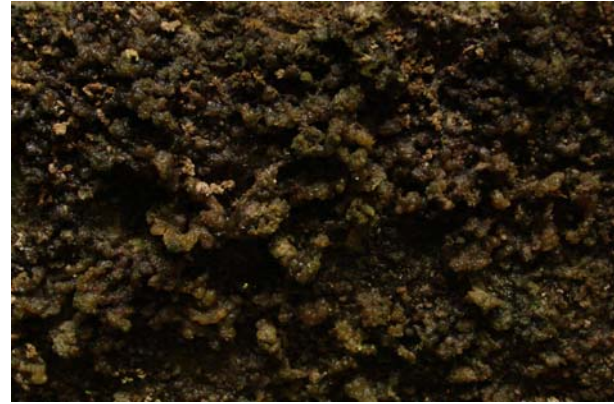


Fig.5 Puntos de recolección de muestras. Enero 2007. A – C, se esquematizan las diferentes orientaciones en las que se colocó la microestación respecto al muro. A: Oeste; B: Noreste; C: Sureste



a. BA287



b. BA288



c. BA290



d. BA291

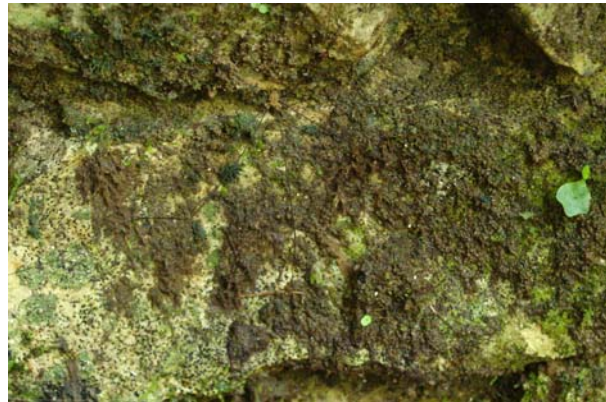
Lámina III. a – d. Apariencia macroscópica de los crecimientos algales. Enero 2007.



e. BA292



f. BA293



g. BA295

Lámina IV. e – g. Apariencia microscópica de los crecimientos algales. Enero 2007.

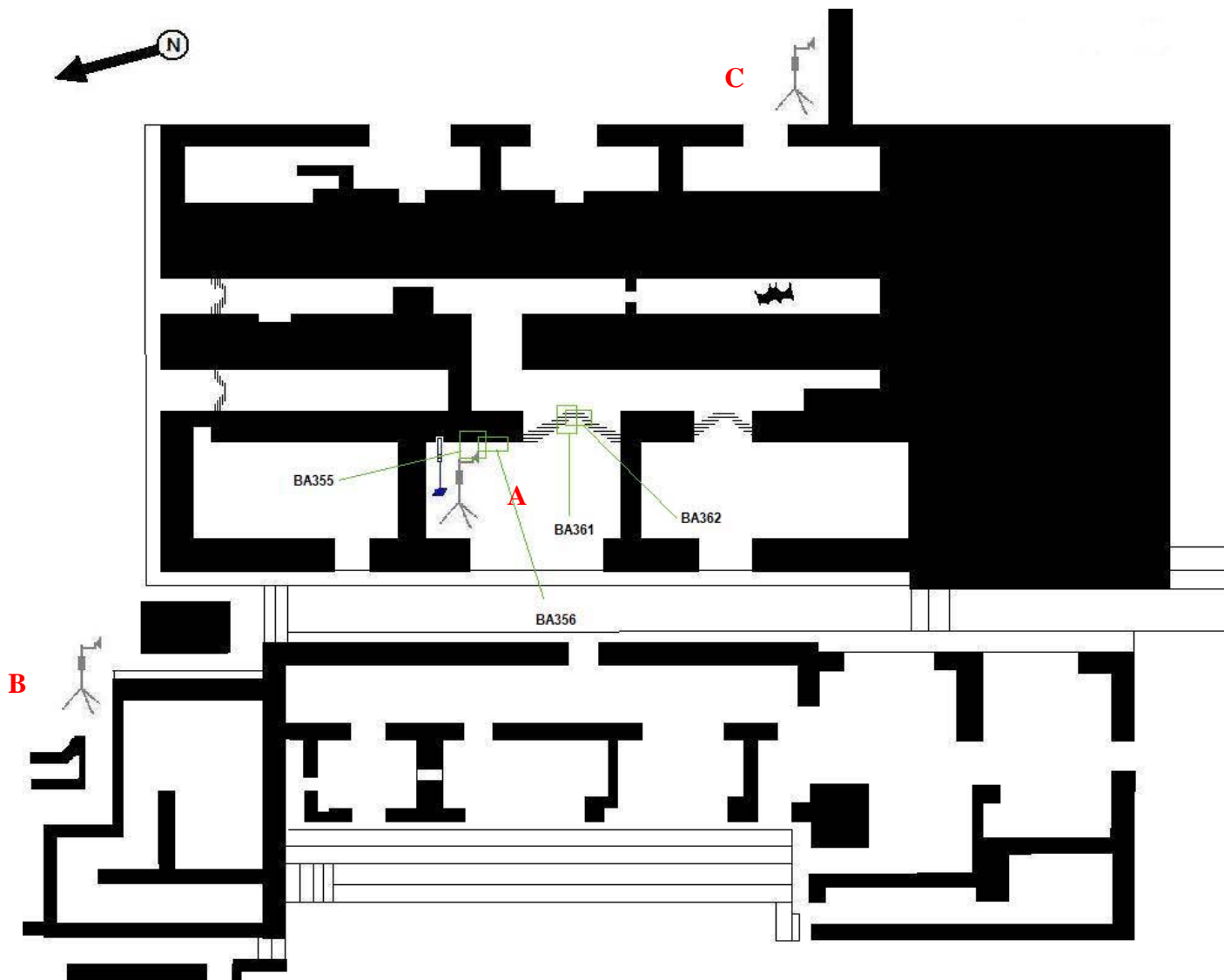
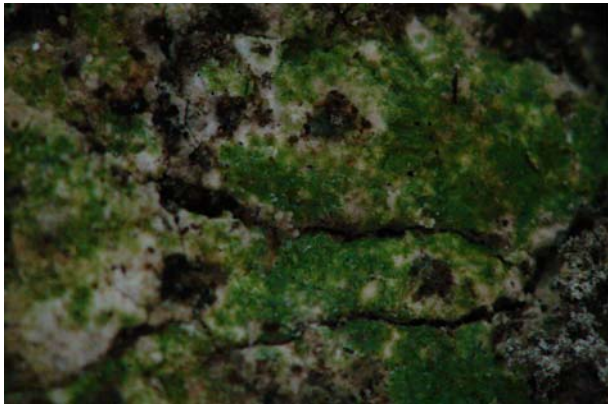


Fig.6 Puntos de recolección de muestras. Agosto 2007. A – C, se esquematizan las diferentes orientaciones en las que se colocó la microestación respecto al muro. A: Oeste; B: Noreste; C: Sureste



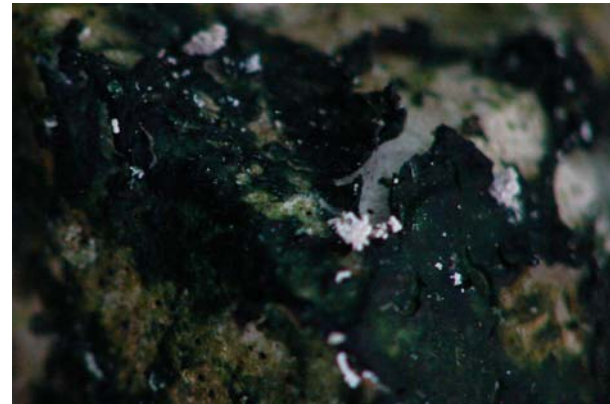
a. BA356



b. BA357



c. BA361



d. BA362

Lámina V. a – d. Apariencia microscópica de los crecimientos algales. Agosto 2007.

RESULTADOS

Crecimientos

Se revisaron preparaciones semipermanentes por triplicado de 23 muestras, algunas de ellas fueron tomadas en los mismos puntos en las diferentes épocas, por el contrario, otros fueron puntos colectados sólo en una ocasión y sólo en uno de los tres periodos.

Se registraron los tipos de crecimiento que fueron principalmente: películas, hojuelas, tapetes, costras y mucilagos; las coloraciones que presentaron estos crecimientos fueron desde verde en diferentes tonalidades hasta totalmente negro (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción cualitativa de los crecimientos. ° No se tiene registro fotográfico.

| Muestra | Crecimiento -Textura | Color | Orientación | Registro fotográfico |
|---------|---|------------------------------------|-------------|----------------------|
| BA 146 | Tapete rugoso | Grisáceo – verde botella brillante | Oeste | Lám. I - a |
| BA 147 | Grumos suaves | Pardo | Oeste | Lám. I - b |
| BA 148 | Crecimiento esférico (tipo "chapopote") | Negro | Oeste | Lám. I - c |
| BA 150 | Película-hojuelas, secas | Verde brillante | Oeste | Lám. I - d |
| BA 151 | Tapete | Verde botella – aceituna | Oeste | Lám. I - e |
| BA 152 | Mucilaginoso suave, acuoso | Pardo | Oeste | Lám. I - f |
| BA 153 | Tapete | Negrusco | Oeste | Lám. II - a |
| BA 154 | Tapetes | Naranja y verde oscuro | Oeste | Lám. II - b |
| BA 155 | Película mucilaginosa en forma de bolitas | Verde botella | Oeste | ° |
| BA 156 | Tapete | Verde pasto brillante | Noreste | ° |
| BA 160 | Mucilaginoso suave, acuoso | Pardo oscuro | Oeste | Lám. II - c |
| BA 287 | Mucilaginoso, esféricos continuos | Verde olivo | Oeste | Lám. III - a |
| BA 288 | Películas mucilaginosas | Verde parduzco | Oeste | Lám. III - b |
| BA 290 | Película pulvulenta | Verde pistache | Oeste | Lám. III - c |
| BA 291 | Grumos pequeños | Verde oscuro – negruzco | Oeste | Lám. III - d |
| BA 292 | Mucilagos, esféricos muy húmedos | Negrucos brillantes | Oeste | Lám. IV - a |
| BA 293 | Tapete | Verde botella oscuro | Oeste | Lám. IV. b |
| BA 295 | Grumoso suave | Pardo | Oeste | Lám. IV - c |
| BA 298 | Grumoso | Pardo | Sureste | ° |
| BA 356 | Tapete tipo fieltro, áspero | Verde amarillento | Oeste | Lám. V - a |
| BA 357 | Costroso | verde amarillento | Oeste | Lám. V - b |
| BA 361 | Película-hojuelas, pulvulenta | Verde botella | Oeste | Lám. V - c |
| BA 362 | Película mucilaginosa | Verde botella (más oscuro) | Oeste | Lám. V - d |

Parámetros ambientales

Se consideraron únicamente los parámetros ambientales de los períodos de colecta durante el 2007(enero y agosto).

Se tomaron en cuenta los valores máximos y mínimos para cada uno de las épocas de colecta, en éstos se puede ver que no existen variaciones drásticas de un período a otro (Tabla 3). De forma general, los valores mas altos, tanto máximos como mínimos para cada factor ambiental, se registraron en el mes de agosto. De manera puntual se tomaron los factores máximos y mínimos registrados en los tres diferentes puntos alrededor del edificio: muro Oeste, Noreste y Sureste.

De los valores de luz, tomados en particular para cada uno de los muros, se puede observar que para ambos períodos los valores más altos se presentan en el muro Oeste, sin embargo, de estos dos valores máximos es en agosto cuando se registró el mayor; por el contrario, en los muros Noreste y Sureste son menores, este último fue en el que se presentan los valores más bajos de la incidencia de luz para agosto, mientras que para enero es en el muro en dirección Noreste en donde se registran los valores mas bajos (Fig. 7a y b).

Tabla 3. Parámetros ambientales. Valores mínimos y máximos por período de colecta (2007).

| | Enero | | Agosto | |
|--|-------|-------|--------|-------|
| | Min. | Máx. | Min. | Máx. |
| Luz ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) | 1.2 | 438.7 | 1.2 | 503.7 |
| Temperatura (° C) | 20.95 | 26.73 | 24.4 | 28.7 |
| Humedad relativa (%) | 75.75 | 94.75 | 65.25 | 95.25 |

El rango de temperatura en general va de 20.9 °C a 28.7 °C, en enero se presenta el valor mínimo y en agosto el máximo. La variación entre los rangos de temperatura para ambas temporadas de colecta, en general, es apenas de 8 °C. Considerando de forma puntual a cada uno de los muros, hacia el muro Oeste se presenta el valor máximo de temperatura, sin embargo, los valores del resto de los muros respecto al máximo difieren apenas 2 y 3 °C, respectivamente por período (Fig. 8a y b).

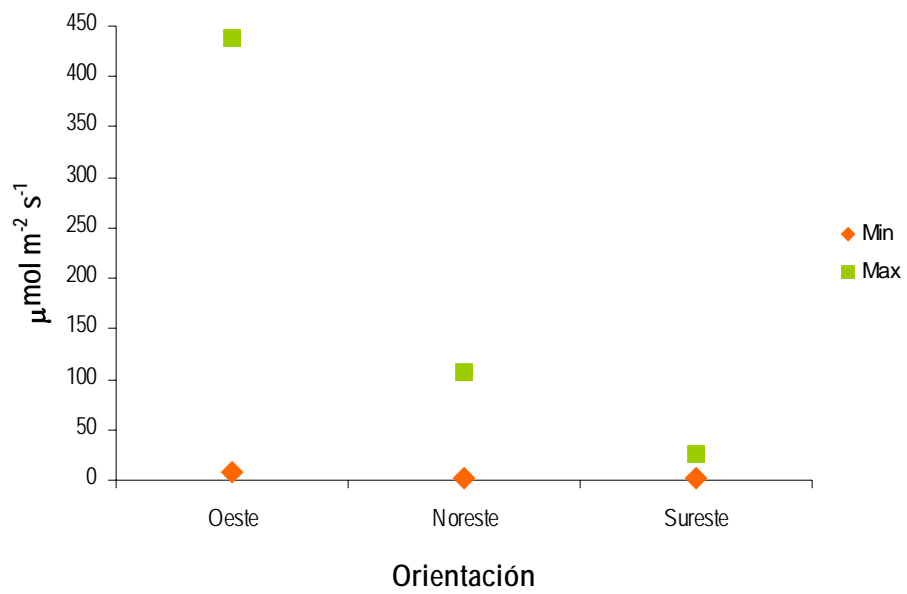


Fig. 7a. Gráficas con valores de Luz (2007). Enero.

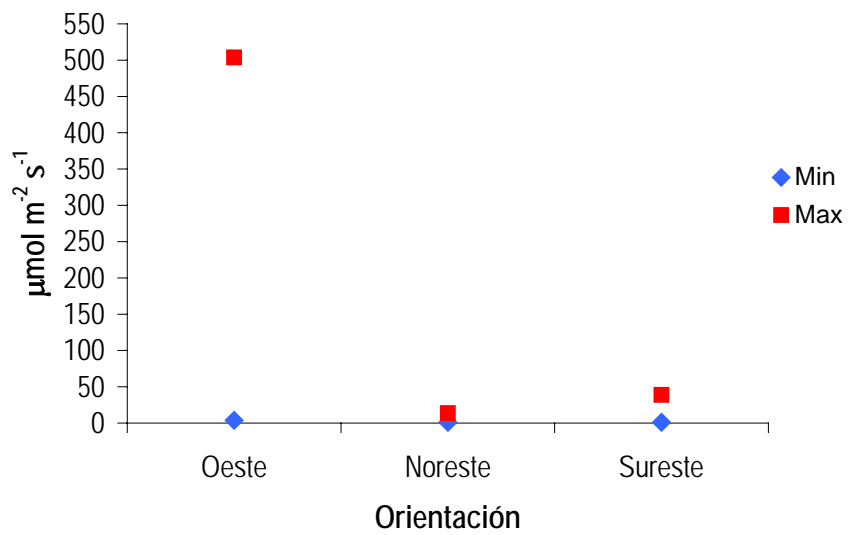


Fig. 7b. Gráfica con valores de Luz (2007). Agosto.

Los porcentajes de humedad relativa, en general, fueron altos por arriba del 60%. En agosto se registraron los valores más altos de hasta 95.2% en dirección Noreste y Sureste, probablemente esto se deba a la influencia de la vegetación, que es más cercana en estos dos últimos, por el contrario en dirección Oeste los porcentajes de humedad fueron menores en los dos períodos, registrándose valores menores de 76% (Fig. 9a y b).

