



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**DIVERSIDAD TAXONÓMICA DE  
CIANOPROCARIOTAS BÉNTICAS DE  
PLAYA HERMOSA, VERACRUZ, MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**P R E S E N T A:**

**JOSÉ ALBERTO MARTÍNEZ YERENA**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DRA. HILDA PATRICIA LEÓN TEJERA  
2016**

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.



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.

# Índice

1. Introducción	
1.1 Cianoprocariotas	1-2
1.2 La taxonomía moderna de las cianoprocariotas	2-3
1.3 El litoral marino	3-5
2. Antecedentes	6-7
3. Objetivos	8
4. Área de estudio	9-11
5. Método	12-13
6. Resultados	
6.1 Riqueza y composición	14-15
6.2 Inventario taxonómico	16-18
6.3 Distribución espacial y temporal	19-20
6.4 Descripciones	21-62
7. Discusión y conclusiones	
7.1 Riqueza y composición de la comunidad de cianoprocariotas	63-64
7.2 Distribución espacial y temporal	64-66
7.3 Problemática taxonómica	66-67
8. Perspectivas	68
9. Bibliografía	69-78
10. Anexo I	79-81
11. Anexo II	82

## **Agradecimientos**

**A mis padres, porque la educación es la más importante de las herencias.**

**A mi abuela, por abrirme la puerta de su casa.**

**Y a mi abuelo, por dejarme permanecer en ella.**

**A mi hermano, porque es el adversario quien nos obliga a crecer.**

**A mis amigos por ofrecerme un espacio para terminar de ensamblarme.**

**A los chicos del laboratorio, Mónica, Annie, Ernesto, Bere y Joaquín, sin cuyo apoyo me habría caído y golpeado muchas mas veces.**

**A Hilda y Laura por todo el apoyo, por esta oportunidad.**

**Y finalmente a los no mencionados, porque igual que estoy compuesto de todos los que me han afectado, soy parte de todos a los yo que afecte.**

**De mis cansados ojos  
caen suaves ligeros,  
susurros azules  
como gotas de lluvia,  
mi añoranza del mar.**

**Ilustración científica: Jessica Jaime Domínguez. FAD, UNAM.**

# 1 Introducción

## 1.1 Cianoprocariotas

Las cianoprocariotas (Cyanobacteria, Cyanophyta, Cyanoprokaryota) son un grupo de organismos procariontes que se caracteriza, por su capacidad de realizar fotosíntesis oxigénica y por la complejidad de niveles de organización morfológico que presentan desde células solitarias, colonias y hasta talos multicelulares que pueden presentar diferenciación celular (Komárek y Anagnostidis 1998; Komárek 2005, 2013). Este grupo tuvo su aparición en el eón Arcaico (hace más de 3400 millones de años) y fue un grupo dominante a lo largo del eón proterozoico (Stal 2012, Schopf 1993, 2006). Durante el eón jugó un papel clave en eventos como la Gran Oxidación en el Sideriano (Sessions *et al.* 2009), la glaciación global Makganyeniana del Sideriano-Rhyaciano (Koop *et al.* 2005; Melezhik 2006) y en la adquisición del cloroplasto vía el proceso de endosimbiosis (Criscuolo y Gribaldo 2011; Macfadden 2006).

A pesar de la ganancia de predominancia que los eucariotas tuvieron al inicio del Fanerozoico, este grupo ha mantenido un papel importante hasta nuestros días gracias a sus adaptaciones fisiológicas y anatómicas, que les permiten sobrevivir a condiciones extremas de salinidad, temperatura, humedad, etc. (Whitton 2012). Algunas de las estrategias adaptativas que presentan las cianoprocariotas son la producción de envolturas de polisacáridos (cápsulas, vainas, EPSs), entre cuyas funciones está el amortiguamiento de las condiciones ambientales (De Philips *et al.* 1988); la producción de estructuras de resistencia como los acinetos, que les permiten re-colonizar el ambiente tras el paso de condiciones adversas (Nichols y Adams 1982) ; la presencia de pigmentos que les confieren protección de la luz UV (García-Pichel y Castenholtz 1991); cambios en la saturación de los lípidos de sus membranas celulares como protección ante cambios de temperatura (Singh *et al.* 2002) o la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico (N<sub>2</sub>) en presencia de oxígeno (Herrero *et al.* 2001).

Este grupo tienen un gran impacto sobre las condiciones de la tierra, algunos de sus géneros oceánicos planctónicos contribuyen con casi la mitad de la productividad primaria del planeta (Hartmann et al. 2014; Mackey et al. 2015), además sus florecimientos tienen grandes repercusiones económicas (Paerl y Paul 2012) y de salud pública (Acevedo et al. 2002).

A pesar de su gran importancia ecológica, hay un gran desconocimiento sobre la diversidad de este grupo, ya que se calcula que se conocen menos de la mitad de sus especies (Nabout *et al.* 2013), lo cual en parte se debe a los pocos estudios que hay acerca de ellos, sobre todo en latitudes tropicales (Guiry 2012; León-Tejera *et al.* 2009).

Este grupo fue estudiado en un principio por botánicos con los métodos aplicados a algas eucariotas, por sobrelaparse con estos organismos en algunas características como la complejidad morfológica, su papel de productor primario, los biotopos y hábitats que habitan, etc. (Komárek y Golubic 1990). De tal modo que los trabajos clásicos de este grupo los han realizado botánicos como Bornet y Flahault (1886, 1887, 1888); Geitler (1932) o Gomont (1892), y siguen las reglas del Código de Nomenclatura para algas, hongos y plantas (ICN) (McNeill *et al.* 2012).

## 1.2 La taxonomía moderna de las cianoprocariontas

Para el fin de la década de los 50's el uso de técnicas de microscopía electrónica para el estudio de la morfología de cepas cultivadas de cianoprocariontas expandió el conocimiento de la ultra estructura de este grupo (Hopwood y Glauert 1960; Niklowitz y Drews 1957; etc.). La evidencia de su organización celular procarionta llevó a agruparlas dentro de las bacterias (Stanier y Van Niel 1962) y adicionalmente se genera la propuesta (Stanier *et al.* 1978) de que la taxonomía de este grupo se realice con base en el Código Internacional de Nomenclatura Bacteriológica (ICNB) (Lapage *et al.* 1990).