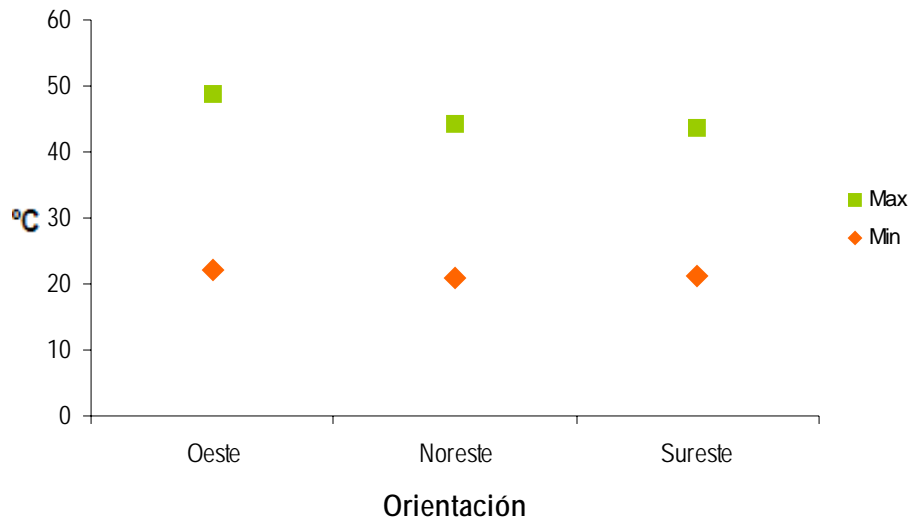


Fig. 8a. Gráfica con valores de Temperatura (2007). Enero

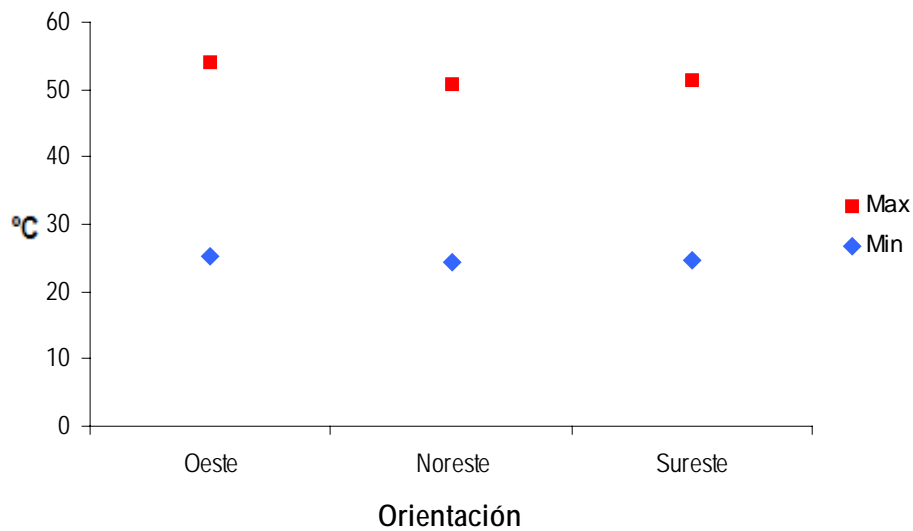


Fig. 8b. Gráfica con valores de Temperatura (2007). Agosto

La velocidad del viento presentó valores de 0 en ambos períodos, en todas las direcciones excepto en enero cuando se posicionó la estación meteorológica en el muro dirección Noreste donde la velocidad que se registra es de 0.56

m/s² (Fig. 10). La velocidad a la que se presentan las ráfagas de viento es baja. El valor más alto se presenta en enero (Fig. 11-a) y en agosto los valores se encuentran por debajo de 0.5 m/s² (Fig. 11-b).

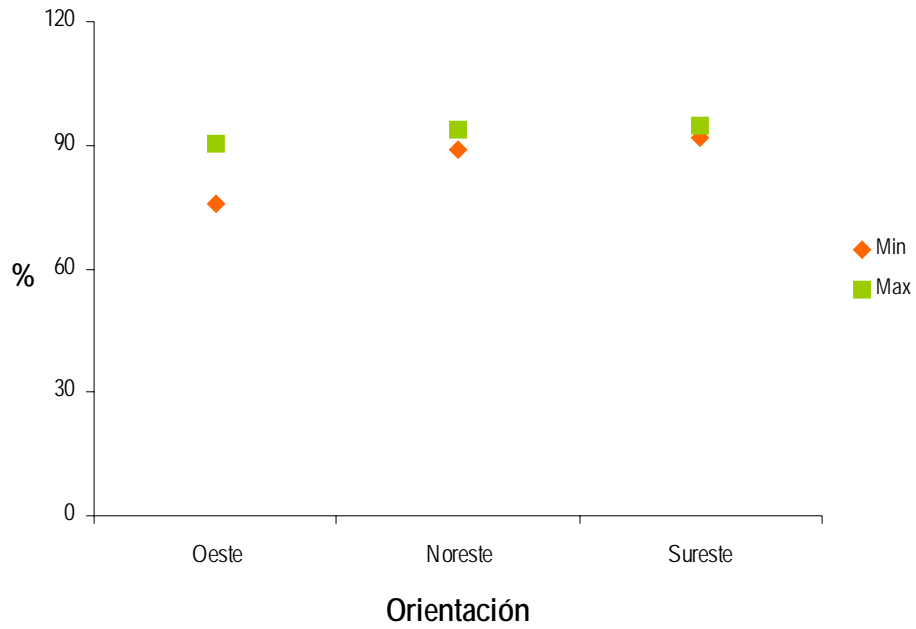


Fig.9a. Gráfica con valores de Humedad Relativa (2007). Enero

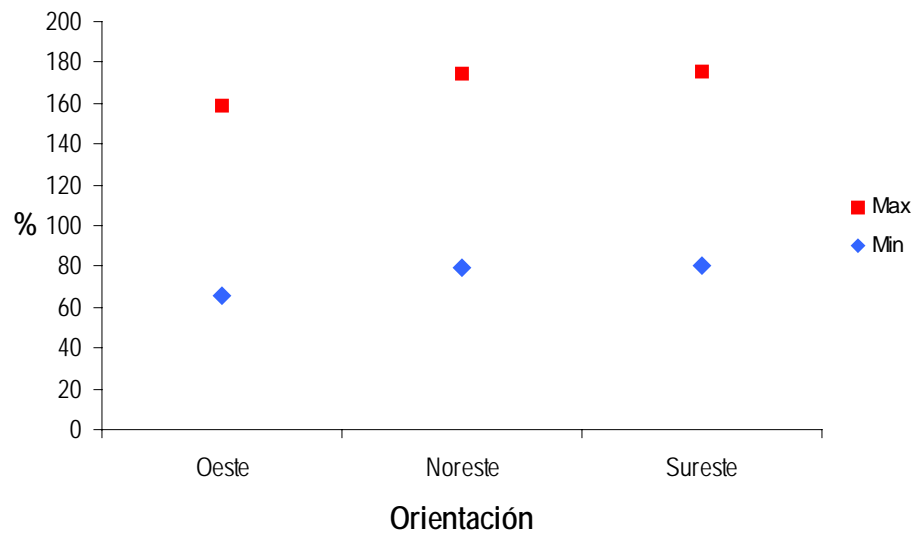


Fig.9b. Gráfica con valores de Humedad Relativa (2007). Agosto.

La dirección en la que llega el viento sobre cada uno de los muros es diferente para cada período, según la frecuencia dada en minutos.

Para el muro Oeste, la dirección del viento predomina hacia el Norte. En el mes de enero el patrón de los vientos va de Noroeste a Sur (en sentido de las manecillas del reloj) y en agosto se presentan de Norte a Suroeste (en sentido contrario de las manecillas del reloj, Fig.12a).

Por el contrario, el muro Noreste presenta patrones distintos en la dirección del viento. En enero la trayectoria del viento fue de Sureste a Este, siendo predominante la dirección Sureste. Para agosto, van de Oeste a Norte y esta última dirección es la que predomina (Fig.12b).

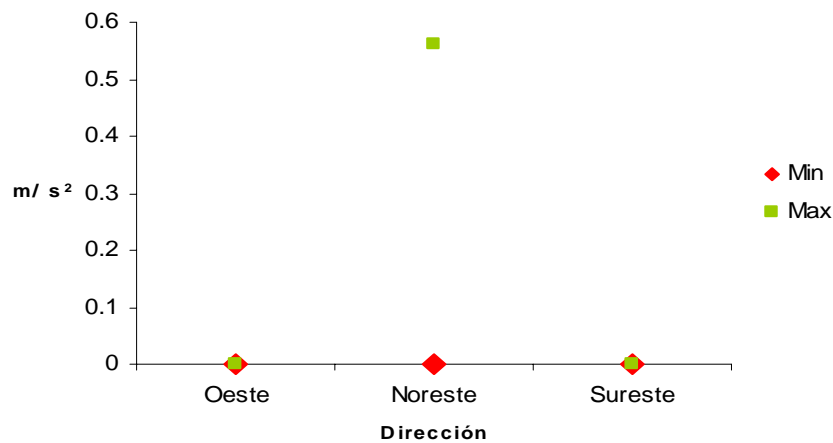


Fig. 10. Gráfica de velocidad de viento (Enero, 2007)

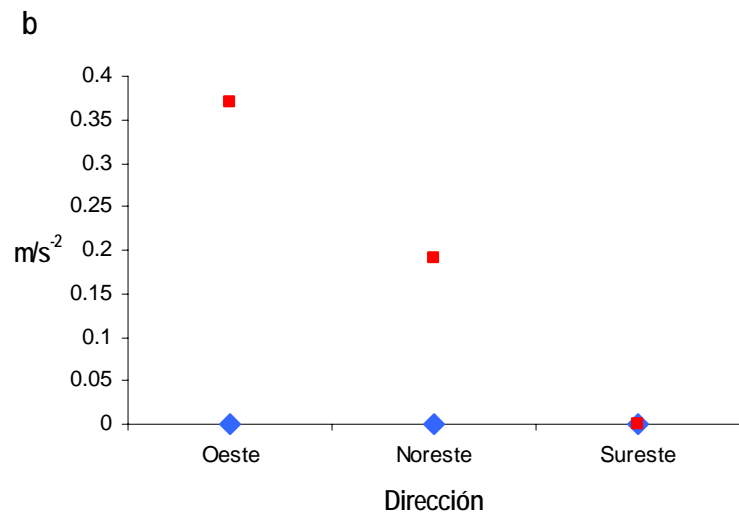
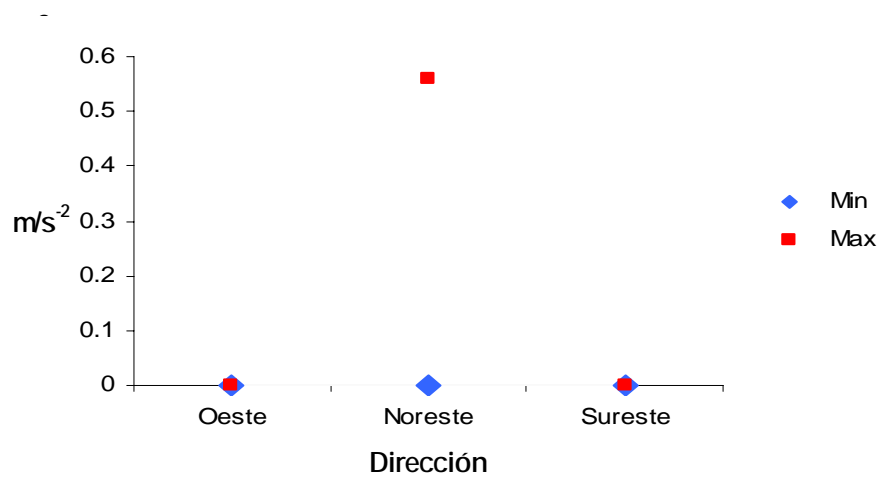


Fig. 11. Gráficas de las ráfagas de viento (2007). a) Enero, b) Agosto

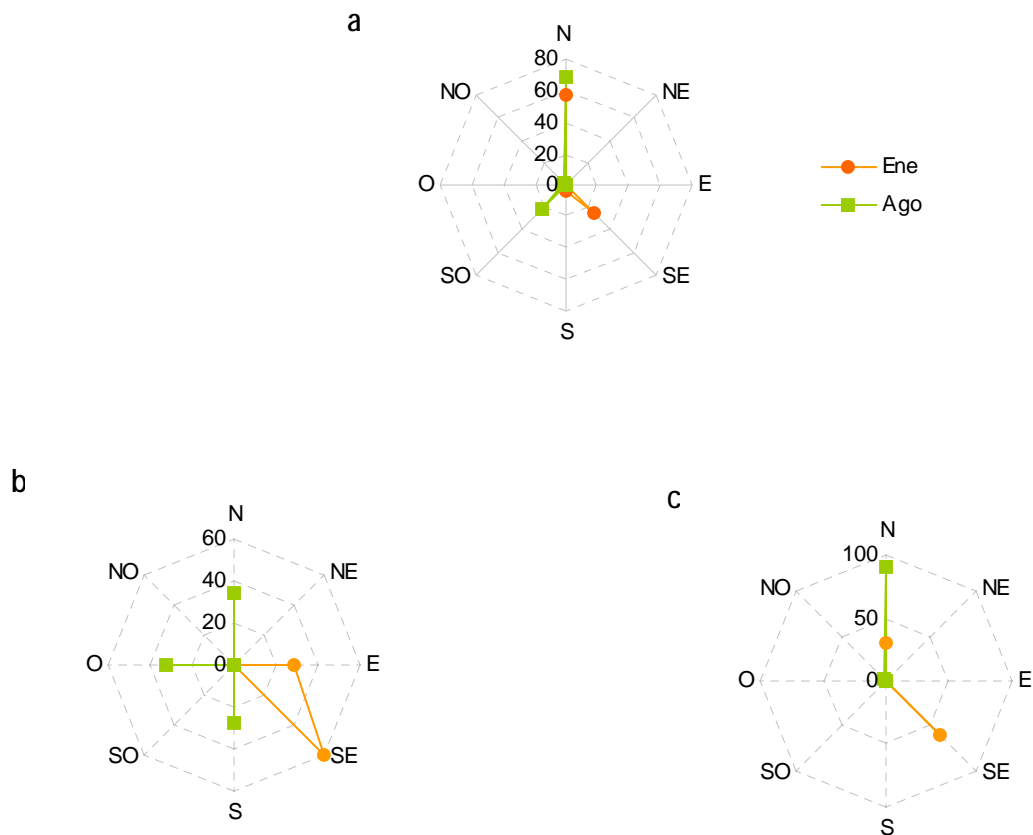


Figura 12. Gráficas de dirección de viento por muro (2007). a) Oeste, b) Noreste, c) Sureste

Para el muro Sureste, el viento no cambia constantemente, al igual que en el resto de los muros, predomina la dirección Norte; en el mes de agosto siempre va hacia el norte, y en enero de Norte a Sureste (en sentido de las manecillas del reloj, Fig.12c)

Especies

Se identificaron un total de 26 especies pertenecientes a 10 géneros diferentes, *Aphanothece*, *Gloeothece*, *Synechococcus*, *Synechocystis*, *Aphanocapsa*, *Gloeocapsa*, *Chondrocystis*, *Chroococcus*, *Gloeocapsopsis* y *Cyanosarcina*. Los géneros con mayor número de especies son *Gloeocapsa* y *Chroococcus* (Fig. 13). La presencia de las especies varía a lo largo de las tres recolectas. Del total de las especies, sólo *Gloeothece* sp. 1 y *Gloeocapsa atrata* se presentan en los tres periodos de recolección. El resto de las especies en su mayoría se registran sólo para un período; en general el mayor número de especies se registra para el mes de agosto de 2006 (Tabla 4).

En cuanto a la distribución de las especies, se observa que más de la mitad de éstas se encuentran en crecimientos que se desarrollan sobre el muro en dirección Oeste, a diferencia de los otros muros en donde la cantidad de especies que se desarrolla es considerablemente menor o nula (Tabla 5).

Las muestras son muy heterogéneas en cuanto al número de especies que las componen, y en cuanto al número de especies que se encuentran en el mismo crecimiento (Tabla 6).

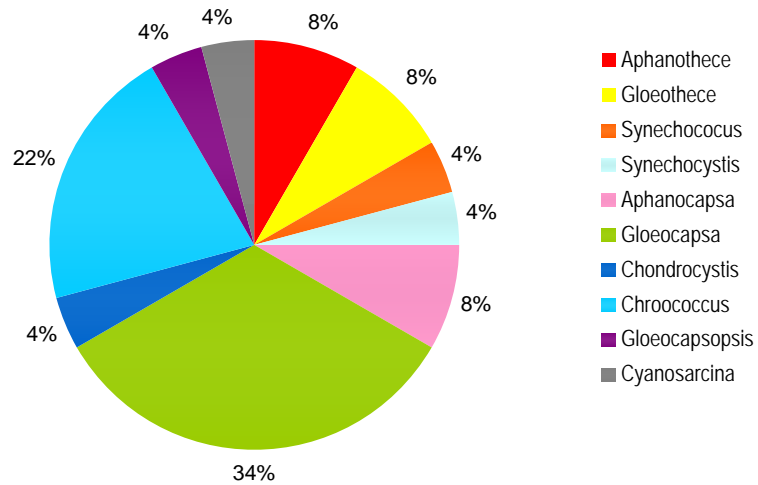


Fig. 13. Distribución porcentual de las especies presentes en el Conjunto Murciélagos descritas en las tres recolecciones.