Esta propuesta fue rechazada por taxónomos con orientación botánica (Friedman y Borowitzka 1982; Geitler 1979; Golubic 1979), argumentando entre otras razones la

complejidad de aplicar las reglas del ICNB al conocimiento generado bajo las directrices del ICN, y la dificultad o imposibilidad en algunos casos de aislar y mantener cultivos axénicos, así como las grandes modificaciones morfológicas que ocurren en las cepas respecto de las poblaciones naturales. En 1990 Komárek y Golubic publican la denominada “Cyano-guide” que trata de sintetizar y adaptar las recomendaciones y reglas del ICBN y el ICN a este grupo.

La taxonomía moderna de las cianoprocariontes se basa en la combinación de los acercamientos paleobotánico, fenotípico y ecológico, más la aplicación de técnicas de microscopía electrónica y biología molecular, para dilucidar relaciones entre los grupos, y robustecer la taxonomía de las cianoprocariontes sobre todo a nivel genérico (Komárek 2003, 2014).

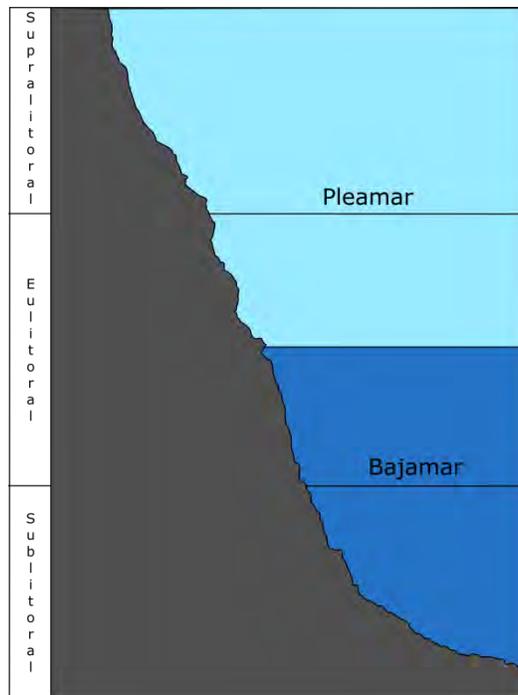
### 1.3 El litoral marino

Gracias a sus adaptaciones, las cianoprocariontes pueden ser encontrados en todos los continentes y en la mayoría de los ambientes irradiados de la tierra, desde los desiertos a los hielos perpetuos, de las localidades continentales a las marinas (Gold-Morgan *et al.* 2015; Rodarte *et al.* 2014; Taton *et al.* 2006, Thomas y Dougill 2007).

Por su posición entre el mar y la tierra, los litorales marinos pueden ser considerados como “límites ecológicos” generados por el extremo contraste en sus condiciones físico-químicas, con respecto a las de los dos ambientes que los delimitan. Los principales gradientes físico-químicos a los que se encuentran expuestas las comunidades biológicas en estos ambientes son (Knox 2001; Kaiser *et al.* 2001):

- **Las mareas:** se caracteriza por un aumento constante del estrés al que los organismos están sujetos por el decreciente tiempo de desde el sublitoral hasta el supralitoral, por cambios bruscos de temperatura y estrés osmótico.

- **Exposición** al oleaje: que al aumentar mitiga el estrés de la desecación que experimentan los organismos de las zonas que emergen al bajar la marea, aumentando sus tiempos de humectación, a la vez que aumenta el estrés mecánico a los organismos (abrasión por arena, dificultades de asentamiento, mayor probabilidad de remoción por impacto mecánico).
- **Sustrato**; De roca firme a peñascos, guijarros, arenas gruesas, finas y arcillas.
- **Salinidad**; gradiente generalmente generado por la presencia de afluentes de agua dulce hacia el mar en estuarios o lagunas costeras, o por la desecación de depósitos de agua marina como los de pozas de marea (Morris y Taylor 1983), pudiendo producirse condiciones de hipersalinidad temporales durante la bajamar.



*Ilustración 1: Niveles de marea del litoral marino.*

La composición y estructura de las comunidades en estos ambientes está supeditada a la capacidad de sus especies de resistir a las diferentes combinaciones de intensidades en que

los gradientes ya mencionados se manifiestan en cada una de sus partes (Davison y Gareth 1996; Zaneveld 1969).

Por sus características físicas, Hartog en 1968 reconoce la existencia de tres zonas en el litoral (Ilustración 1): el sublitoral que al encontrarse siempre sumergido ofrece a los organismos que lo habitan condiciones estables de temperatura y salinidad. El eulitoral (también llamado mesolitoral) y las pozas de marea, unas zonas que son cubiertas y descubiertas diariamente por el mar, por lo que los organismos que la habitan se encuentran sujetos a drásticas variaciones de insolación, salinidad, humectación-desección y temperatura (Huggett y Griffiths 1986; Metaxas y Sheibling 1993; Jensen y Muller-Parker 1994). Finalmente, el supralitoral que es casi exclusivamente humectada por el rocío marino, y en la que se presentan los mayores niveles de insolación, radiación UV, temperatura y desecación del litoral marino.

Las cianoprocariotas presentan una gran conspicuidad en los ambientes con más expuestos a la desecación: el eulitoral alto y el supralitoral (Hoffman 1999; Potts 1980; León-Tejera *et al.* 1993; Little 1973).