Tabla 4. Presencia de las especies en las tres fechas de recolección.

| Especies | Agosto 2006 | Enero 2007 | Agosto 2007 |
|-------------------------------------|-------------|------------|-------------|
| <i>Aphanothece castagnei</i> | X | | X |
| <i>Aphanothece saxicola</i> | X | | |
| <i>Aphanothece sp. 1</i> | | X | |
| <i>Aphanothece sp. 2</i> | X | | |
| <i>Gleothece sp. 1</i> | X | X | X |
| <i>Gleothece palea</i> | X | | |
| <i>Synechococcus elongatus</i> | X | | |
| <i>Synechocystis pevalekii</i> | | X | X |
| <i>Aphanocapsa muscicola</i> | X | | |
| <i>Aphanocapsa sp. 1</i> | X | | |
| <i>Gloeocapsa atrata</i> | X | X | X |
| <i>Gloeocapsa caldariorum</i> | X | | |
| <i>Gloeocapsa aeruginosa</i> | X | X | |
| <i>Gloeocapsa compacta</i> | X | | |
| <i>Gloeocapsa quaternata</i> | X | | |
| <i>Gloeocapsa sp. 1</i> | X | | |
| <i>Gloeocapsa sp. 2</i> | | X | |
| <i>Gloeocapsa sp. 3</i> | X | | |
| <i>Chondrocystis dermochroa</i> | X | | |
| <i>Chroococcus varius</i> | X | | |
| <i>Chroococcus</i> cf. <i>tenax</i> | X | | |
| <i>Chroococcus lithophilus</i> | X | | |
| <i>Chroococcus cubicus</i> | X | | |
| <i>Chroococcus sp. 1</i> | | X | |
| <i>Gloeocapsopsis sp. 1</i> | X | | |
| <i>Cyanosarcina sp. 1</i> | X | | |
| Total | 22 | 7 | 4 |

Tabla 5. Distribución de las especies en las tres fechas de recolección, de acuerdo la orientación de los muros.

| Especies | Oeste | Noreste | Sureste |
|--------------------------------------|-------|---------|---------|
| <i>Aphanothece castagnei</i> | x | x | |
| <i>Aphanothece saxicola</i> | x | | |
| <i>Aphanothece</i> sp. 1 | x | | |
| <i>Aphanothece</i> sp. 2 | x | | |
| <i>Gleothece</i> sp. 1 | x | | x |
| <i>Gleothece palea</i> | | | |
| <i>Synechococcus elongatus</i> | x | | |
| <i>Synechocystis pevalekii</i> | x | | |
| <i>Aphanocapsa muscicola</i> | x | | |
| <i>Aphanocapsa</i> sp. 1 | x | | |
| <i>Gloeocapsa atrata</i> | x | | |
| <i>Gloeocapsa caldariorum</i> | x | | |
| <i>Gloeocapsa aeruginosa</i> | x | | |
| <i>Gloeocapsa compacta</i> | x | | |
| <i>Gloeocapsa quaternata</i> | | | |
| <i>Gloeocapsa</i> sp. 1 | x | | |
| <i>Gloeocapsa</i> sp. 2 | x | | |
| <i>Gloeocapsa</i> sp. 3 | | | |
| <i>Chondrocystis dermochroa</i> | x | | |
| <i>Chroococcus varius</i> | x | | |
| <i>Chroococcus</i> cfr. <i>tenax</i> | x | | |
| <i>Chroococcus lithophilus</i> | x | | |
| <i>Chroococcus cubicus</i> | x | | |
| <i>Chroococcus</i> sp. 1 | x | | |
| <i>Gloeocapsopsis</i> sp.1 | x | | |
| <i>Cyanosarcina</i> sp.1 | x | | |
| Total de especies | 25 | 1 | 1 |

Tabla 6. Especies presentes en cada una de las muestras.

| Especies/ Ubicación | BA146 | BA147 | BA148 | BA150 | BA151 | BA152 | BA153 | BA154 | BA155 | BA156 | BA160 | BA287 | BA288 | BA290 | BA291 | BA292 | BA293 | BA295 | BA298 | BA356 | BA357 | BA361 | BA362 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Aphanothece castagnei</i> | | | | | | | | | | X | | | | | | | | X | | | | | |
| <i>Aphanothece saxicola</i> | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Aphanothece</i> sp. 1 | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| <i>Aphanothece</i> sp. 2 | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gleothece palea</i> | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gleothece</i> sp. 1 | X | X | X | X | X | X | | X | | | | X | | | X | | | | X | | X | | X |
| <i>Synechococcus elongatus</i> | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Synechocystis pevalekii</i> | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | X | |
| <i>Aphanocapsa muscicola</i> | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Aphanocapsa</i> sp. 1 | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gloeocapsa atrata</i> | | | X | | | | X | | | | X | X | X | X | | X | X | | | | X | | |
| <i>Gloeocapsa caldarium</i> | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gloeocapsa aeruginosa</i> | | | X | | | | X | X | X | | | | | | | X | | | | | | | |
| <i>Gloeocapsa compacta</i> | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gloeocapsa quaternata</i> | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gloeocapsa</i> sp. 1 | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gloeocapsa</i> sp. 2 | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| <i>Gloeocapsa</i> sp. 3 | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chondrocystis dermochroa</i> | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chroococcus varius</i> | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chroococcus</i> cfr. <i>tenax</i> | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chroococcus lithophilus</i> | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chroococcus cubicus</i> | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chroococcus</i> sp. 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| <i>Gloeocapsopsis</i> sp.1 | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cyanosarcina</i> sp.1 | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | |
| Total de especies por muestra | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 4 | 1 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

DESCRIPCION DE ESPECIES

Cyanoprokaryota
Chroococcales

Synechococcaceae Komárek et Anagnostidis

Aphanothechoideae Komárek et Anagnostidis

Aphanothece Nägeli

Aphanothece castagnei (Brébisson) Rabenhorst (Lámina 1, d-f)

Colonias semiesféricas a esféricas, con una vaina no muy amplia. Las células son cilíndricas de coloración lila. Solo las células de la periferia presentan una vaina individual, pero en general el conjunto de células se encuentran en una vaina común más o menos firme en el margen. No existe un arreglo de células dentro de la colonia, sin embargo la concentración de células es más densa dentro del mucílago. El diámetro es de 3.3 μm y el largo es de 3.3 a 8.3 μm .

La descripción concuerda con lo descrito en la literatura, excepto en que las vainas observadas en los ejemplares del Conjunto Murciélagos generalmente presentan una coloración amarillenta-parda, puede considerarse que tal vez se deba a la época en la que fueron colectados los ejemplares.

Ambientes: Aerofíticas, sobre rocas o musgos húmedos, son comunes en montañas; probablemente cosmopolitas, comunes en zonas templadas de Europa. Según Komárek & Anagnostidis (1999) los registros acuáticos son incorrectos.

Registros: México (Oaxaca, Hidalgo, Chiapas), Argentina, EU, España, Suecia, Alemania, India.

Muestras: BA 156, BA 295

Aphanothece saxicola Nägeli (Lámina 2, a-b)

Crecimiento formado por colonias irregulares y en donde las células no presentan un arreglo dentro de la misma. Las células son cilíndricas con una coloración verde azul muy tenue, sin una vaina individual, sin embargo presentan una común a todas las células, ésta es incolora y sin lamelaciones. En algunas de las células se presenta gránulos de poli-fosfatos. El diámetro de las células es de 1.9-2.6 μm , el largo de 3.3-4.2 μm .

Ambientes: Aéreos y subaéreos en sustratos no calcáreos, rocas y paredes (invernaderos), raramente en madera húmeda, zonas templadas, esporádicas, particularmente en regiones con clima húmedo, los registros para ambientes acuáticos (y/o regiones tropicales) son discutibles.

Registros: México (Morelos), Argentina, EU, España, Hungría, India,.

Muestra: BA 154

Aphanothece sp.1 (Lámina 2, c-e)

Colonias totalmente esféricas con margen muy bien definido, se observan lamelaciones tenues de la vaina hacia el margen. Dentro de las colonias se forman subcolonias delimitadas por una vaina que contiene conjuntos de células, estas vainas son muy delgadas e incoloras. Las células presentan una forma cilíndrica con los extremos redondeados, la coloración es verde más o menos brillante y ligeramente azulada. Las células presentan gránulos (posiblemente de polifosfato) dispuestos a lo largo de la célula. Las células carecen de un arreglo dentro de la colonia, sin embargo se encuentran concentradas más densamente hacia el centro sin llegar a tocar la periferia. El diámetro de las células es de (3.0) 3.3-4.5 μm por 5.7-8.5 μm de largo.

No se determinó hasta nivel de especie debido a que no coincide con las características de las especies descritas para este género. La especie más cercana es *Aphanothece castagnei*, sin embargo no se asemeja completamente con la descripción, principalmente por la forma de crecimiento, ya que esta especie forma crecimientos amorfos y no tan definidos como las colonias totalmente esféricas que se desarrollan en el Conjunto Murciélagos.

Muestra: BA 292

Aphanothece sp.2 (Lámina 2, f; lámina 3, a)

Crecimiento irregular, amorfo, sin una vaina común a todas las células que son esféricas generalmente a semiesféricas, verde azules con una vaina individual sin lamelaciones y las células agregadas en grupos de 2-4 dentro de un mucílago que en general es común, hialino y homogéneo, sin embargo, en algunas partes de la colonia se observa que la coloración de la vaina es amarillenta y cuando esta condición se presenta, el margen de la vaina es muy gruesa y la coloración se intensifica. Las células no tienen ningún arreglo dentro de la colonia, pero si se encuentran muy cercanas unas a otras, formando un crecimiento denso. El contenido celular es homogéneo. El diámetro de las células es de 2.3-4 μm , el largo de 3.3-5.5 μm .

Se le asigna sp., porque las características de las especies descritas no coinciden con las del crecimiento en el Conjunto Murciélagos, en cuanto a la morfología y las dimensiones.

Muestra: BA 151

Gloethece Nägeli

***Gloethece palea* (Kützing) Rabenhorst (Lámina 7, f)**

Colonias formadas por células de coloración verde azul claro, las células presentan una vaina individual, incolora, el contenido celular es homogéneo. El diámetro de las células es de 2.5-3.3 μm y el largo 5.0 μm sin vaina; 10.0-11.6 μm considerando la vaina.

Ambientes: Aerofítica en rocas y paredes húmedas, cerca de manantiales termales, raramente en suelos húmedos. Según Komárek y Anagnostidis (1999), los registros de hábitats acuáticos y zonas tropicales probablemente pertenecen a otras especies.

Registros: México (Puebla, Morelos, Chiapas). Zonas templadas de Europa, India.

Muestras: BA 154

Gloeothece sp. 1 (Lámina 8, a-c)

Colonias formadas a su vez de subcolonias con células cilíndricas de color lila. El contenido celular es más o menos homogéneo. Las colonias se encuentran conformadas por un número variable de células, cada una de las células presenta una vaina individual hialina, muy amplia y lamelada concéntricamente. La colonia se encuentra dentro de un mucílago común. El ancho de las células es de 5.0-6.6 μm y de 8.3-14.9 μm de largo, sin vaina. El diámetro de las colonias es de 11.6-44.8 μm por 13.3 –54.8 μm de largo. Las colonias se encuentran distribuidas entre crecimientos de otras algas.

Nuestros ejemplares se asemejan a *Gloeothece tepidariorum* (A. Braun) Lagerheim, sin embargo esta especie difiere de nuestro material por que la coloración de las células es verde azule claro, las dimensiones del diámetro de las células son ligeramente mayores de 5-6.2 (9?) μm . *G. tepidariorum* está descrita para ambientes aéreos y atmofíticos, en rocas y paredes húmedas, comúnmente en invernaderos; distribuida en Europa central.

Muestras: BA 146, BA 147, BA 148, BA 150, BA 151, BA 152, BA 154, BA 287, BA 298, BA 357, BA 362

Synechococcoideae

Synechococcus Nägeli

Synechococcus elongatus (Nägeli) Nägeli (Lámina 8, d-e)

Crecimiento laxo de células solitarias o en pares, cilíndricas de coloración verde azul; presentan una vaina individual, incolora, no muy evidente, ya que puede perder la individualidad por la proximidad con las células más cercanas, el contenido celular es homogéneo. La división celular aparece de diferentes formas. Presenta células de involución (funcionan como esporas). El diámetro de las células es de 2.0-6.0 μm , el largo de 5.0- 7.9 μm . Crecimiento dominante, en él se encuentran creciendo otras algas.

Según Komárek y Anagnostidis (1999) los registros para los países y/o biotopos tropicales deben revisarse.

Registros: Primer registro para México. Previamente reportada para EU, España, Italia y Hungría.

Muestra: BA 148

Merismopediaceae Elenkin

Synechocystis Sauvageau

Synechocystis pevalekii Ercegovic (Lámina 8, f)

Células solitarias agregadas sin llegar a formar verdadera colonias. Las células son esféricas a semiesféricas, con una vaina poco notable y poco densa, la coloración de las células es verde claro a verde olivo ligeramente brillante; las células no presentan un arreglo dentro de la colonia, sin embargo, en el centro del crecimiento se presenta una mayor concentración de células muy compactas, mientras que en los márgenes se encuentran más separadas. El diámetro de las células es de 3.3-5.0 μm . Las dimensiones que cita la literatura son ligeramente menores a las mencionadas anteriormente, 2.4-3.5 μm .

Ambientes: Subaerofítica, en el mucílago de algas epilíticas, en rocas calcáreas; los registros para biotopos acuáticos son cuestionables.

Registros: México (Yucatán), Centro y Sur de Europa, España, Croacia.

Muestras: BA 290, BA 361

***Aphanocapsa* Nägeli**

***Aphanocapsa muscicola* (Meneghini) Wille (Lámina 1, a-b)**

Crecimiento conformado por colonias irregulares compuestas de células esféricas de coloración verde azul claro. Las células no tienen vainas individuales y el crecimiento se presenta en forma de grupos compactos grandes y pequeños, así como un arreglo laxo de las células. El diámetro de las células es de 3.0-3.5 μm .

Ambientes: Aerofítica, en rocas húmedas, madera y suelo; sobre todo en zonas templadas.

Registros: México (Oaxaca, Estado de México), Europa, India.

Muestras: BA 147, BA 148

***Aphanocapsa* sp. 1 (Lámina 1, c)**

Colonias pequeñas, irregulares formadas por células esféricas en su mayoría, a ligeramente cilíndricas, de coloración verde azul claro, carecen totalmente de vainas individuales, pero se encuentran compartiendo un mucílago incoloro y margen muy difusivo. Las células se encuentran dispuestas de manera laxa dentro del crecimiento. El diámetro de las células 1.7-3.0 μm .

No se determinó la especie debido a que, aunque se asemeja a *Aphanocapsa fusco-lutea* Hansgirg, difiere en el tipo de crecimiento ya que las células se encuentran en pares, además de que las dimensiones de las células que se describen anteriormente para el Conjunto Murciélagos son menores a las que describe la literatura.

Muestra: BA 148

Microcystaceae Elenkin

***Gloeocapsa* Kützing**

***Gloeocapsa atrata* Kützing (Lámina 5, e-f; lámina 6, a-b)**

Crecimiento formado por colonias semiesféricas grandes (2-8 células). Células esféricas de coloración verde azul con una vaina amplia incolora, poco rígida y lameladas (generalmente una capa), ligeramente azulada. El contenido celular es homogéneo. Diámetro de las células 3.3 μm , y 6.6-8.3 μm considerando las vainas.

Respecto a lo que describe la literatura las características corresponden a la especie mencionada, sin embargo, sólo se asemeja a una parte del ciclo de vida que muestran Komárek y Anagnostidis (1999). Por otro lado, en la descripción y figura de Geitler (1930-1932) se muestran las vainas más cercanas a las células y no tan amplias como las de que representa Komárek y Anagnostidis (1999). Estos últimos también mencionan que los registros para zonas tropicales deben de ser revisados, sin embargo el crecimiento macroscópico se presenta de la misma forma en la que se describe en la literatura: colonias usualmente macroscópicas, en forma de masas gris oscuro o verde-grisáceo, compuesto de muchas subcolonias, algunas veces confluyente. Las subcolonias contienen usualmente 2-4

a más células con vainas individuales y unidas con vainas a partir de la 2ª generación. Esta descripción coincide con los crecimientos encontrados en la zona arqueológica.

Ambientes: Subaérofítica, en rocas húmedas, paredes, entre musgos, raramente en suelos húmedos..

Registros: Centro y norte de Europa, según Komárek y Anagnostidis (1999) acerca de la verdadera distribución no se sabe nada (pues muchas son identificaciones incorrectas); probablemente a lo largo de la zona templada, incluyendo Sudamérica. Numerosos registros para las regiones tropicales deben ser revisados.

Muestras: BA 148, BA 153, BA 287, BA 288, BA 290, BA 292, BA 293, BA 356

***Gloeocapsa caldariorum* Rabenhorst (Lámina 6, c-d)**

Crecimiento irregular formado por colonias con células esféricas de coloración verde azul, con una vaina incolora, individual para cada una de las células, muy lameladas y próximas unas con otras. Las células se encuentran arregladas aparentemente en pares. El contenido celular tiende a ser granular. El diámetro de las células es de 3.3-5.0 (8.0) μm y considerando las vainas de 19.9 μm .

Las características de nuestros ejemplares se asemejan a *G. polydermatica* descrita por Desikachary (1959), sin embargo no utilizamos este nombre porque el ejemplar tipo de esta especie es una Chlorophyta, y ahora es un sinónimo de *G. caldariorum* según Komárek y Anagnostidis (1999).

Ambientes: Subaérofítica, en rocas húmedas, paredes, en invernaderos, raramente en suelos; la distribución geográfica debe ser examinada con base en identificaciones correctas.

Registros: Centro de Europa. Probablemente cosmopolita.

Muestra: BA 152

***Gloeocapsa aeruginosa* Kützing (Lámina 5, a-d)**

Crecimiento ligeramente compacto formado por colonias en su mayoría esféricas, en algunos casos raramente semiesféricas con células esféricas verde azules que generalmente tienen una vaina particular, más o menos amplia, y lamelada concéntricamente, no obstante, se presentan algunos grupos de células que se encuentran en una vaina común. El diámetro de las células es menor o igual a 1.7 μm y considerando la vaina 5.0-6.0 μm .

Las dimensiones son ligeramente menores a lo que cita Komárek y Anagnostidis 1999 y esto puede deberse a la época del año en que fue recolectada.