## 2. Antecedentes

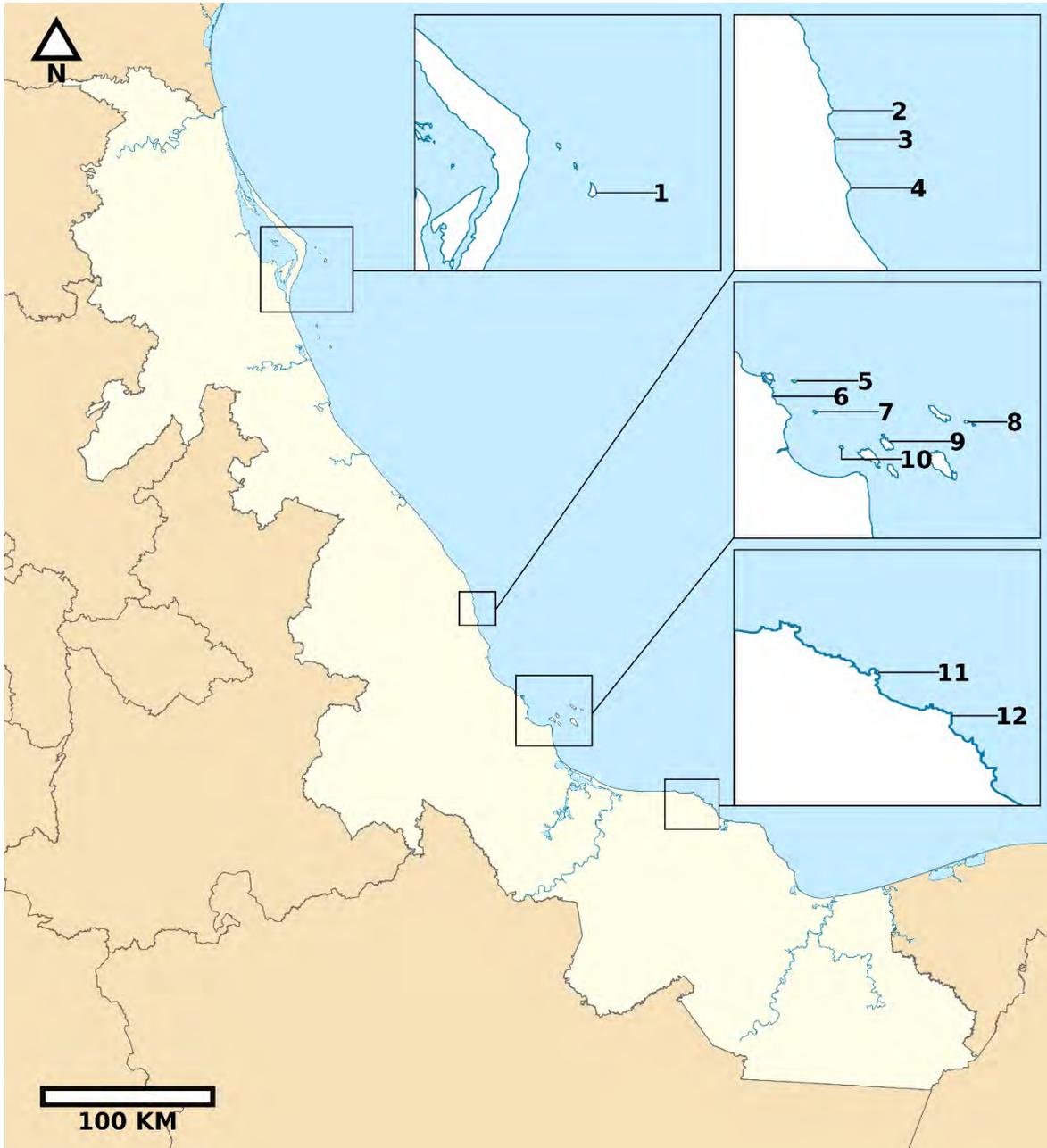
El estado de Veracruz cuenta con un litoral muy heterogéneo, en sus 745 km pueden encontrarse costas de origen volcánico, aéreo, fluvial, marinos, y biogénico, así como la desembocadura de importantes ríos como el Pánuco y el Coatzacoalcos (González-Gándara 2011).

El conocimiento de la distribución y diversidad de las cianoprocariotas marinos bentónicos para el estado de Veracruz también es heterogéneo y escaso; de los 11 trabajos que reportan cianoprocariotas para el estado, sólo Hernández-Sánchez (2016) presenta descripciones morfológicas y ecológicas detalladas para los organismos de este grupo. Además, de los 27 municipios costeros que tiene el estado, solo hay reportes de cianoprocariotas para 4 de ellos (Muñoz-Villaseñor 1996), estando estos en su mayoría circunscritos (Tabla 10) al Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) en la costa del municipio de Veracruz (6 trabajos), y a los litorales de los municipios de Alto Lucero y Actopan (tres trabajos). Los dos restantes pertenecen a Arrecife de Lobos (adyacente al municipio de Tamiahua) y a la costa de Montepío en el municipio de San Andrés Tuxtla (Ilustración 2).

La región de los Tuxtlas, es una de las regiones con mayor biodiversidad del país, y es considerada tanto como una región marina prioritaria, como una región terrestre prioritaria (Arriaga *et al.* 1998, 2000). A pesar de esto solo existen dos reportes, sin descripciones, de especies de cianoprocariotas para el litoral de esta región (Sánchez 1967, 1980).

Con el objetivo de aportar al conocimiento sobre la diversidad biológica de la región, los primeros reportes sobre la riqueza de cianoprocariotas para las costas de la región de “Los Tuxtlas”, este estudio realizó una detallada caracterización morfológica, ecológica y taxonómica de los crecimientos de cianoprocariotas bénticos de la localidad de Playa Hermosa, San Andrés Tuxtla Veracruz, México.

Además, el presente trabajo aporta nuevos registros de cianoprocariotas para uno de los tipos de ambientes menos estudiados a nivel mundial para las costas tropicales.



*Ilustración 2: Localización del área de estudio y de las localidades con reportes de cianoprocariotas en el litoral marino del estado de Veracruz. 1: Arrecife de Lobos. 2: Playa Muñecos. 3: Punta Limón/Central Nuclear Laguna Verde. 4: Playa Paraíso/Punta Morro. 5: Arrecife La Blanquilla/Arrecife La Blanca. 6: Arrecife de Hornos. 7: Isla Sacrificios. 8: Isla Enmedio. 9: Isla Santiaguillo. 10: Arrecife Blanca. 11: Playa Hermosa (Área de estudio). 12: Montepío. Obtenido de INEGI, Marco Geoestadístico Nacional, 2014.*

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Elaborar la caracterización taxonómica de las cianoprocariontes asociadas a las estructuras basálticas de Playa Hermosa, Veracruz.

#### **3.2 Objetivos Particulares**

- Conocer la riqueza y composición taxonómica de las especies de cianoprocariontes asociadas a la pared y plataforma basáltica de la localidad.
- Caracterizar la distribución espacial y temporal de las especies de cianoprocariontes asociadas a las estructuras basálticas de Playa Hermosa, Veracruz.
- Aportar al conocimiento de la biodiversidad marina del litoral de la región de "Los Tuxtlas" mediante registros y descripciones taxonómicas de las cianoprocariontes.