Ambientes: Aerofítica, en humedad, principalmente en roca caliza, descrita para la zona central de Europa, no se sabe nada acerca de sus patrones de distribución, posiblemente cosmopolita, comúnmente registrada en países tropicales, probablemente bajo diferentes conceptos de autores.

Registros: México (Estado de México, Jalisco, Michoacán), Argentina, Suecia, Java.

Muestras: BA 148, BA 153, BA 154, BA 288, BA 292

***Gloeocapsa compacta* Kützing (Lámina 6, e)**

Crecimiento irregular, ligeramente compacto. Las células son esféricas de color verde azul claro, con vainas individuales más o menos amplias, sin lamelaciones, las vainas se presentan considerablemente gruesas sobre todo en el margen con una coloración violeta. Se observa una vaina firme e incolora en donde se encuentran un grupo de células. El diámetro de las células 2.2-3.1 μm .

Ambientes: Subaérea, usualmente en roca calcárea y corteza de árboles, en tierras bajas hasta montañas, comunes en alta montaña. Los datos marinos pertenecen evidentemente a otras especies.

Registros: México (Quintana Roo), Europa central, Escandinavia, Italia, España.

Muestra: BA 152

***Gloeocapsa quaternata* (Brébisson) Kützing (Lámina 6, f; lámina 7, a)**

Células que se encuentran solitarias o en grupos de más de 16 células, formando colonias irregulares. Cuando las células son solitarias, esféricas, cuando se encuentran en colonias van de esféricas a irregulares. Cada célula presenta una vaina individual y se encuentran agregadas por una común en las colonias, La mayoría de los márgenes de las colonias son gruesos y rígidos con una vaina densa, que presentan una coloración pardo amarillenta aunque existen algunas colonias en las que se presenta incoloro, en general son muy lameladas y más o menos amplias, además, aparentemente ornamentadas aunque no se llega a distinguir del todo (ligeramente granulosa). La disposición de las células va de laxa a densa según el número de células que se presenten. El diámetro de las células es de 3.0–6.0 μm ; el largo de 8.3-9.0 μm .

En la descripción de Gardner (1927), el diámetro de las células es de 3.2-4.5 μm y 6.7 μm de largo, es decir, el intervalo es menor; sin embargo la descripción que hace Ramírez (2006), el diámetro es de 5-6.5 μm y el largo 6-8.5 μm .

Registros: México (Chiapas), Puerto Rico.

Muestra: BA 160

***Gloeocapsa* sp. 1 (Lámina 7, b)**

Crecimiento formado por colonias esféricas a semiesféricas con grupos hasta de 8 células en una vaina claramente lamelada, las vainas son incoloras, más o menos amplias y se notan gruesas en el margen. Las células se encuentran generalmente en pares. La coloración de las células es azulosa a ligeramente morada en algunos casos; el contenido celular es homogéneo aunque en todas se presenta un gránulo oscuro. Diámetro de las células 1.9-3.5 μm .

Es importante mencionar que no se determinó la especie debido a que no coincide con ninguna de las descripciones accesibles, sin embargo a la especie a la que más se acerca es a *Gloeocapsa atrata*, de la que difiere porque las dimensiones son mayores en esta especie a las descritas anteriormente.

Muestra: BA 153

***Gloeocapsa* sp. 2 (Lámina 7, c)**

Crecimiento irregular, ligeramente compacto, formado por agregados de células, en ocasiones se encuentran solitarias o en pares, éstas son esféricas a semiesféricas de coloración verde azul claro ligeramente brillante. Se presenta una vaina individuales, estas son densas, amplias y lameladas, además hay una común para conjuntos de células. La coloración de las vainas es de vino a violeta, en general la coloración es muy oscura, son considerablemente más gruesas en el margen y además se observa que el margen no es liso si no que parece estar granulado al contrario de las vainas más internas, cercanas a las células. El diámetro de las células es de 2.2-3 μm .

A la especie que más se asemeja es a *Gloeocapsa compacta*, según Komárek y Anagnostidis (1999), sin embargo difiere en la ausencia de las lamelaciones, además, la pigmentación de las vainas es descrita como parcial en el crecimiento mientras que en nuestros ejemplares se presentan en todas las vainas.

Muestra: BA 288

***Gloeocapsa* sp 3. (Lámina 7, d-e)**

Crecimientos generalmente irregulares aunque en algunas ocasiones se presentan colonias muy bien definidas sin un arreglo general de las colonias, llegan a formar agregados esféricos de células con sus respectivas vainas arregladas de una forma compacta dentro de vainas comunes. Las células son esféricas, verde oliva a amarillentas, se encuentran solitarias o en pares dentro de una vaina individual para cada una. Las vainas son más o menos amplias, acuosas y homogéneas con una coloración lila que se hace más intensa en el margen al igual que se vuelven mas gruesas en el mismo, sin embargo, en ocasiones se encuentran algunas células rodeadas por vainas incoloras, probablemente representando alguna etapa del ciclo de vida. Las lamelaciones que presenta son muy tenues y apenas y se alcanzan a percibir. El diámetro de las células de 2.0-2.6 (3) μm .

La especie a la que más se asemeja es *Gloeocapsa compacta* pues las medidas descritas son muy cercanas a las que presenta el crecimiento, sin embargo el arreglo del crecimiento difiere y no se registran los estados juveniles que menciona la literatura en cuanto a la coloración de las vainas.

Muestra: BA 160

Chondrocystis Lemmermann

***Chondrocystis dermochroa* (Nägeli) Komárek et Anagnostidis (Lámina 3, b)**

Crecimiento irregular de células que se encuentran agregadas en paquetes de forma muy compacta, generalmente esféricas, aunque también se presentan ligeramente cilíndricas, las vainas son individuales que se llegan a distinguir en ocasiones aunque generalmente son casi imperceptibles. En muchos casos las vainas se presentan muy cercanas a las células, estas en su mayoría son muy gruesas en el margen; se presenta una vaina común a conjuntos de células y en la periferia de la colonia es muy gruesa, con una coloración amarillenta. El diámetro de las células es de 1.7-3.3 (4) μm .

Ambientes: Subaérea, usualmente en roca caliza, en rocas con flujos de agua periódicos, en zonas rocosas de lagos, raramente en el nivel del agua en los ríos.

Registros: Europa central.

Muestra: BA 160

Chroococcaceae Nägeli

Chroococcus Nägeli

Chroococcus varius A. Braun in Rabenhorst (Lámina 4, d)

Crecimiento pequeño agregado, las células se encuentran en pares estas son de coloración verde azul brillantes, semiesféricas, con una vaina hialina, más o menos amplia, gruesa en el margen y no lamelada. El contenido de la célula es homogéneo. El diámetro de las células es de 1.7 μm , el grosor de la vaina es de 2.5 μm .

Las dimensiones que presenta son ligeramente menores a las citadas por Komárek y Anagnostidis (1999) y Desikachary (1959) quienes registran un diámetro de 2-4 μm .

Ambientes: Aérea, epilítica, en paredes y rocas húmedas, en invernaderos.

Registros: México (Estado de México, Oaxaca, Chiapas, Jalisco), Argentina, EU, Europa, España, Vietnam.

Muestra: BA 147

Chroococcus *cf.* *tenax* Kirchner (Lámina 3, c-e)

Crecimiento de células en pares, semiesféricas de tonalidad verde azul, con una vaina hialina, amplia, poco densa y ligeramente lamelada. Las células tienen distribuidos gránulos de polifosfato (pequeñas manchas amorfas, oscuras y distribuidas en toda la célula). Sus dimensiones son 11.6–12.0 μm de diámetro por 18.3 μm de largo.

Estos ejemplares se parecen a *Chroococcus tenax* porque de acuerdo a la descripción que hacen Komárek y Anagnostidis (1999) y Desikachary (1959) las vainas son fuertemente lameladas, es probable que en las poblaciones de la fecha en la que fueron colectadas, las lamelaciones de la vaina sólo están ligeramente marcadas. Además la dimensiones se encuentran por debajo de acuerdo a lo descrito en la literatura por dichos autores: 15-21 μm y 16-21 μm , respectivamente.

Por otro lado, también es importante mencionar que comparte algunas características con *Ch. turicensis* (Nägeli) Hansgirg pero difiere en que las vainas no presentan una coloración amarillenta, y las coloraciones de las células son pardo-amarillentas, estas características concuerdan con la especie que describe Ramírez (2006) y también la confronta con esta especie.

Muestra: BA 152

Chroococcus lithophilus Ercegovic (Lámina 4, a-b)

Crecimiento irregular, sin un arreglo evidente de las células, éstas son semiesféricas, de coloración verde azul, con una vaina común y ligeramente lamelada, sólo el margen de la vaina es muy grueso y presenta una coloración verde-amarillenta. El contenido celular es homogéneo. El diámetro de las células sin vaina es de 4.1–6.6 μm ; con vaina 8.3-10.0 μm .

Ambientes: Aérea, epilítica o endolítica en rocas calizas húmedas.

Registro: Croacia

Muestra: BA 160

***Chroococcus cubicus* Gardner (Lámina 3, f)**

Crecimiento laxo, formado por agrupaciones de 4 células. Las células son de coloración verde azul, semiesféricas dispuestas en pares, con un vaina hialina y ligeramente gruesa en el margen, al dividirse el arreglo de las células toma una forma ligeramente cúbica y en ocasiones se agrupan tres colonias. El diámetro de las células es de 3.0-3.2 μm y las colonias de 4 células de 8.3 μm .

Komárek y Anagnostidis (1999) mencionan que probablemente esta especie pertenezca al género *Cyanosarcina*, sin embargo esto es improbable debido a que las células no se encuentran arregladas densamente, formando aglomeraciones o matas macroscópicas (una de las características que definen a dicho género).

Registros: Especie descrita originalmente para Puerto Rico.

Muestra: BA 150

***Chroococcus* sp 1. (Lámina 4, c)**

Crecimiento pequeño e irregular, donde las células se encuentran en pares, estas son de color lila, semiesféricas, con una vaina muy amplia, hialina, difusa y sin lamelaciones. En todas las células se encuentran distribuidos gránulos de polifosfato. Las colonias se encuentran dispersas entre crecimientos de otras algas. El diámetro de las células es de 14.9-17.0 μm sin vaina y considerando la vaina es de 24.9 μm .

Los ejemplares se asemejan a *Chroococcus spelaeus* Ercegović, sin embargo difieren un poco en la forma de las células, las dimensiones de nuestros ejemplares también se encuentran por debajo de los valores que cita la literatura.

Muestras: BA 293

Gloeocapsopsis

***Gloeocapsopsis* sp. 1 (Lámina 4, f)**

Colonia semiesférica compuesta de células esféricas de coloración verde brillante. Las células se encuentran muy compactas dentro de la colonia, ejerciendo mucha presión entre ellas. En la colonia, en general, la disposición radial de las células provoca que en el margen de la colonia se pueda observar en la vaina la proyección de la forma de las células en forma de hondas, es decir, que el margen no sigue una línea homogénea. Las células se encuentran rodeadas de una vaina incolora y que no es amplia si no que se presenta rodeando a la colonia pegada al margen, esta vaina es ligeramente gruesa en el margen. Para cada una de las células se presenta un gránulo cuya disposición dentro de la célula no es igual en todos los casos. El diámetro de las células es de 1.9-2.0 μm .

Muestra: BA 156

***Cyanosarcina* Kovàcik**

***Cyanosarcina* sp. 1 (Lámina 4, e)**

Colonias formadas por células esféricas a semiesféricas irregulares, de coloración verde azul intenso. No se distinguen vainas individuales. El arreglo de las células es poco compacto dentro de la vaina y aparentemente no se observa un arreglo definido, aunque podría considerarse que las células dan un aspecto de arreglo radial. El diámetro de las células es de 1.9-3 μ m.

La especie a la que mas se semeja es a *Cyanosarcina phartenonensis* Anagnostidis, sin embargo el crecimiento no forma colonias más o menos cúbicas y las dimensiones se encuentran en un rango mucho menor que el descrito por la literatura.

Muestra: BA 156

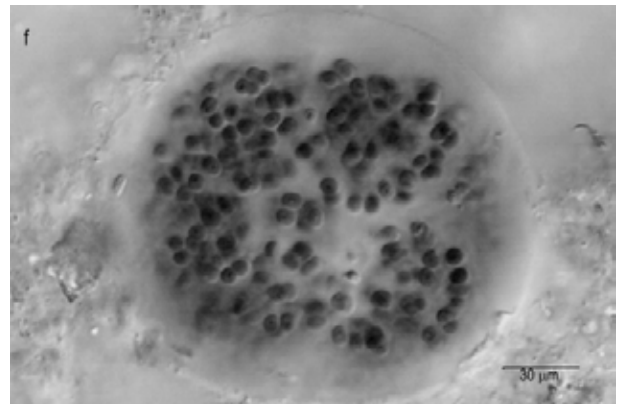
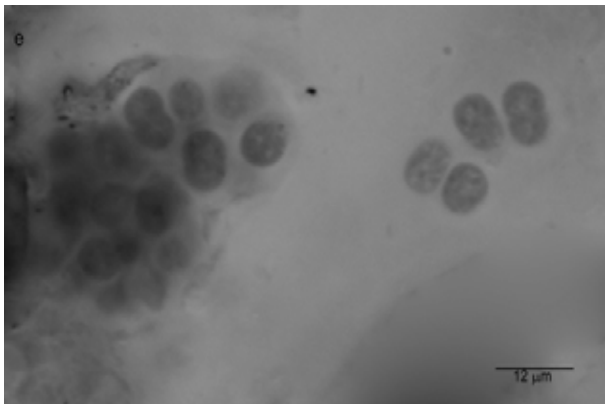
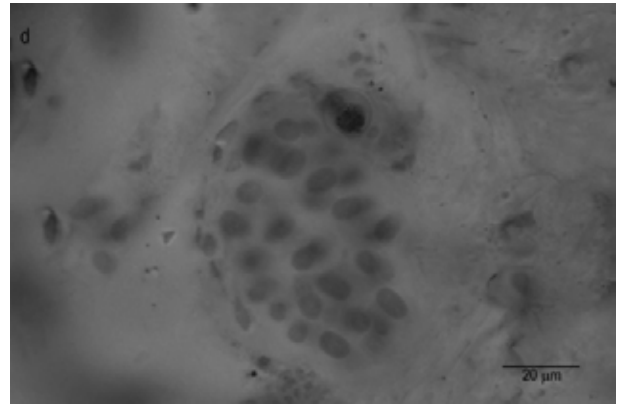
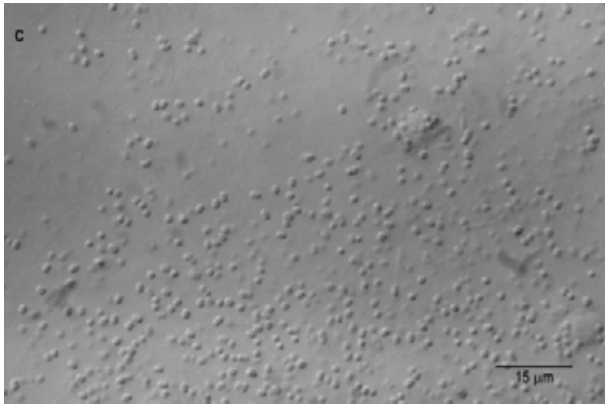
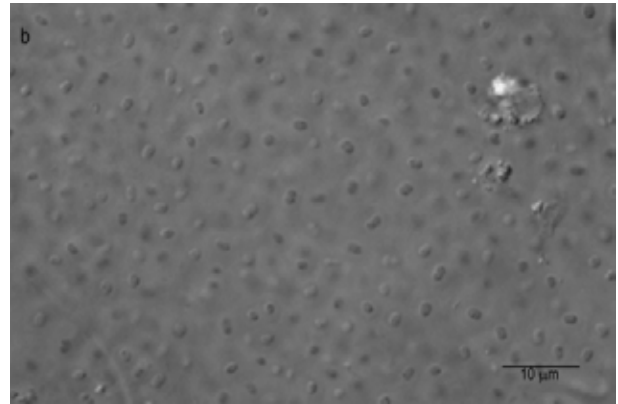
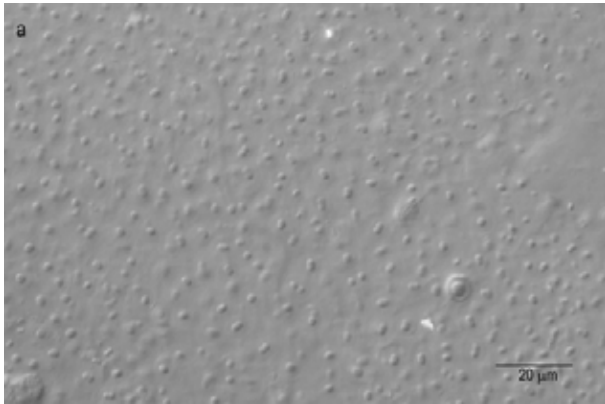


Lámina 1. a-b. *Aphanocapsa muscicola*, arreglo de las colonias; c. *Aphanocapsa sp. 1.*; d-f. *Aphanothece castagnei*.