#### 4. Área de estudio

Tabla 1: Comparación entre las condiciones ambientales trabajados

Zona	Nivel de marea	Insolación	Oleaje	Intensidad (Oleaje)	Dsecación
Pared vertical	Supralitoral	+++/>++	Rocío	-	+++
Base de la pared	Eulitoral alto	+++	Rocío	-	+++
Plataforma interna	Eulitoral media	++	Corriente	+	-
Plataforma externa	Eulitoral baja	++	Rompiente	+++	-

La localidad estudiada (8°40'3.97"N y 95°7'47.32"O), se encuentra al noroeste de la región de “Los Tuxtlas”, en la costa del pueblo de “Playa Hermosa” en el municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, cuenta con un clima cálido (AM) con lluvias de verano y de monzón de acuerdo a la clasificación de Köppen (Soto-Esparza y Gama, 1994). En esta localidad se presenta un régimen de lluvias es estacional (de 3000 a 4500 mm/año), la época lluviosa base presenta de junio a febrero y una seca que abarca de marzo a mayo. La localidad es afectada por ciclones tropicales de junio a noviembre y recibe masas de aire polar de noviembre a febrero (Soto-Esparza 2004).

Está formada por una protrusión basáltica limitada por dos playas arenosas. Esta protrusión rocosa (que llamaremos en adelante “plataforma”), es predominantemente horizontal, aunque está limitada hacia el mar por una pared vertical sumergida en pleamar y hacia la costa por una pared vertical siempre emergida. La “plataforma” presenta un borde irregular con tres orientaciones o “caras”, una hacia el norte, una al noreste y una hacia el sureste, de éstas, sólo la sureste parte se estudió en el presente trabajo (Lámina 1A).

La “plataforma” tiene aproximadamente de 38 m de largo por 11 m de ancho) está compuesta por dos estructuras, una plataforma con pendiente cercana a 0°, adyacente al mar, de relieve más o menos ondulado, y que se encuentra más o menos a la altura del este; y una pared vertical agrietada (pendiente cercana a 70°) de aproximadamente 4 m de altura, en cuya parte más alta está cubierta de vegetación terrestre.

Por la cobertura del oleaje que recibe la “Plataforma” en la marea baja, puede ser dividida en 4 zonas (Lámina 3B-D). Desde el mar hacia la parte interna están la “Plataforma externa” (5 m de ancho) que se encuentra siempre húmeda por estar en contacto con la zona de rompiente del oleaje, por lo que se considera que constituye la eulitoral baja; una “Plataforma interna” (6 m de ancho) que en marea baja se constituye con gran cantidad de pozas de marea aisladas del mar, con bordes que llegan a desecarse por lo que es considerada eulitoral media. A continuación, le sigue una franja de relieve más o menos irregular, que se eleva desde la plataforma con una inclinación aproximada de 30° y que puede ser considerada como el eulitoral alto, que denominaremos “Base de la pared”. Finalmente se presenta una “Pared vertical” e insolada de relieve irregular (4 m de alto) y cuya humedad proviene principalmente del rocío marino, por lo que es considerada como la supralitoral.

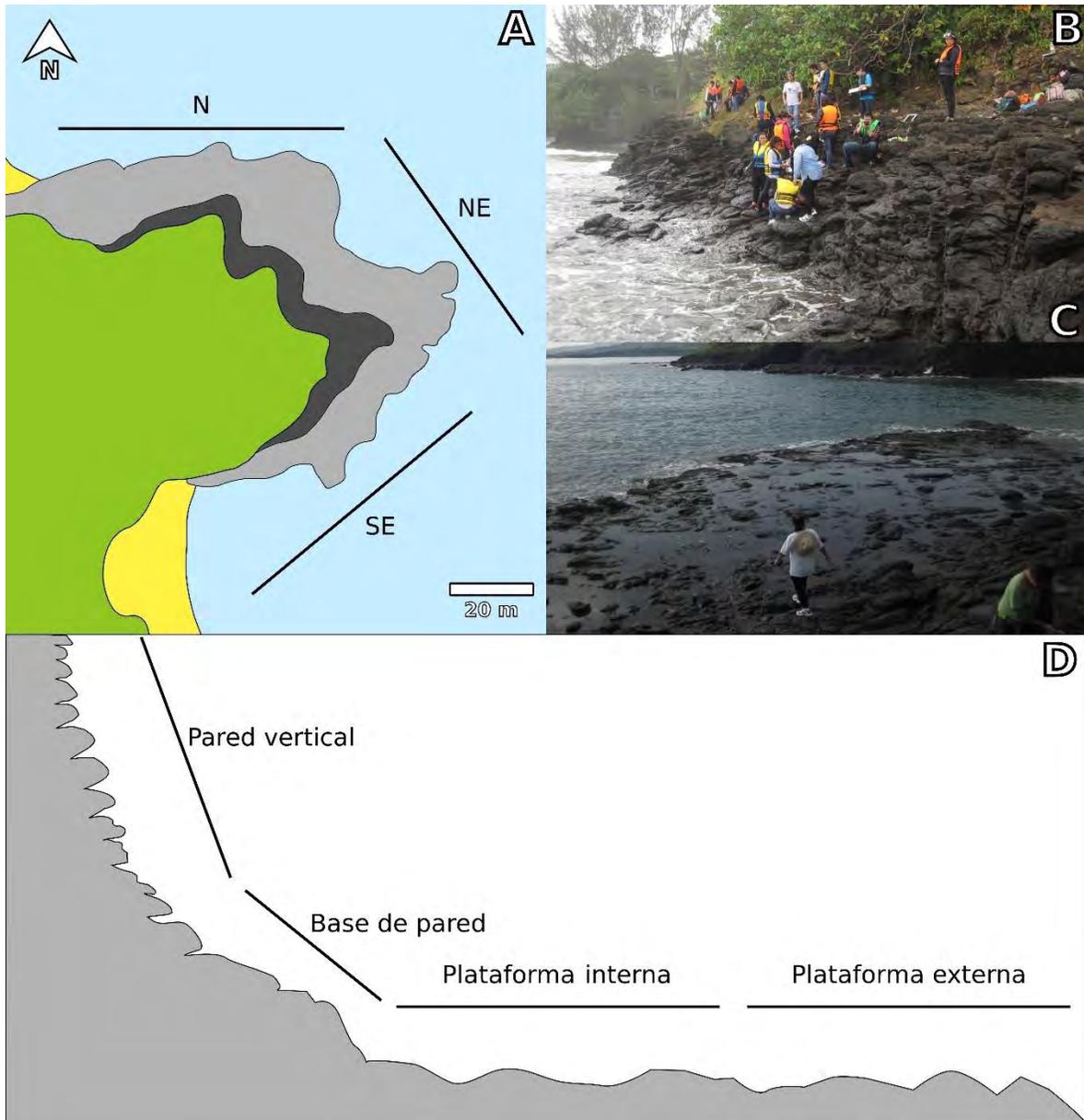


Lámina 1: Caracterización del área de estudio. A: Protusión basáltica de Playa Hermosa. B: Pared Vertical y Base de Pared. C: Plataforma. D: Esquema de los ambientes estudiados.