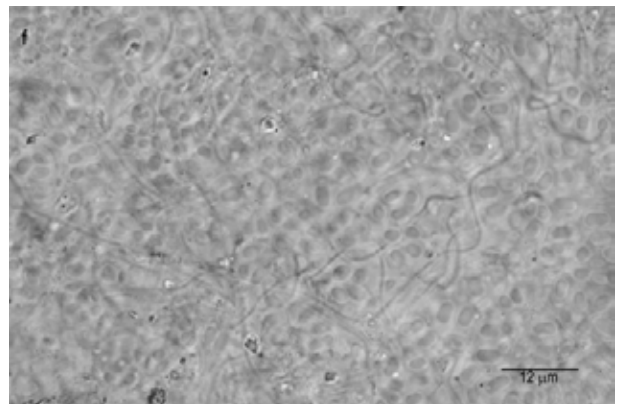
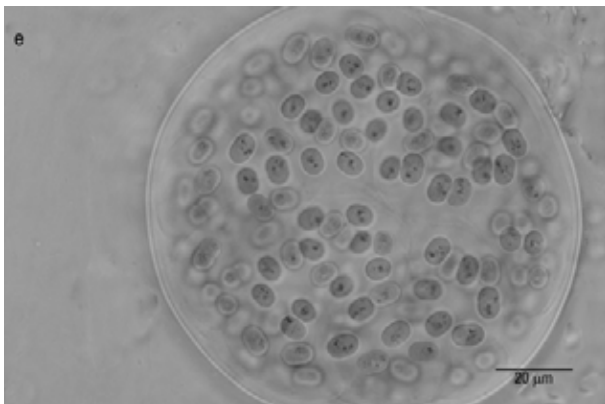
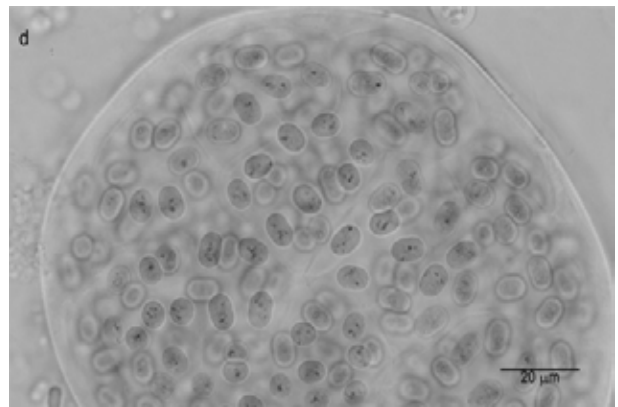
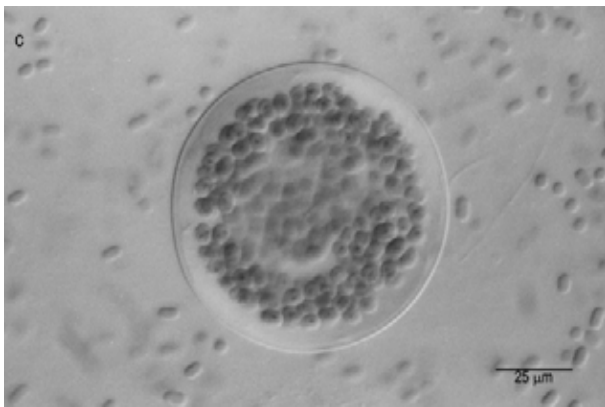
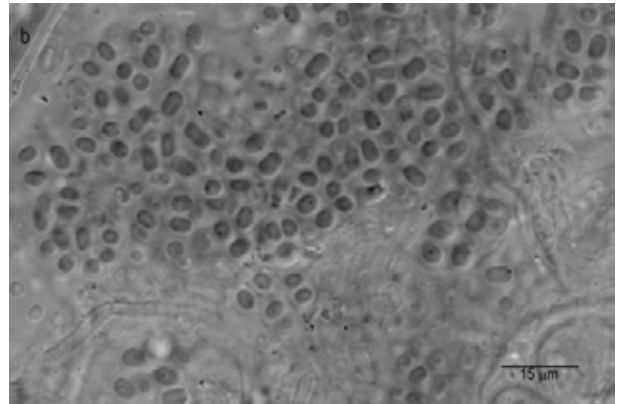
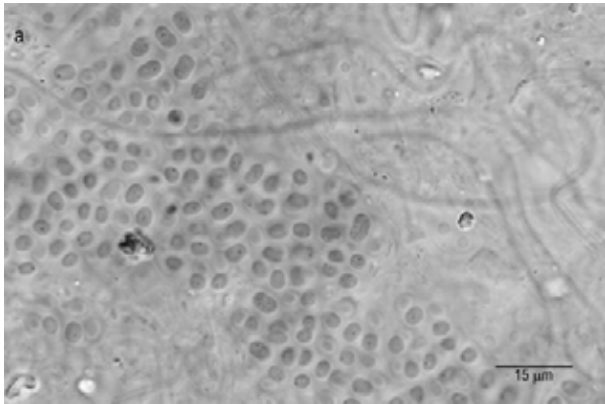


Lámina 2. a-b. *Aphanothece saxicola*, arreglo de crecimiento. c-e. *Aphanothece sp. 1*. f. *Aphanothece sp. 2*

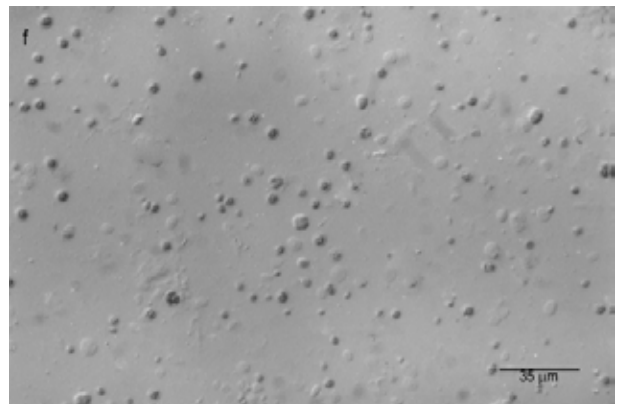
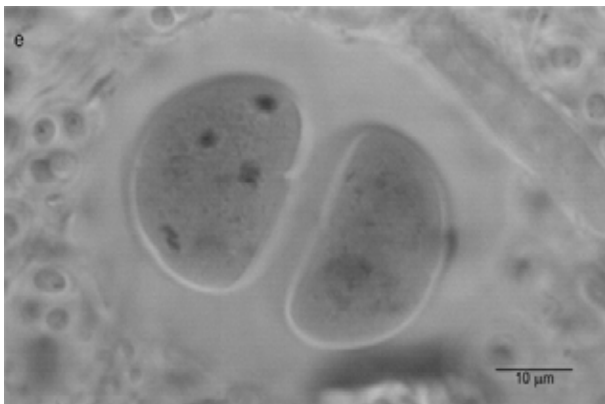
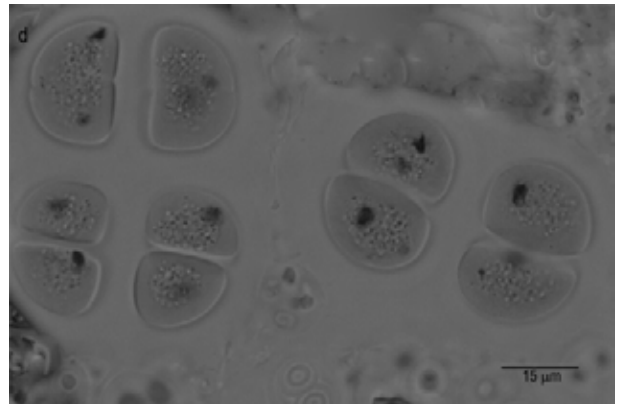
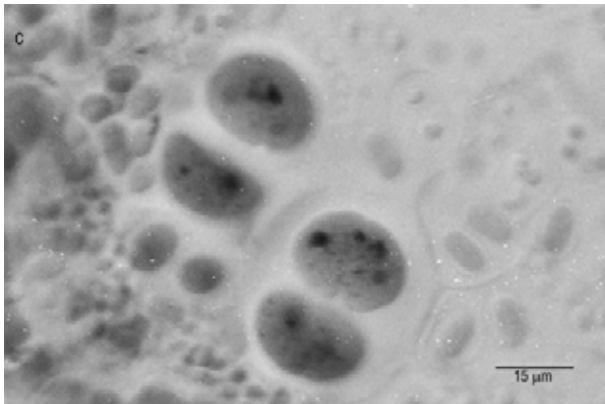
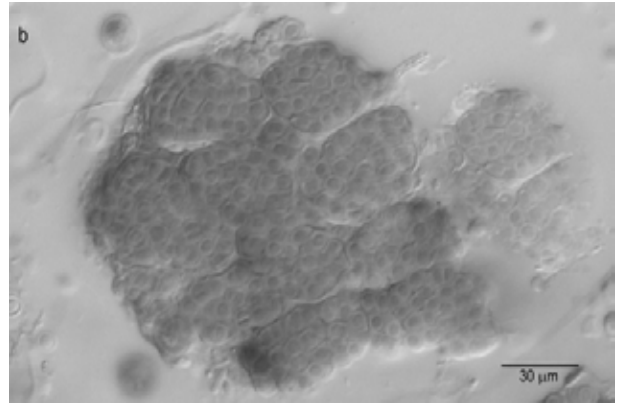
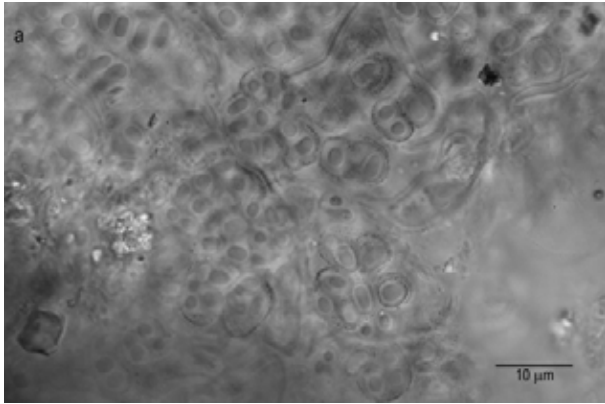


Lámina 3. a. *Aphanothece* sp.2; b. *Chondrocystis dermochroa*.; c-e. *Chroococcus* cfr. *Tenax*; f. *Chroococcus cubicus*.

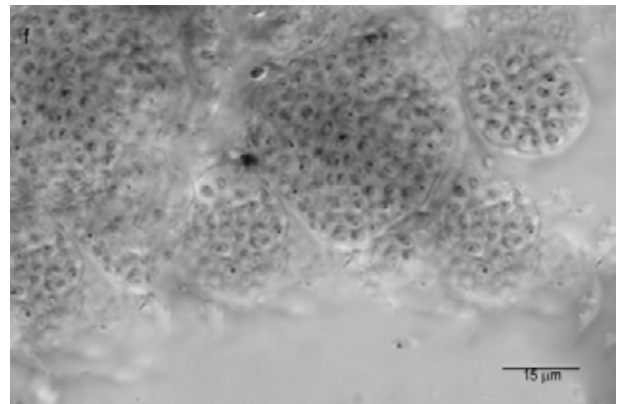
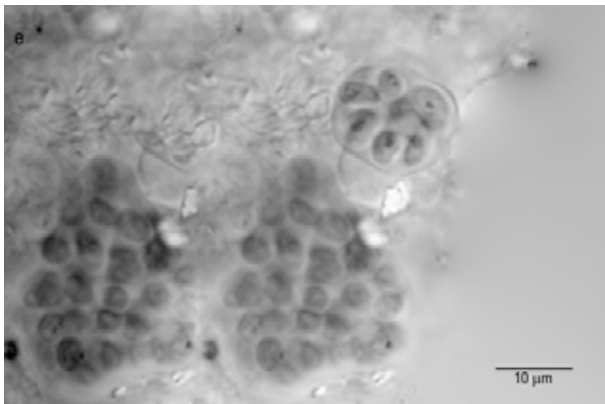
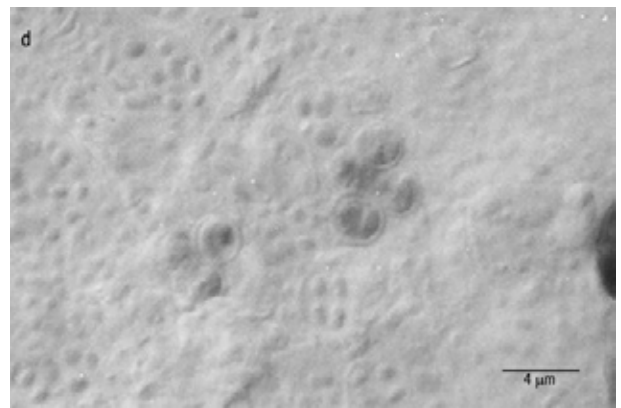
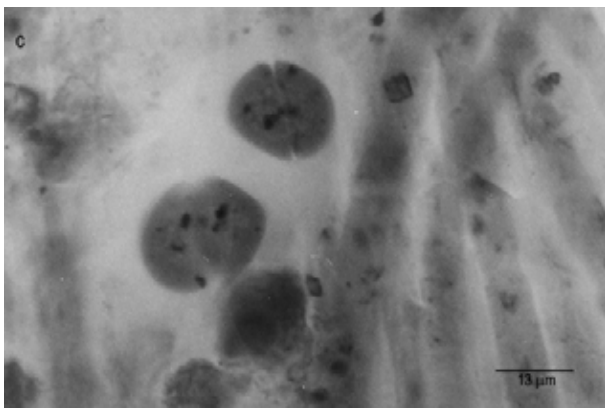
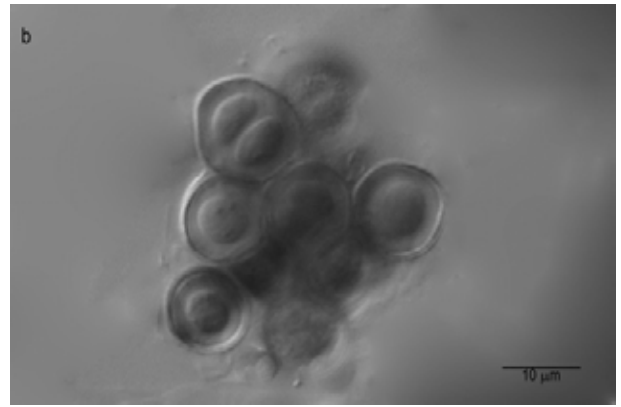
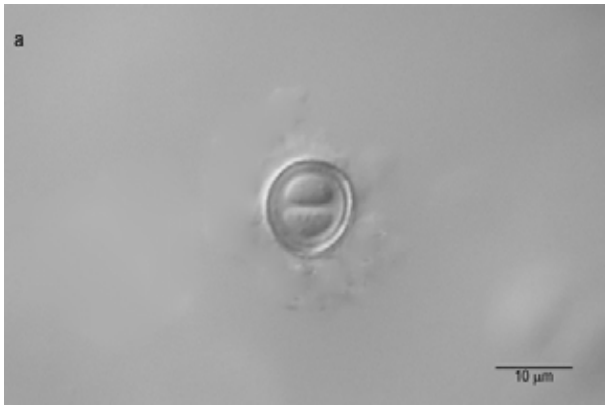


Lámina 4. a-b. *Chroococcus lithophilus*; c. *Chroococcus sp.1*; d. *Chroococcus vairus*; e. *Cyanosarcina sp.1*; f. *Gloeocapsopsis sp.1*.

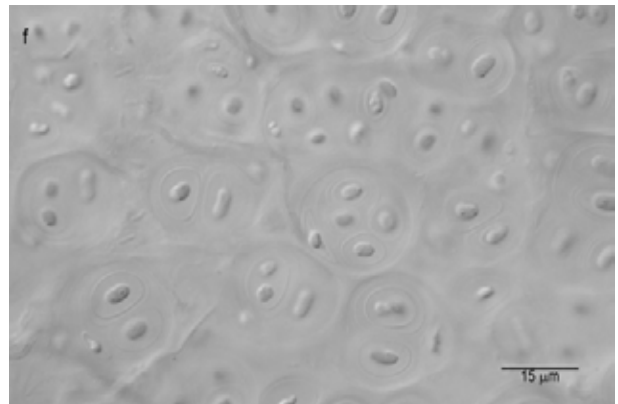
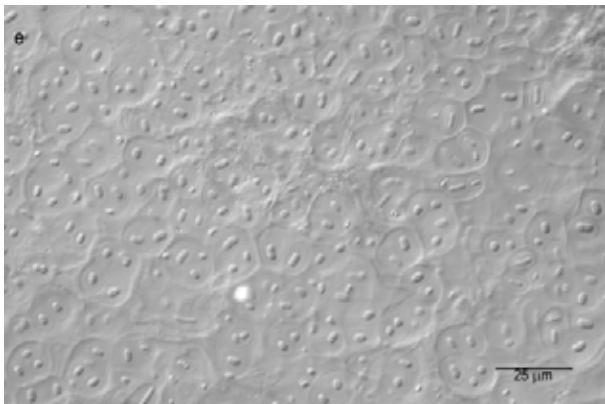
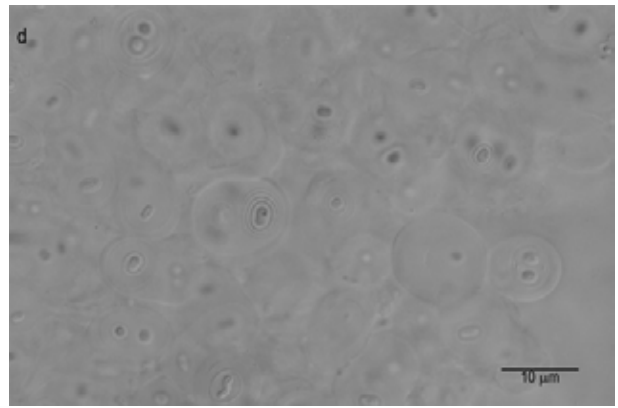
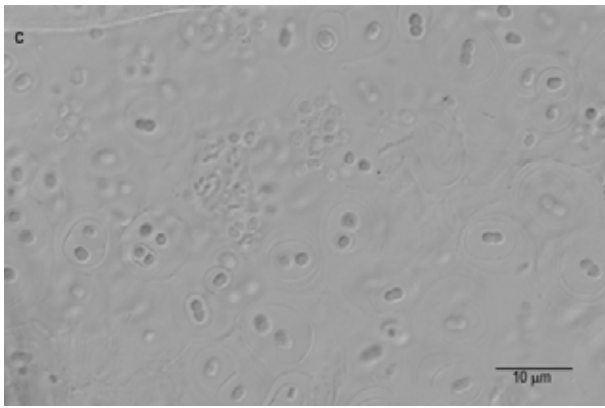
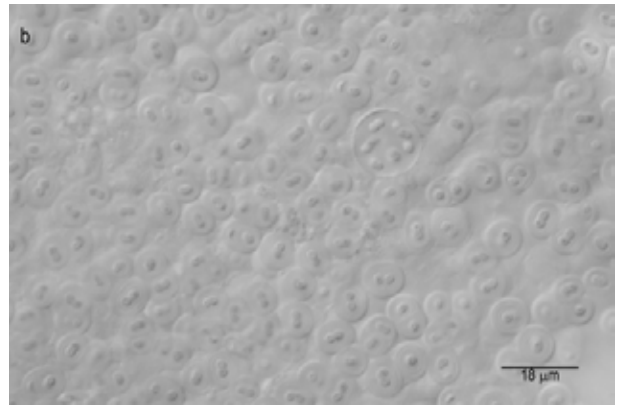
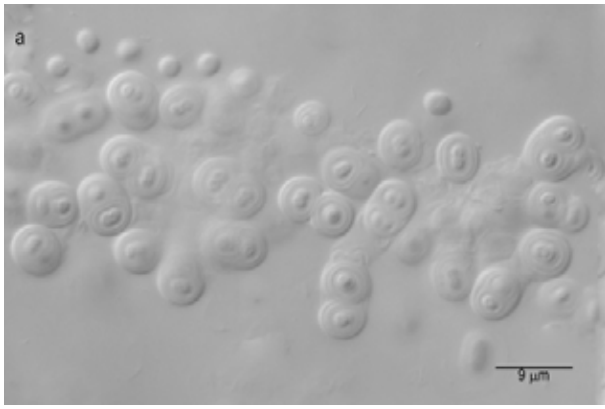


Lámina 5. a-d. *Gloeocapsa aeruginosa*; e-f. *Gloeocapsa atrata*.