## 5. Método

El método se divide en dos partes: el trabajo de campo que consistió en la colecta y preservación de las muestras obtenidas de la localidad, y el trabajo de laboratorio que consistió en la descripción morfológica y ecológica de los taxa de cianoprocariontes presentes en las muestras, así como su determinación taxonómica.

### 5.1 Colecta

Se realizaron tres muestreos, uno prospectivo (20 de octubre del 2012), más uno en la época de lluvias (20 de octubre del 2012) y otro en la época de secas (17 de mayo del 2013).

El muestreo se realizó buscando obtener los crecimientos más conspicuos de cianoprocariontes tanto de la plataforma (interna y externa), como de la pared basáltica y de la parte basal de esta pared. Las muestras se obtuvieron con marro, cincel y espátula, cuidando extraer los crecimientos junto con su sustrato. Cada uno de los crecimientos colectados se colocaron en bolsas de plástico selladas, se etiquetaron y se registraron las condiciones microambientales en las que crecían (relieve, insolación, tipo e intensidad del oleaje) de acuerdo al formato de campo (anexo 3).

Se obtuvieron 30 muestras, estas se dividieron en dos submuestras, una de las cuales se guardó en seco con perlas de Gel de sílice, mientras que la otra se fijó en formalina marina glicerinada al 4% (Smithsonian Institute 2016a). Fueron estas últimas muestras las utilizadas para la caracterización morfológica. Todas las muestras se ingresaron a la Colección de Cianoprocariontes de la Facultad de Ciencias de la UNAM (FCME-C).

### 5.2 Trabajo de Laboratorio y gabinete

Los crecimientos de cianoprocariontes de las muestras fueron revisados y descritos de manera preliminar con un microscopio estereoscópico Nikon SZ71. Fragmentos de los

crecimientos fueron extraídos con agujas de disección y pinzas de relojero, y con ellos se realizaron preparaciones semipermanentes en gelatina glicerinada marina (Smithsonian Institute 2016b).

La morfología se caracterizó a partir de observaciones, y micro-fotografías de los caracteres diacríticos, utilizando claves taxonómicas clásicas (Hollenberg 1939; Komárek y Anagnostidis 1998 y 2005; y Komárek, 2013) y artículos especializados del grupo (Gamma Jr. 2014; González-Reséndiz *et al.* 2015; Genuario *et al.* 2015).

Las micro-fotografías se tomaron con un microscopio Olympus BX51 equipado con una cámara digital DP12. Los caracteres diacríticos se midieron con el programa SigmaScan Pro© (N=30).

Como parte de la la caracterización se elaboró una descripción taxonómica considerando la morfología de los taxa y en especial los caracteres diacríticos. Adicionalmente se realizaron anotaciones sobre las condiciones ambientales de las muestras y su distribución, así como datos de registro en la colección. El arreglo taxonómico se realizó de acuerdo al sistema de clasificación de Komárek *et al.* (2014).

## 6. Resultados

### 6.1 Riqueza y composición

Se describieron morfológica y ecológicamente un total de 23 morfotipos de cianoprocariontes. Estos se distribuyen en 11 familias y 7 órdenes (ver listado sistemático). Con 11 especies el orden Nostocales fue el taxón más diverso (láminas 7-12); es seguido por Chroococcales con 5 especies (láminas 3-4); Oscillatoriales con tres (lámina 6); Synechococcales con dos (lámina 2A-D); y Spirulinales (lámina 2E-G), Chroococciopsidales (lámina 5 E-G) y Pleurocapsales (lámina 5 A-D) con sólo una especie (ver 6.2 Inventario Taxonómico).

En la localidad, las cianoprocariontes con crecimientos más conspicuos fueron *Petalonema* sp. (Pared vertical), *Kyrtuthrix* sp. y *Rivularia* cf. *bullata* (Plataforma externa e interna). Sobre estos géneros se encontraron epífitos como (*Hyella seriata*, *Chroococcus* sp.1, *Calothrix* sp.1 y *Calothrix* sp.3). Se reportan además de las especies epilíticas, las epífitas de la rodofita *Bostrychia* sp. en el supralitoral (pared y base de la pared) por varios taxa de cianoprocariontes (*Chroococcus* sp.1, *Blennothrix* cf. *lyngbyacea*, *Lyngbya* cf. *semiplena* y *Spirulina* cf. *tenerrima*).

Del total de 23 especies reportadas en el estudio, 17 se encontraron exclusivamente en solo uno de los ambientes estudiados (Tabla 3), es posible decir entonces que la mayor parte de ellas tiene una distribución aparentemente restringida a condiciones ambientales específicas.

En el presente trabajo se reporta una riqueza de cianoprocariontes ligeramente menor en comparación a estudios anteriores de localidades del Atlántico americano tropical (Sant'Anna 1985, 1995, 1997, y Sánchez-Hernández 2016). En cuanto a la riqueza de especies de cianoprocariontes por los órdenes clásicos Nostocales, Oscillatoriales o Chroococcales, el presente trabajo se diferencia de los trabajos mencionados en el párrafo anterior y de revisiones bibliográficas de la diversidad de cianoprocariontes realizadas para

el Golfo de México (León-Tejera *et al.* 2009, y Muñoz-Villaseñor 1996), en que en las heterocitas presentaron la mayor proporción de especies, mientras que en trabajos previos esta posición había sido ocupada por las cianoprocariontes coccas o las filamentosas sin heterocitos (Tabla 2).

Tabla 2: Comparación entre los ambientes, número de especies, esfuerzo de muestreo entre los trabajos que estudian la diversidad de cianoprocariontes del Atlántico tropical

	<b>Presente trabajo</b>	<b>Hernández Sánchez 2016</b>	<b>Sant'Anna 1985</b>	<b>Sant'Anna 1995</b>	<b>Sant'Anna 1997</b>
<b>Especies totales</b>	23	27	40	30	36
<b># de muestras</b>	30	81	65	53	48
<b>Localidades estudiadas</b>	Playa Hermosa, Veracruz	Playa Muñecos, Veracruz	Playas de Peruibe y Dos Sonhons, en el Municipio de Itanhaem.	Playas Peirinha, Das Bonbas y Itacuruca de la Isla de Cardoso	Varias playas en el Municipio de Ubatuba
<b>Ambientes estudiados</b>	Plataforma rocosa (eulitoral bajo y medio), Pared Vertical (supralitoral), y Base de la Pared (eulitoral alto).	Plataforma rocosa en el eulitoral con gran conexión con el mar. Arco de roca en el supralitoral.	Sublitoral, eulitoral, supralitoral, y pozas de marea en 3 intensidades baja, media y alta de oleaje	Supralitoral, epifitas de macroalgas del eulitoral y sublitoral, y raspados de conchas	Supralitoral y raspados de conchas
<b>Chroococcales</b>	26%	57%	20%	17%	25%
<b>Nostocales y Stigonematales</b>	48%	17%	17.5%	17%	8%
<b>Oscillatoriales</b>	26%	25%	62.5%	66%	67%
<b>Tiempo de muestreo</b>	1.5 años	3 años	1 colecta	5 años	5 años
<b># de muestras</b>	30	81	65	53	48

## 6.2 Inventario taxonómico con base en a Komárek *et al.* 2014

**ORDEN:** Synechococcales Hoffmann, Komárek et Kastovsky, 2005

**FAMILIA:** Schizotrichaceae Elenkin, 1934

**GÉNERO:** *Trichocoleus* Anagnostidis, 2001

*Trichocoleus* sp.

**GÉNERO:** *Schizothrix* Kützing ex Gomont, 1892

*Schizothrix helva* Frémy, 1939

**ORDEN:** Spirulinales Komárek, Kastovsky, Mares et Johansen, 2014

**FAMILIA:** Spirulinaceae (Gomont) Hoffmann, Komárek et Katovský, 2014

**GÉNERO:** *Spirulina* Turpin ex Gomont, 1892

*Spirulina cf. tenerrima* Kützing & Gomont, 1892

**ORDEN:** Chroococcales Schaffn, 1922.

**FAMILIA:** Aphanothecaceae (Komárek & Anagnostidis) Komárek, Kastovsky, Mares et Johansen, 2014

**GÉNERO:** *Aphanothece* Nägeli, 1849

*Aphanothece cf. saxicola* Nägeli, 1849

**GÉNERO:** *Gloeothece* Nägeli, 1849

*Gloeothece cf. fusco-lutea* Nägeli, 1849

**FAMILIA:** Chroococaceae Rabenhorst, 1863

**GÉNERO:** *Chroococcus* Nägeli, 1849

*Chroococcus* sp.

**GÉNERO:** *Cyanosarcina* Kováčik, 1988

*Cyanosarcina cf. chroococcoides* (Geitler) Kováčik 1988

**ORDEN:** Pleurocapsales Cavalier-Smith, 2002

**FAMILIA:** Hyellaceae Borzi, 1914

**GÉNERO:** *Hyella* Bornet et Flahault, 1886

*Hyella seriata* (Hollenberg) Komárek et Anagnostidis 1995

**ORDEN:** Oscillatoriales Cavalier-Smith, 2002

**FAMILIA:** Oscillatoriaceae (Gray) Harvey ex Kirchner, 1898

**GÉNERO:** *Blennothrix* Kützing ex Anagnostidis et Komárek, 1988

*Blennothrix cf. lyngbyacea* (Kützing ex Gomont) Anagnostidis et Komárek, 1988

**GÉNERO:** *Lyngbya* Agardh ex Gomont, 1892

*Lyngbya semiplena* Agardh ex Gomont, 1882

*Lyngbya* sp.

**ORDEN:** Chroococcidiopsidales Komárek, Kastovsky, Mares et Johansen, 2014

**FAMILIA:** Chroococcidiopsidaceae Komárek, Kastovsky, Mares et Johansen, 2014

**GÉNERO:** *Chroococcidiopsis* Geitler, 1933

*Chroococcidiopsis cf. fissurarum* (Ercegović) Komárek et Anagnostidis, 1995

**ORDEN:** Nostocales Cavalier-Smith, 2002

**FAMILIA:** Nostocaceae Agardh 1824 ex Kirchner, 1898

**GÉNERO:** *Halotia* Genuario, Marcal Vieira Vaz, Scotta hentschke, Sant'Anna, y Fiore, 2015

*Halotia* sp.

**FAMILIA:** Scytonemataceae Rabenhorst ex Bornet et Flahault, 1887

**GÉNERO:** *Petalonema* Berkeley ex Correns, 1898

*Petalonema* sp.

**GÉNERO:** *Scytonematopsis* Kiseleva, 1930

*Scytonematopsis cf. crustacea* (Thuret ex Bornet et Thuret) Kováčik et Komárek, 1988

**FAMILIA:** Rivulariaceae Kützing ex Bornet et Flahault, 1886

**GÉNERO:** *Calothrix* Agardh ex Bornet et Flahault, 1886

*Calothrix cf. contarenii* (Zanardini) Bornet et Flahault, 1886

*Calothrix nodulosa* Setchell et Gardner, 1924

*Calothrix* sp. 1

*Calothrix* sp. 2

*Calothrix* sp. 3

**GÉNERO:** *Kyrtuthrix* Ercegović, 1929

*Kyrtuthrix* sp.