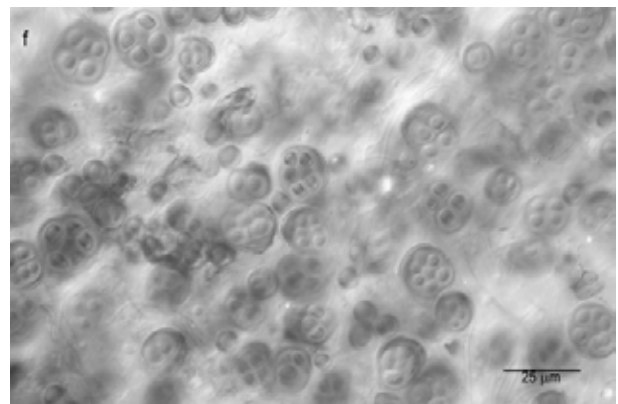
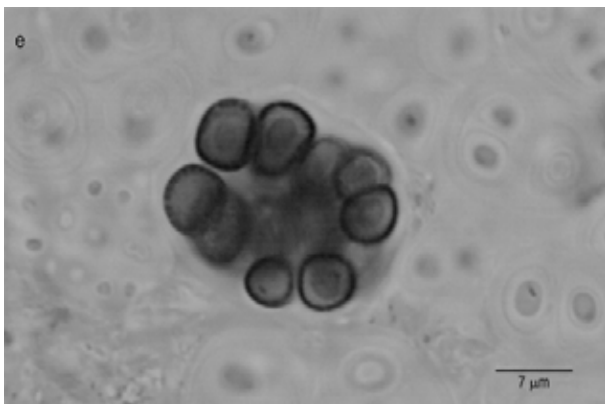
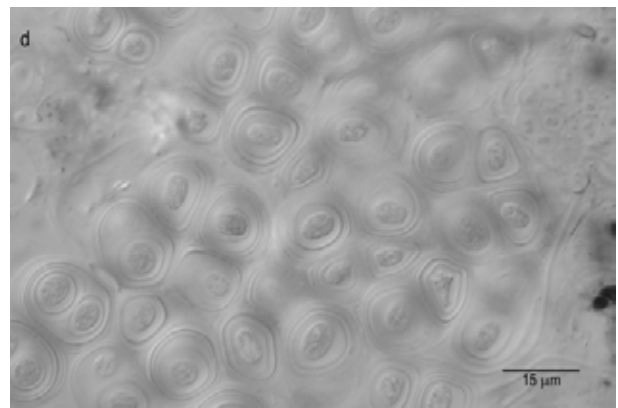
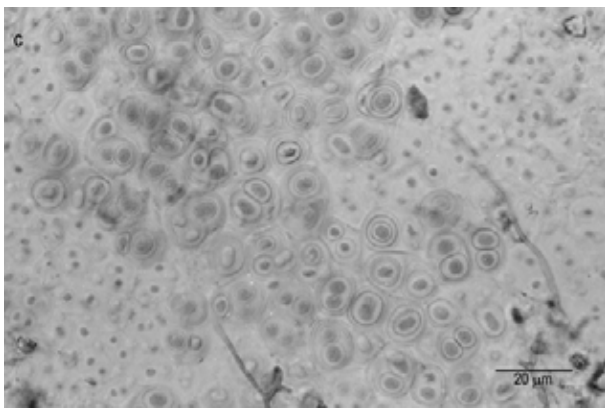
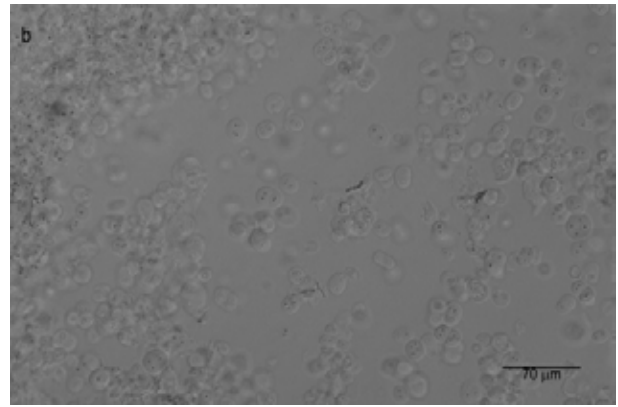
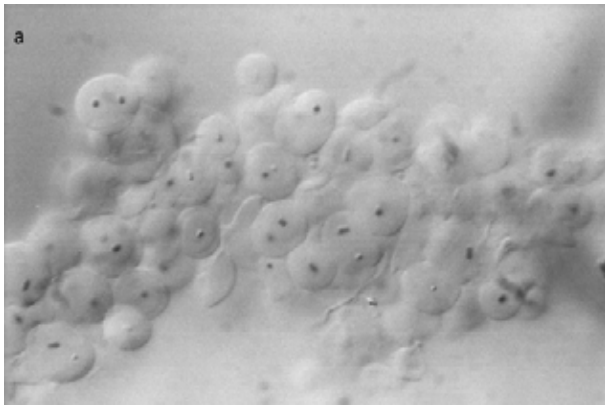


Lámina 6. **a-b.** *Gloeocapsa atrata*; **c-d.** *Gloeocapsa caldariorum*; **e.** *Gloeocapsa compacta*; **f.** *Gloeocapsa quaternata*.

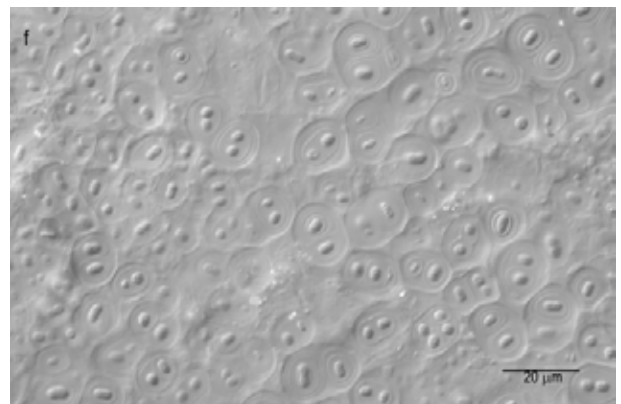
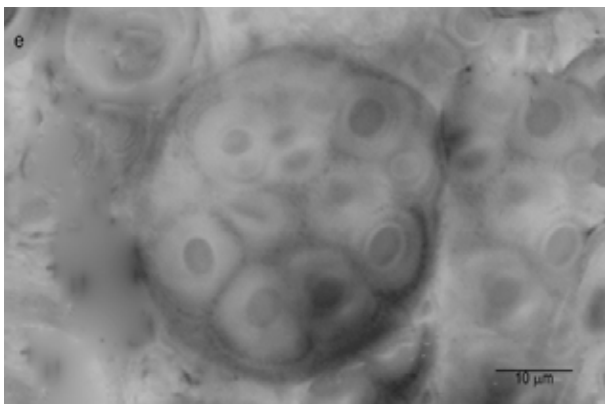
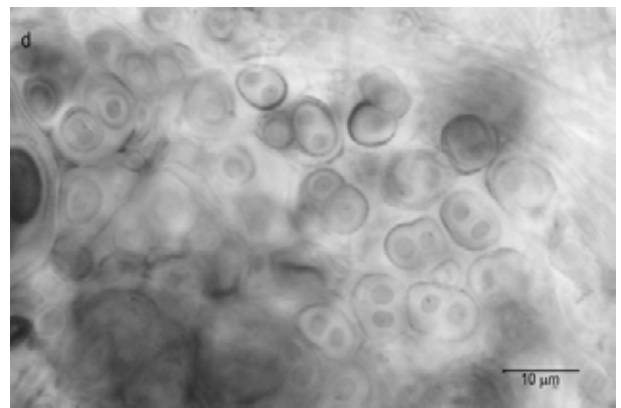
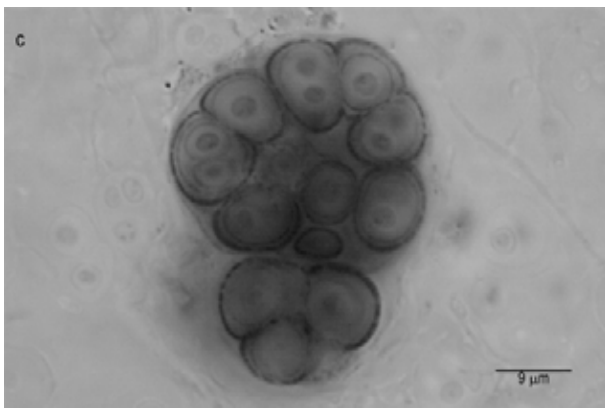
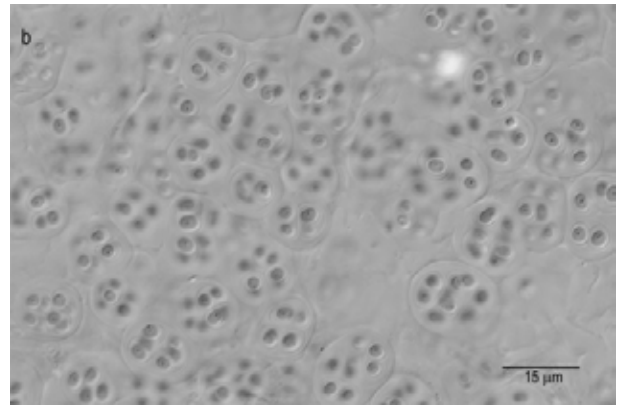
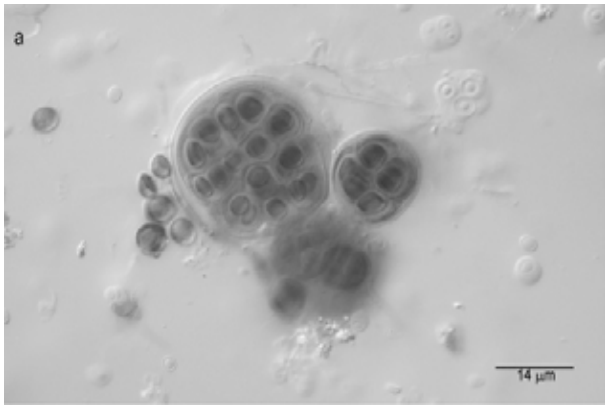


Lámina 7. a. *Gloeocapsa quaternata*; b. *Gloeocapsa* sp. 1; c. *Gloeocapsa* sp. 2; d-e. *Gloeocapsa* sp. 3; f. *Gloeothece palea*.

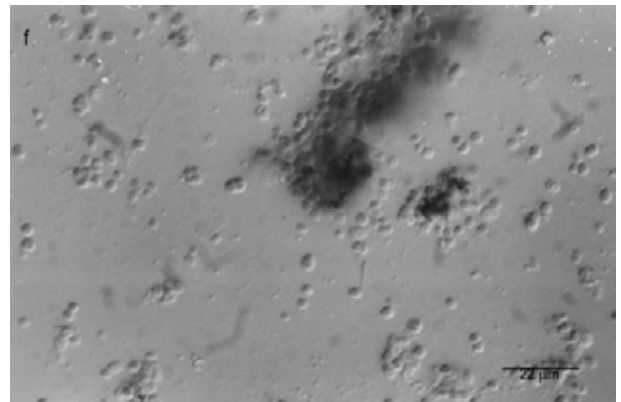
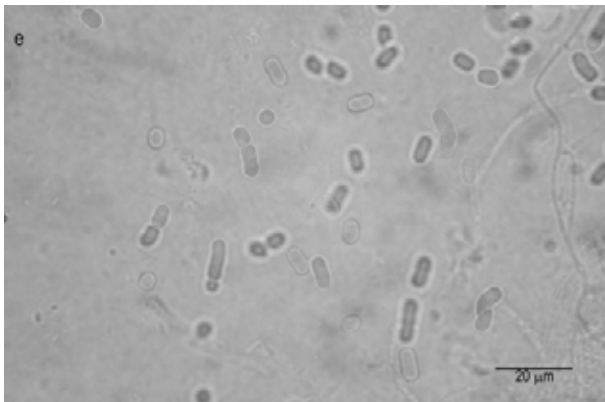
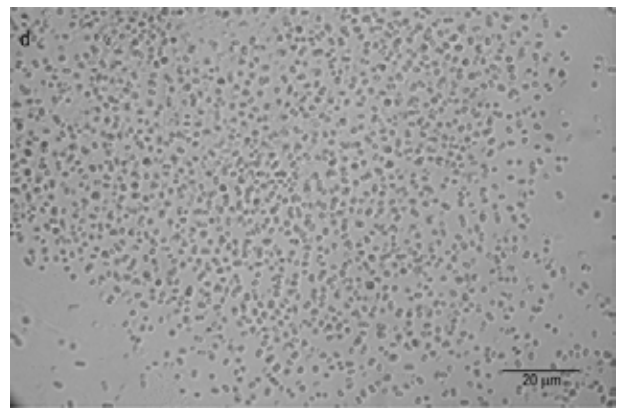
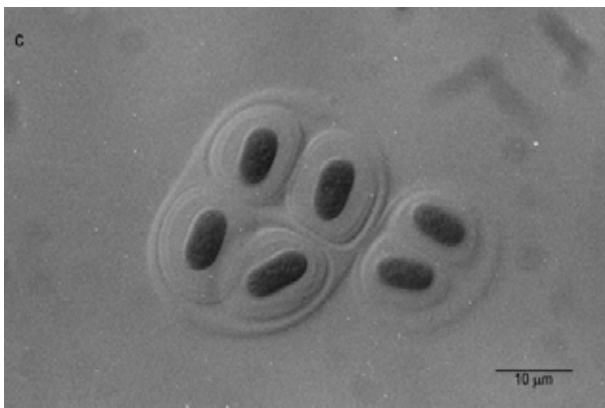
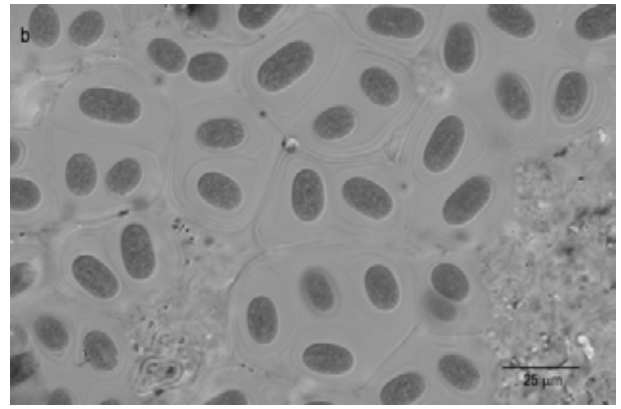
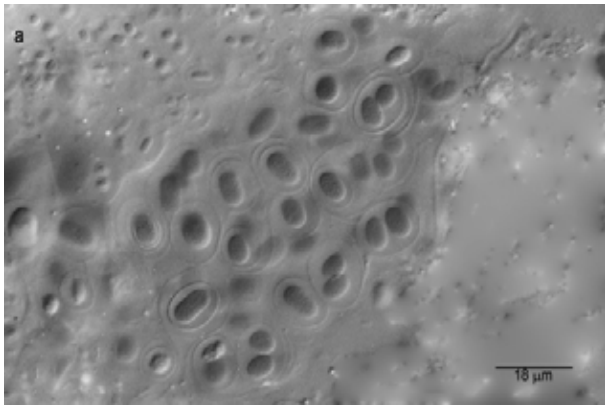


Lámina 8. **a-c.** Gloeotheca sp.1; **d-e.** Synechococcus elongatus; **f.** Synechocystis pevalekii.