**GÉNERO: *Rivularia*** (Roth) Agardh ex Bornet et Flahault, 1886

*Rivularia cf. bullata* Berkeley ex Bornet et Flahault, 1886

**FAMILIA:** Hapalosiphonaceae Elenkin, 1916

**GÉNERO: *Mastigocoleus*** Lagerheim ex Bornet et Flahault, 1886

*Mastigocoleus cf. testarum* Lagerheim ex Bornet et Flahault, 1887

### 6.3 Distribución espacial y temporal

La “Pared vertical” (supralitoral) y la “Plataforma externa” (eulitoral baja) fueron los ambientes con la mayor riqueza de especies (10 cada uno), y fueron seguidas en número de especies por la “Base de la pared” vertical (eulitoral alta) (7 spp.) y la plataforma interna (eulitoral media) (5 spp.). Del total de especies, 17 se encontraron exclusivamente en solo uno de los ambientes estudiados (Tabla 3): 7 solo en la Pared Vertical (supralitoral), 4 solo en la Base de la Pared (eulitoral alta), una solo en la plataforma interna (eulitoral media) y 5 solo en la plataforma externa (eulitoral baja). 8 especies se encontraron creciendo en dos zonas diferentes, y ninguna cianoprocarionta se encontró creciendo en 3 o 4 zonas (tabla 3). Ambas temporadas presentaron aproximadamente el mismo número de especies (17 en lluvias y 15 en secas). De las 23 especies reportadas, 9 especies se presentaron en ambas temporadas (Tabla 3) y 8 se presentó solo en lluvias y 6 solo en secas.

**Tabla 3: Distribución espacial y temporal de las especies de cianoprocariotas bénticos registradas en este trabajo.**

	Plataforma Externa	Plataforma Interna	Base de la Pared	Pared Vertical
<i>Aphanothece cf. saxicola</i>			Secas 2013	
<i>Blennothrix cf. lyngbyacea</i>				Secas 2013
<i>Calothrix cf. contarenii</i>	Lluvias 2013			
<i>Calothrix cf. nodulosa</i>		Lluvias 2013		
<i>Calothrix</i> sp.1				Lluvias 2013
<i>Calothrix</i> sp.2	Lluvias 2013			
<i>Calothrix</i> sp.3	Lluvias y Secas 2013			Lluvias 2013
<i>Chroococidiopsis cf. fissurarum</i>	Lluvias 2013		Secas 2013	
<i>Chroococcus</i> sp1			Secas 2013	Lluvias y Secas 2013
<i>Cyanosarcina cf. chroococcoides</i>			Lluvias 2013	
<i>Gloeothece cf. fusco-lutea</i>				Secas 2013
<i>Halotia</i> sp.				Secas 2013
<i>Hyella seriata</i>	Lluvias y Secas 2013	Secas 2013		
<i>Kyrtuthrix</i> sp.	Lluvias 2012 Lluvias y Secas 2013	Lluvias 2013		
<i>Lyngbya cf. semiplena</i>			Lluvias 2013	Lluvias 2013
<i>Lyngbya</i> sp.1			Lluvias 2013	Lluvias y Secas 2013
<i>Mastigocoleus cf. testarum</i>	Lluvias 2013			
<i>Petalonema</i> sp.				Lluvias y Secas 2013
<i>Rivularia cf. bullata</i>	Lluvias 2012 Lluvias y Secas 2013	Lluvias 2012 Secas 2013		
<i>Scytonematopsis cf. crustacea</i>	Lluvias 2012 Lluvias y Secas 2013	Lluvias 2012 Lluvias y Secas 2013		
<i>Schizothrix helva</i>			Secas 2013	
<i>Spirulina cf. tenerrima</i>				Secas 2013
<i>Trichocoleus</i> sp.1	Lluvias 2013			

## 6.4 Descripciones

**SYNECHOCOCCALES** Hoffmann, Komárek et Kastovsky, 2005

**SCHIZOTRICHACEAE** Elenkin, 1934

*Trichocoleus* Anagnostidis, 2001

*Trichocoleus* sp.

### Lámina 2 A-B

Filamentos de color verde amarillento, no ramificados, de hasta 30  $\mu\text{m}$  de ancho, formados por tricomas (6-28) trenzados dentro de vainas comunes firmes, no estratificadas, hialinas en su centro y amarillentas en sus bordes. Las vainas comunes están abiertas en sus extremos. Las vainas individuales no son evidentes en microscopia de luz. Los tricomas miden (0.3) 0.4-0.8  $\mu\text{m}$  de ancho, son de color verde claro, no presentan constricciones y terminan en una célula apical cónica. Las células tienen un largo de 0.8-1.8 (2)  $\mu\text{m}$ .

Información ambiental: Creciendo en la base del crecimiento de *Calothrix* cf. *contarenii*, en la plataforma externa (eulitoral bajo). Colectada en la temporada de Secas 2013

Notas: Con respecto a las especies de *Trichocoleus* que aparecen en Komárek (2005), nuestras poblaciones son morfológicamente similares a *Trichocoleus polythrix*, en el ancho de los filamentos (0.5-1  $\mu\text{m}$ ), el largo de las células (dos veces más largas que anchas), y en el tipo de ápices (redondeados). Sin embargo, por la diferencia en el número de tricomas por filamento (hasta 6), el ancho de los filamentos (6-10  $\mu\text{m}$ ), y la presencia de vainas individuales evidentes, no es posible agrupar nuestras poblaciones dentro de ese taxón.

Muestras: FCME-C1075

*Schizothrix* Kützing ex Gomont, 1892

*Schizothrix helva* Frémy, 1939

**Lámina: 2 C-E**

Fascículos verdes claro de hasta 18  $\mu\text{m}$  de ancho. Están compuestos de 3 a 10 filamentos trenzados (1.5-2.6  $\mu\text{m}$  de ancho), rodeados por una vaina común abierta en los extremos. La vaina individual es evidente, es firme, hialina, no estratificada, y tienen un ancho de (0.2) 0.4-0.8  $\mu\text{m}$ . Los tricomas tienen un ancho de 0.6-1.2  $\mu\text{m}$ , no presentan constricciones. Las células tienen un largo de (1) 1.2-2.3  $\mu\text{m}$ , son cilíndricas, más largas que anchas. La célula apical es redondeada.

Información Ambiental: Epilítica, creciendo como parte de un tapete costroso, en la base de la pared vertical (supralitoral).