DISCUSIÓN

La mayoría de las superficies en ambientes naturales puede ser colonizadas por microorganismos como las algas, incluidos los edificios y monumentos considerados como parte del patrimonio cultural, como en el caso de las construcciones prehispánicas localizadas en la zona arqueológica de Palenque, en el trópico húmedo (Grimaldi 2007; Videla 2000).

Las especies de Chroococcales del Conjunto Murciélagos son muy abundantes y diversas pero difieren de las antes registradas en la zona por Ramírez (2006) y Torres (1991), aunque en general siguen siendo el grupo más representativo dentro de los crecimientos algales que se han caracterizado.

Por las características particulares que presenta el Conjunto Murciélagos, en cuanto a su ubicación, pueden hacerse algunas consideraciones en cuanto a los crecimientos, la composición de especies, los parámetros ambientales y una comparación puntual con el resto de los sitios dentro de la zona arqueológica que ya han sido objeto de estudio anteriormente, las cuales se describen a continuación.

Crecimientos

Se observaron diferentes características en cuanto a los crecimientos, tales como la textura, la coloración y la forma en que éstos se desarrollan (Lámina I - V), estas características están dadas por las especies que los conforman, pero también, es probable que influya en alguna medida la temporada en la que se hayan colectado; esto debido a que la morfología en general de los crecimientos pueda verse influenciada por el grado de humedad, así como por las especies que ahí se desarrollan y la abundancia de éstas, los principales tipos de crecimiento son tapetes, películas (húmedas, pulvulentas, grumosas), mucílagos y costras, los cuales se asemejan a los descritos por Ramírez (2006) y Torres (1991) en otros edificios pertenecientes a esta misma zona arqueológica.

Los crecimientos son heterogéneos en cuanto a los tamaños y formas que presentan, sin embargo en cuanto a su ubicación, es menos variada debido a que la mayoría de ellos se encuentran en la superficie de solamente uno de los muros, el que se encuentra en dirección Oeste.

Especies

Las formas coccoides son predominantes dentro de los crecimientos algales que se desarrollan en el Conjunto Murciélagos, pero no sólo en este edificio en particular sino que es uno de los grupos registrados en la literatura como más abundantes y diversos que se encuentran desarrollándose sobre los monumentos arqueológicos e históricos (Crispim et al. 2004; Tomaselli et al. 2000; Torres 1991; Videla et al. 2000).

Las especies descritas para el Conjunto Murciélagos pertenecen a géneros ya registrados en la literatura para ambientes subaéreos y en particular sobre construcciones en zonas arqueológicas y/o monumentos históricos, como son: *Gloeocapsa*, *Gloeotheca*, *Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Chroococcus*, *Synechococcus*, *Synechocystis*, (Crispim et al. 2003 y 2004; Gaylarde y Gaylarde 2000 y Gaylarde et al 2004; Nogueroles-Seoane & Rifón-Lastra 1996 y 2000; Novelo et al 2006; Ortega-Morales et al. 2000; Ortega-Morales et al 2005; Peraza et al. 2005; Ramírez 2006; Saiz-Jiménez 1999; Torres 1991; Videla et al. 2000 y 2003). En el caso de las especies aéreas pertenecientes a los dos primeros géneros, Komárek (1993) menciona que sus ciclos de vida se ven influenciados por la estacionalidad de las condiciones ambientales, sin embargo es muy probable que no sean los únicos géneros que se ven influenciados por esta situación.

La mayoría de los autores sólo mencionan al género y como consecuencia no hay una descripción que permita tener la información taxonómica suficiente acerca de las especies de las que se habla, como las dimensiones de las células, arreglo de crecimiento, etc., sólo en algunas ocasiones se menciona a la especie pero de igual forma sin ninguna descripción, lo que provoca una carencia de información que es de vital importancia en el estudio de las algas no solo en este tipo de ambientes sino en el conocimiento general de las mismas para poder realizar comparaciones y asegurar que se trata de las mismas especies, en el caso de que así sea.

La mayoría de los crecimientos se encuentran compuestos por más de una especie a excepción de las muestras BA 155, BA 295, BA 298, BA 356, BA 357, BA 361 Y BA 362, en las que se identificó sólo una especie, sin embargo es importante mencionar que en general, se presentaron crecimientos muy pequeños de Chroococcales dentro de las muestras y por lo tanto poco representativos por lo que no proporcionaban la información suficiente para llevar a cabo una identificación confiable en consecuencia se tiene el registro de una sola especie sin que dentro de la muestra sea la única. En otros casos sólo fue posible identificar a nivel de género debido a que las características morfológicas no correspondían en su totalidad a las citadas en la literatura, por lo que se les asignó el epíteto *sp.*, como en el caso de *Aphanothece* sp. 1, *Aphanothece* sp. 2, *Gloeothece* sp. 1, *Aphanocapsa* sp.1, *Gloeocapsa* sp.1, *Gloeocapsa* sp. 2, *Gloeocapsa* sp. 3, *Chroococcus* sp.1, *Gloeocapsopsis* sp. 1, *Cyanosarcina* sp. 1.

Como una posibilidad, se puede considerar que los crecimientos que se determinaron como *sp* sean alguna fase del ciclo de vida que aún no se ha descrito de alguna especie ya registrada. A pesar de no coincidir con la descripción de la literatura, dentro de ésta se menciona a la especie mas cercana a la que se asemeja pero haciendo hincapié sobre aquellas características en las que difiere o concuerda.

Las especies más frecuentes registradas en más de 3 muestras son: *Gloeothece* sp.1, *Gloeocapsa atrata* y *Gloeocapsa aeruginosa*, a excepción de esta última, son especies que se encuentran en los tres periodos de colecta. Algo por considerar respecto a las especies que se mencionan anteriormente, es que se encuentran en muestras en su mayoría consecutivas, por lo tanto los crecimientos de los que forman parte fueron colectados en puntos muy cercanos y quizás a esta cercanía se debe la presencia de especies similares, por lo que a pesar de que los crecimientos fueron colectados bajo el criterio de poseer diferencias morfológicas entre si a simple vista, en realidad pertenecen a un continuo en donde se hacen más evidentes en ciertos puntos que en otros (a partir de las condiciones micro ambientales), suponiendo que las partes en donde no hay un crecimiento visible en realidad si están presentes las algas.

Por otro lado hay especies que se registraron en dos o sólo en una temporada de colecta y en un número menor de muestras. Sólo para la primera colecta se registraron especies de los siguientes géneros: *Aphanothece*, *Gloeothece*, *Synechococcus*, *Aphanocapsa*, *Gloeocapsa*, *Chondrocystis*, *Chroococcus*, *Gloeocapsopsis*, *Cyanosarcina*, siendo *Gloeocapsa* y *Chroococcus* los que presentaron mayor número de especies representando cerca de la tercera parte del número total de especies. Sólo para la segunda temporada se encuentran: *Aphanothece* sp. 1, *Gloeocapsa* sp.2, *Chroococcus* sp.1. Las especies registradas para la tercera temporada, ya se encuentran incluidas en los registros de las temporadas anteriores. Cabe la posibilidad de que algunas especies que se registraron sólo en una temporada de recolecta estuvieran presentes en alguna de las restantes y quizás las colonias no hayan sido muy grandes y por lo tanto no se registraron o no se pudieron identificar o realmente no se presentaron, lo que trae como consecuencia que no se pueda definir un patrón temporal de las especies en función de su presencia o ausencia dentro de los crecimientos, es decir, que esperaríamos que las recolectas que corresponden al mes de agosto tanto en 2006 como en 2007, presentara alguna similitud entre especies, sin embargo la composición difiere en gran medida, por lo que podemos decir, que la riqueza de especies disminuye a través del tiempo.

En su mayoría las especies descritas para el Conjunto Murciélagos corresponden a ambientes aéreos y subaéreos, con una forma de vida epilítica (Komárek & Anagnostidis 1999), sin embargo, también existen registros en otro tipo de ambientes, como en el caso de *Synechococcus elongatus*, que está descrita para ambientes acuáticos por Komárek & Anagnostidis (1999), lagos principalmente y en ríos (Aboal y Limona 1989; Aboal 1989), manantiales termales (Castenholz 1970; Kullberg 1971), sin embargo el registro en estos últimos ambientes es probable que sean incorrectos. *Gloeocapsa compacta*, esta reportada por Becerra (2002) y Becerra & Tavera (2003) en humedales. *Synechocystis pevalekii* esta descrita para cenotes (Schmitter-Soto et al. 2002) además de los ambientes subaéreos. Borge (1936), Ortega (1984), Mendoza y Mendoza et al (1985), Mora (2004) y Banderas (1994) describen a *Gloeocapsa aeruginosa* para lagos y Bernard (1908) para estanques. *Aphanothece castagnei* es también descrita para lagunas (Guarrera et al. 1972), charcos (Margain 1981; Margain 1989), aguas termales (Kullberg 1971), ríos (Behre 1961), lagos (Behre 1956), paredones (Tavera & González 1990) y los registros de forma de vida epilítica los hacen Aboal (1988) y Ramírez (2006). *Aphanocapsa muscicola* es registrada por Margain (1981 y 1989) en charcos y Tavera & González (1990) en paredones. *Aphanothece saxicola* esta registrada por Hortobagyi (1963) aunque no se especifica en que tipo de ambiente y tiene registros en estanques de peces (Guarrera & Kuhnemann 1949), aguas termales (Prasad & Srivastava 1965; Kullenberg 1971), ríos (Aboal 1988; Aboal &

Limona 1989; Sheath & Cole 1966; Valadez 1992). *Chroococcus varius* es descrito para lagos (Aboal 1988; Mora et al 2004; Ortega 1984; Prescott 1962; Tavera & González 1990), lagos alpinos (Whitford & Kim 1971) y ríos (Whitford, 1943) ; otros registros de forma de vida epilitica son los de Torres (1991) y Hortobagyi (1968).

El hecho de que existan registros de una especie habitando tanto en ambientes acuáticos como terrestres puede resultar una idea considerablemente ambigua, sin embargo, podrían existir varias posibilidades respecto a esta probable distribución.

Una de ellas es una posible mala identificación taxonómica; una segunda opción es que estas especies tengan la capacidad de habitar en varios medios, sin embargo, a pesar de que las algas son un grupo con una alta capacidad de colonizar y subsistir en una gran diversidad de ambientes, estaríamos asumiendo que no existe ningún proceso de selección en estas especies; ya que las algas presentan características particulares para cada uno de los ambientes ya sean acuáticos o terrestres y es difícil pensar que una especie de algas pueda presentar una gran cantidad de adaptaciones y una gran cantidad de características (morfológicas y fisiológicas) para poder responder favorablemente a cualquier condición de estrés que pudiera presentarle el ambiente.

En cuanto a la idea de que las algas son las principales causantes de deterioro de los monumentos, es algo que no puede definirse aún, tendrían que llevarse cabo otro tipo de pruebas como la microscopia confocal, de barrido entre otras que permiten dar respuestas a los cuestionamientos que surgen al respecto de este tema, sin embargo hay que considerar que no existe una prueba única que pueda definir el deterioro si no que el conjunto de ellas pueden dar una aproximación para poder hacer inferencias sobre lo que realmente esta sucediendo en términos de deterioro que nos permitan señalarlas como verdaderas causantes de deterioro. Las especies que se describieron en este edificio son las que están generando altas concentraciones de pigmentos tanto en las células como en las vainas que les sirven como protección de los rayos UV e infrarrojos (Hoek et al. 1995; Lewin & Borowitzka 2005; Palinska 2008; Wehr & Sheath 2002; Whitton & Potts 2000). Como las vainas son las intermedias entre el sustrato de las construcciones y los rayos de luz, podría considerarse que están protegiendo de alguna forma los materiales de construcción indirectamente al estarse protegiendo ellas mismas. Algo similar pasa con la humedad, es decir, al ser las vainas las que se encargan de la retención del agua podrían estar llevando a cabo una regulación indirecta del paso del agua hacia la roca y por lo tanto evitando así el desgaste de esta por condiciones d humedad altas sumado a otros factores que podrían provocar un desgaste.

Algunas de las especies descritas para el Conjunto Murciélagos son los primeros registros para no solo para el estado de Chiapas sino para México en general tales como: *Synechococcus elongatus*, *Gloeocapsa atrata*, *G. caldariorum*, *G. compacta*, *Chondrocystis dermochroa*, *Chroococcus cfr. tenax*, *Ch. lithophilus*, *Ch. cubicus*. A nivel de género Cyanosarcina obtiene su primer registro en nuestro país.

Parámetros ambientales

Al realizar una comparación de los valores de los factores ambientales obtenidos en la zona en donde se ubica el Conjunto Murciélagos con respecto a los registrados por Ramírez (2006) en donde su ubica el Palacio dentro de la misma zona arqueológica, podemos ver que lo valores de luz y temperatura son menores para el Conjunto Murciélagos en general. Para la luz se registraron en un intervalo de 1.2 a 503.7 $\mu\text{mol m}^2\text{s}^{-1}$ y de 20.95°C a 28.7°C respectivamente, mientras que Ramírez (2006) presenta un intervalo de 131.46 a 565.8 $\mu\text{mol m}^2\text{s}^{-1}$ y 28°C a 33.84°C respectivamente; la humedad relativa, por el contrario, presenta valores mas altos en el Conjunto Murciélagos donde se registraron valores por arriba de 90%, mientras que en la zona donde se ubica el Palacio los valores están por debajo del 75%.

Estas variaciones en los factores ambientales pueden deberse en general a la ubicación de cada uno de los edificios. En el caso del Conjunto Murciélagos se encuentra con mayor influencia de la vegetación la distancia que tiene de ésta es mucho menor a los 10 m y la cobertura del dosel sobre el edificio está por arriba del 80%, por lo que la luz que llega a los muros es principalmente filtrada mientras que para el Palacio la influencia de la selva es nula, lo que permite que la luz sea totalmente directa durante todo el día. Probablemente el grado de influencia de la selva esté relacionada con los altos valores de la humedad relativa, sin embargo se guarda la relación con la temperatura, como en el caso de la zona del Palacio.

Particularmente para el Conjunto Murciélagos, la orientación de los muros juega un papel fundamental y está relacionado directamente con los valores de luz ligado a su vez con el desarrollo de los crecimientos de algas, esto en contradicción con lo que menciona Torres (1991) donde asegura que la ubicación de los muros no tienen una relación directa sobre la distribución, frecuencia y abundancia de las especies, al igual que con la temperatura y HR.

La presencia de las especies está asociada principalmente a la luz, de tal forma que el hecho de que la mayoría de los crecimientos se encuentren distribuidos en el muro Oeste es por que es en este punto en donde la incidencia de luz es mayor debido a que se encuentra un pequeño claro que le permite en algún momento a lo largo del día captar mayor cantidad de luz, a diferencia del resto de los muros donde la influencia de la selva es mucho mayor y la luz llega principalmente por filtración y por lo tanto el número de especies distribuidas en los muros disminuye en función de que la incidencia de luz también lo haga y es por esto que en los muros noreste y sureste el número de especies es menor hasta ser casi nulo respectivamente. Además de la luz, la humedad también está jugando un papel importante en el desarrollo de las comunidades algales sobre todo en este tipo de ambientes en donde se encuentran sujetos a períodos de desecación y esta podría ser letal, pero también en particular sobre esta construcción debido a los altos valores en ambos casos. En el caso del viento, no hay un patrón definido, la dirección de éste es cambiante en todos los períodos sin embargo es probable que pueda haber una influencia en cuanto a la dispersión de las especies.

Respecto a otros estudios

Al comparar las especies distribuidas en el Conjunto Murciélagos, con las obtenidas para el Palacio se observa que solo hay una especie en común *Gloeocapsa quaternata*, coincidiendo en la descripción excepto cuando Ramírez (2006) describe el largo de las células con dimensiones menores a la especie descrita en el Conjunto Murciélagos.

De igual forma sucede con Torres (1991) con quien se concuerda en las siguientes especies: *Choococcus varius* y *Gloeocapsa quaternata*. En cuanto a *Ch. varius* no existen diferencias en la descripción que hace Torres (1991) y la especie presente en el conjunto Murciélagos bajo el mismo nombre, sin embargo en el caso de *Gl. quaternata* existen diferencias en la descripción sobre todo en las dimensiones de las células, por lo que valdría la pena hacer una revisión de material de herbario para poder definir si en realidad se trata de la misma especie o fueron mal identificadas en alguna de las revisiones.

Una diferencia importante entre el Conjunto Murciélagos y los edificios con los que trabajaron Ramírez (2006) y Torres (1991) es que estos últimos ya han sido sometidos a tratamientos de limpieza, conservación y restauración. Esta condición permite al Conjunto Murciélagos dar información sobre los crecimientos algales, bajo el supuesto de que, al no haber sido sometido a procesos de limpieza, las comunidades no se han visto alteradas en ninguna forma no natural, de modo que las comunidades algales que se están desarrollando si bien no son las primeras en establecerse desde el descubrimiento de este edificio, tampoco son resultado de colonizaciones secundarias debido a la intervención de fenómenos no naturales que pudieran estar influyendo en las condiciones y características del mismo sustrato que colonizan las algas.

Hacer una comparación entre las especies de algas que se desarrollan en los diferentes edificios, nos permite apreciar la importancia de llevar a cabo estudios sobre la fitoclorofila de la zona arqueológica de Palenque, ya que al no presentarse una composición homogénea de especies nos enfrentamos a que cada edificio representa una problemática que resolver, si se considera que el fin es la conservación de estos monumentos históricos pero sin perder de vista la conservación de la diversidad biológica.

Es necesario el estudio de las algas en las zonas arqueológicas ya que estas son importantes por la información que nos proporciona acerca de las antiguas culturas (estructuras sociales, hábitos, creencias, estilos de vida). Es importante conocer a detalle los procesos bajo los cuales se encuentran sometidos física, química y biológicamente para poder llevar a cabo programas de conservación y restauración en donde se encuentre incluido el control adecuado y efectivo de las algas. Una vez que se han determinado las especies no sólo a nivel taxonómico sino que también se ha identificado el papel que juegan dentro del deterioro o no de los monumentos, se tenga registrado su ciclo de vida, y así se puedan llevar a cabo medidas de control específicas, que no se limiten a dar resultados en períodos de tiempo cortos y evitando así los procesos de limpieza y control indiscriminado que hasta la fecha se vienen haciendo provocando daños sobre la diversidad y

probablemente también sobre las construcciones. Es importante mencionar que existen especies que se desarrollan y distribuyen únicamente en este edificio o que hasta el momento, el registro de éstas es exclusiva del edificio, refiriéndonos a las que están determinadas como sp. o al menos ésa es su condición hasta que puedan identificarse hasta que pueda asignárseles un nombre específico, por lo que llevar a cabo procesos indiscriminados de limpieza atenta directamente sobre la diversidad de las especies algales.

CONCLUSIONES

El crecimiento de algas en los monumentos prehispánicos se da por la influencia de múltiples factores, que en conjunto permiten el desarrollo de dichos crecimientos, como las condiciones ambientales, así como las características y capacidades propias de las especies que conforman estos crecimientos, para poder sobrevivir a condiciones muchas veces lo suficientemente hostiles para no poder tener un óptimo desarrollo.

Dentro de los factores ambientales que están influenciando la permanencia y desarrollo de los crecimientos algales en el Conjunto Murciélagos es la luz y la humedad, esta última se presenta de forma constante, sin variaciones drásticas en ninguno de los periodos por lo que es una fuente de agua importante y permanente para este tipo de crecimientos. Por el contrario, la luz presenta variaciones a lo largo del día y se ve influenciada por la vegetación que se encuentra alrededor del edificio por lo que la cantidad de luz que llega al edificio varia constantemente influyendo directamente con la distribución de las especies.

Como primera aproximación, el objetivo de este trabajo ha sido describir y conocer la distribución de las especies de algas que conforman los crecimientos microscópicos, sin embargo, es necesario también realizar estudios acerca de los ciclos de vida y la identificación de las especies que pudieran estar causando un posible deterioro sobre este edificio, en el caso de que las haya.

Realizar el registro de las especies, una buena identificación taxonómica, el conocimiento de su ciclo de vida, la distribución en los diferentes sitios de la zona, así como el papel que juega cada una de ellas en el deterioro o no de los materiales de construcción, sin duda, permitirá llevar a cabo mecanismos de control de estos crecimientos conservando así las construcciones al mismo tiempo que la diversidad de especies.

BIBLIOGRAFÍA

- Aboal, M. 1988. Aportación al conocimiento de las algas epicontinentales del sudeste de España. III: Cianofíceas (Cyanophyceae Schaffner 1909): *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, v. 45, p. 3-46.
- Aboal, M. 1989. Flora algal del río Benamor (Cuenca del Segura, SE de España): *Limnética*, v. 5, p. 1-11.
- Aboal, M. and Limona, X. 1989. Los poblamientos algales bentónicos del río Segura y su relación con la calidad del agua: *Candollea*, v. 44, p. 199-208.
- Albertano, P., Bruno, L., Ottavi, D., Moscone, D., and Palleschi, G. 2000. Effect of photosynthesis on pH variation in cyanobacterial biofilms from Roman catacombs. *Journal of Applied Phycology*, 12: 379 – 384.
- Banderas, T. A. 1994. Limnología del Lago El Sol, Nevado de Toluca, México: Doctor en Ciencias (Biología) Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 1-211.
- Barnhart, E. 2000. Sitio Arqueológico Palenque, Chiapas. *Arqueología Mexicana*, v. VIII, Núm. 45, pp. 18 –19.
- Becerra, A. I. 2002. Cambios de la comunidad algal relacionados con el ciclo hídrico en un tinal inundable en Quintana Roo: Licenciatura Fac. Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 1-89.
- Becerra, A., I. and Tavera, R. 2003. Cambios de la comunidad algal (perifiton) relacionados con el ciclo hidrológico en un tinal anegable en Quintana Roo: *Estudios Mexicanos / Mexican Studies*, v. 19, p. 263-275.
- Behre, K. 1956. Die Algenbesiedlung einiger Seen um Bremen und Bremerhaven: *Veröffentlichungen der Institut für Meeresforschung in Bremerhaven*, v. 4, p. 221-383.
- Behre, K. 1961. Die Algenbesiedlung der Unterweser unter Berücksichtigung ihrer Zuflüsse (ohne die Kieselalgen): *Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven*, v. 7, p. 71-263.
- Bernard, C. J. 1908. *Protococcacées et Desmidiacées d'eau douce recoltées à Java et décrites par Ch. Bernard*: Batavia, Departement de l'Agriculture aux Indes Néerlandaises, 1-230.
- Borge, O. 1936. Beiträge zur Algenflora von Sweden: *Arkiv för Botanik*, v. 28A, p. 1-58.
- Broady, P. 1981. Ecological and taxonomic observations on subaerial epilithic algae from Princess Elizabeth Land and Mac.Robertson Land, Antarctica. *Br. Phycol. J.*, 16: 257 – 266.
- Brock, T. D. 1974. *Biology of microorganisms*. Prentice Hall. USA. pp. 852.
- Carmona Jiménez, Javier, Hernández Muñoz, Marco Antonio y Ramírez Vázquez, Mónica, 2004, *Algas... Glosario ilustrado*: México, Las Prensas de Ciencias. Fac. Ciencias, Fac. Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, 1-82.
- Castenholz, R. W. 1970. Laboratory culture of thermophilic cyanophytes: *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, v. 32, p. 537-551.
- Crispim, C., Gaylarde, P., Gaylarde, C. 2003. Algal and Cyanobacterial Biofilms on Calcareous Historic Buildings. *Current Microbiology*. 46: 79-82.
- Crispim, C., Gaylarde, C., and Gaylarde, P. 2004. Biofilms on church walls in Porto Alegre, RS, Brazil, with special attention to cyanobacteria. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 54: 121-124.

- DeWreede, R. E. 2001. Algal ecology. In: Encyclopedia of Life Sciences (ELS). John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
- Desikachary, T. V. 1959, Cyanophyta: New Delhi, India Council of Agricultural Research, 1-686.
- Fletcher, V. 2007. North american desert microbiotic soil crust communities: Diversity despite challenge. pp. 533-551 En: Seckbach, J. (editor). 2007. Algae and Cyanobacteria in extreme environments. Springer. pp. 786.
- Fremy, P. 1930. Cyanophycées des cotes D' Europe. Archives de Botanique. A. Asher and CO. B. V. Amsterdam. pp.
- Gantt, E., Cunningham, F. 2001. Algal pigments. In: Encyclopedia of Life Sciences (ELS). John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
- Gardner, N. L. 1927. New Myxophyceae from Porto Rico. New York. USA. 144 pp.
- Gaylarde, P., Gaylarde, C. 2000. Algae and cyanobacteria on painted buildings in Latin America. International Biodeterioration & Biodegradation. 46: 93:97
- Gaylarde, C., Gaylarde, P., Copp, J., Enhilan, B. 2004. Polyphasic Detection of Cianobacteria in Terrestrial Biofilms. Biofiling. 20: 71-79.
- Geitler, L., 1932, Cyanophyceae: Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m.b.h., 1-1196.
- González-González, J. and Novelo, E., 1986, Algas, *in* Lot, A. and Chiang, F., editors, Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos: México, Consejo Nacional de Flora de México, p. 47-54.
- Gorbushina. 2007. Life on the rokcs. Environmental Microbiology. 9 (7): 1613-1631.
- Grimaldi, D. M., 2007, Importancia de las algas en la conservación de los monumentos prehispánicos de Palenque, Bonampak y Yaxchilán: Lakamha', v. 6. Segunda época, p. 8-11.
- Guarrera, S. A. and Kühnemann, O. 1949. Catálogo de las "Chlorophyta" y "Cyanophyta" de agua dulce de la República Argentina: Lilloa, v. 19, p. 219-318.
- Guarrera, S. A., Malacalza, L., and 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: Revista Museo de La Plata (NS), Sección Botánica, v. 12, p. 161-219+5.
- Hoek C. v.d., Mann D.G. & Jahns H.M. 1995. Algae. An introduction to Phycology. Cambridge University Press. Cambridge. 623 pp.
- Hortobágyi, T. 1963. Die algen der fischteiche von Buzsak V: Nova Hedwigia, v.6, p.353 – 390.
- Hortobágyi, T. 1968. Vietnami algak II. Cyanophyta: Botanikal Közlemények, v. 55, p. 153-160.
- Jjemba, P. 2004. Environmental microbiology, principles and applications. Science Publisher. pp. 372
- Komárek, J., and Anagnostidis, K.1986, Modern approach to the classification systems of cyanophytes. 1. Introduction: Archiv für Hydrobiologie Supplement - Algological Studies, v. 38/39, p. 291-302.
- Komárek, J. 1993. Variation of the genera Gloeocapsopsis and Asterocapsa (Cyanoprocarvota) with Regard to Species from Japan, Mexico and Himalayas. Bull. Natn. Sci. Mus.,Tokyo, Ser. B. 19 (1), pp. 19-37.

- Komárek, J. and K. Anagnostidis. 1999. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. Jena, Germany, Gustav Fisher Verlag Jena. 548 pp.
- Kullberg, R. G. 1971. Algal distribution in six thermal spring effluents: Transactions of the American Microscopical Society, v. 90, p. 412-434.
- Kumar, R. and Kumar, A. 1999. Biodeterioration of stone in Tropical Environments. The Getty Conservation Institute. EUA.
- Lewin and Borowitzka. 2005. Phycology. In: Encyclopedia of Life Sciences (ELS). John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
- Margain Hernández, Roberto M. 1981. Flora ficológica de los cuerpos de agua temporales de la región oriental y sur de la cuenca del río Pánuco: Maestría en Ciencias (Biología) Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 1-422.
- Margain-Hernández, R. M. 1989. Lista ficoflorística de la cuenca del río Pánuco, México. I. Cuerpos de agua temporales (Regiones Oriental y Sur): Biotam, v. 1, p. 24-38.
- Mendoza-González, C. 1985. Estudio florístico ficológico estacional de la Laguna Victoria o de Santiago Tilapa, México: Phytologia, v. 58, p. 479-487.
- Mendoza-González, C., Huerta Múzquiz, L., and Flores Granados, C. 1985. Estudio florístico del fitoplancton del Lago Zirahuén, Michoacán, México: Phytologia, v. 59, p. 1-8.
- Mora Navarro, M. R. 2004. Ordenación de comunidades de fitoplancton en el lago de Chapala, Jalisco - Michoacán, México.
- Mora Navarro, M. R., Vázquez García, J. A., and Vargas Rodríguez, Y. L. 2004. Ordenación de comunidades de fitoplancton en el lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, México: Hidrobiológica (Iztapalapa), v. 14, p. 91-103.
- Mora Navarro, María del Refugio. 2004. Fitoplancton del Lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, México: Doctora en Ciencias Biológicas (Sistemática Vegetal) Doctorado, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, 1-87.
- Noguerol – Seoane, A. and Rifón – Lastra, A. 1996. Aportación al conocimiento de la ficofloravepilitica en monumentos del noroeste de España. Estudio del monasterio de Samos (Lugo). Anales Jará. Bot. Madrid 54: 37-42.
- Noguerol – Seoane, A. and Rifón – Lastra, A. 2000. Estudio de la ficoflora epilítica de las paredes graníticas exteriores de la iglesia románica de Sta. Maria de Fisterra (A Coruña, N. O. España). Portugaliae Acta Biol. 19: 91 – 96.
- Nienow, J. A. 1996. Ecology of subaerial algae. En: Prasad, A. K. S. K; Nienow, J. A.; Rao, V. N. R. Contributions in Phycology. NOVA HEDWIGIA. 112.
- Novelo, E. 1998. Floras ficológicas del Valle de Tehuacan, Puebla. Tesis de doctorado. Facultad de ciencias. UNAM.
- Novelo, E., Ramírez, M., and Villalobos, A., 2007, Las algas epilíticas de las zonas tropicales en los monumentos mayas: Lakamha', v. 6. Segunda época, p. 3-7.
- Ortega, Martha. 1984. Catálogo de algas continentales recientes de México: México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1-566.
- Ortega-Morales, O., Guezennec, J., Hernández-Duque, G., Gaylarde, C., Gaylarde, P. 2000. Phototrophic Biofilms on Ancient Mayan Buildings in Yucatan, Mexico. Current Microbiology. 40: 81-85.

- Ortega-Morales, O., Gaylarde, C., Englert G., and Gaylarde, P. 2005. Analysis of Salt-Containing Biofilms on Limestone Buildings of the Mayan Culture at Edzna, Mexico. *Geomicrobiology Journal*, 22: 261-268.
- Palinska, Katarzyna A. 2008. Cyanobacteria. In: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
- Peraza Zurita, Y., Cultrone, G., Sánchez Castillo, P., Sebastián, E., and Bolívar, F. C., 2005, Microalgae associated with deteriorated stonework of the fountain of Bibatauin in Granada, Spain: *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 55, p. 55-61.
- Prasad, B. N. and Srivastava, P. N., 1965d, Thermal algae from Himalayan hot springs: *Proceedings of the National Institute of Sciences of India*, v. 31, B, p. 45-53.
- Prescott, G. W. 1962. *Algae of the Western Great Lakes Area*: Dubuque, W.M.C. Brown Co. Pub, 1-977.
- Rai, L.C., Gaur, J.P. 2001. Algal adaptation to environmental stresses. *Physiological, Biochemical and Molecular Mechanisms*. Springer, Alemania. 421 pp.
- Rajeshwar, P. S. and Donat, P. H. 2006. Impact of uv radiation on rice-field cyanobacteria: role of photoprotective compounds. In: *Environmental UV radiation: Impact on Ecosystems and Human Health and Predictive Models*, 217-230. Springer.
- Ramírez, M. 2006. Caracterización de los crecimientos algales causantes del biodeterioro en la Zona Arqueológica de Palenque (Chiapas, México). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Saiz-Jiménez, C. 1999. Biogeochemistry of Weathering Processes in Monuments. *Geomicrobiology Journal*. 16: 27-37.
- 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., and Steinich, B. 2002. Hydrogeochemical and biological characteristics of cenotes in the Yucatan Peninsula (SE Mexico): *Hydrobiologia*, v. 467, p. 215-228.
- Seckbach, J., and Oren, A. 2007. Oxygenic photosynthetic microorganisms In extreme environments: Possibilities and limitations. In: *Algae and Cyanobacteria in extreme environments*. Springer.
- Schumann, R., Häubner, N., Klausch, S., Karsten, U. 2005. Chlorophyll extraction methods for the quantification of green microalgae colonizing building facades. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 55: 213-222.
- Sheath, R. G. and Cole, K. M. 1992. Biogeography of stream macroalgae in North America: *Journal of Phycology*, v. 28, p. 448-460.
- Tavera-Sierra, R. L. and González-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: *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, v. 50, p. 121-133.
- Temes – Casas, M., and Nogueroles – Seoane, A. 2001. Seis nuevas referencias de cianofíceas para la Península Ibérica. *Botánica Complutensis* 25: 155 – 164.
- Tiwari, B.S., Tripathi, S.N. 1998. Effect of hydration and dehydration on initiation and dynamics of some physiological reactions in desiccation tolerant cyanobacterium *Scytonema geitleri*. *Indian Journal of Biochemistry & Biophysics*. Vol. 35, pp. 172-178.
- Tomaselli, L., Lamenti, G., Bosco, M., Tiano, P. 2000. Biodiversity of photosynthetic micro-organisms dwelling on stone monuments. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 46: 251 – 258

- Torres, S. P. 1991. La ficoflora de la Zona Arqueológica de Palenque, Chiapas. Serie Conservación y Restauración. INAH. pp.117
- Valadez, C. F. 1992. Flora ficológica de ambientes lóticos de la cuenca baja del río Amacuzac, Morelos: Licenciatura Tesis Profesional, Fac. de Ciencias. UNAM, -239
- Videla, H., Guiamet, P., Gómez, S. 2000. Biodeterioration of Mayan archeological sites in the Yucatán Peninsula, México. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 46: 335-341.
- Videla, H., Guiamet, P., Gómez de Saravia, S. 2003. Biodeterioro de materiales estructurales de sitios arqueológicos de la civilización maya. *Revista del Museo de La Plata. Universidad Nacional de La Plata-Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Publicación Técnica y Didáctica*, 44:1-11.
- Wehr, J., Sheath, R. 2002. *Freshwater algae of North America. Ecology and classification*. Academic Press, San Diego, CA. pp. 901.
- Whitford, L. A. 1943. The fresh-water algae of North Carolina: *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, v.59, p. 131 – 171.
- Whitford, L. A. and Kim, Y. C. 1971. Algae from alpine areas in Rocky Mountain National Park, Colorado: *American Midland Naturalist*, v. 85, p. 425-430.
- Whitton B.A. and Potts, M. 2000. *The Ecology of Cyanobacteria*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. pp. 669.