Temporalidad: Lluvias y Secas 2013

Notas: Esta especie fue descrita para el Caribe (Islas Vírgenes) (Komárek y Anagnostidis 2005). Nuestras poblaciones se diferencian morfológicamente de las reportadas en Komárek y Anagnostidis (2005) en el menor número de tricomas por filamento (hasta 3) y las menores dimensiones celulares (Komárek y Anagnostidis 2005: 2.5 $\mu\text{m}$  de largo por 1 $\mu\text{m}$  de ancho). Ecológicamente crecen en un sustrato calcáreo, mientras que las nuestras crecen en roca basáltica.

Primer reporte de la especie para mares mexicanos.

Muestras: FCME-C928, FCME-C965 y FCME-C967

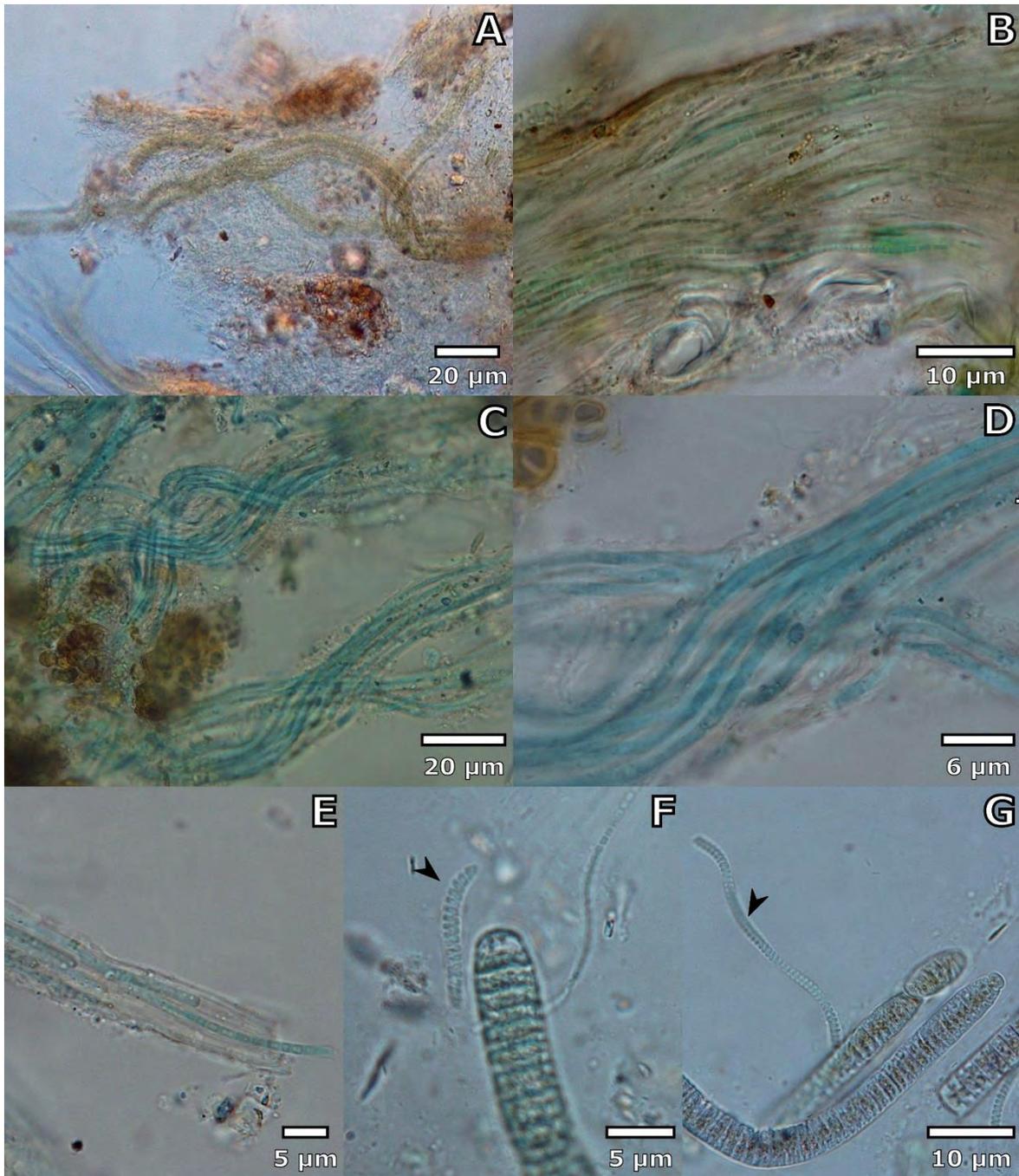


Lámina 2: Micrografías en microscopía de luz de las especies reportadas de las familias Synetochococcaceae y Spirulinaceae. A-B: *Trichocoleus* cf. *polythrix*. C-D: *Schizothrix* cf. *helva*. E-G: *Spirulina* cf. *tenerrima*.

**SPIRULINALES** Komárek, Kastovsky, Mares et Johansen, 2014

**SPIRULINACEAE** (Gomont) Hoffmann, Komárek et Katovský, 2014

*Spirulina* Turpin ex Gomont, 1892

*Spirulina* cf. *tenerrima* Kützing ex Gomont, 1892

**Lámina: 2 F-G**

Filamentos solitarios de color verde claro, sin vaina evidente, y enrollados dextrógiramente. Los tricomas tienen un grosor de 0.31-0.45  $\mu\text{m}$ , no tienen constricciones, y los septos no son visibles en microscopia de luz. Los giros del filamento tienen un diámetro de 0.8-1.27  $\mu\text{m}$ , y una altura de 0.61-0.8 (1.13)  $\mu\text{m}$ .

Información Ambiental: En grietas de la pared vertical (supralitoral), en creciendo entre filamentos de *Blennothrix* cf. *Lyngbyacea*.

Temporalidad: Secas 2013

Notas: A pesar de las coincidencias en grosor de los tricomas (0.3-0.6  $\mu\text{m}$ ) y altura de los giros (0.8-1(1.2-2)  $\mu\text{m}$ ) entre la descripción que aparece en Komarék y Anagnostidis (2005) y nuestro taxón, las diferencias entre el ambiente de esta población y el ambiente continental de donde Kützing (1843) describió originalmente a esta especie (arena en macetas en Europa), nos hacen concluir que este taxón es probablemente una especie críptica del género. Por consiguiente, se reporta esta especie como “cónfer”.

Primer registro de este género para las costas del estado de Veracruz.

Muestras: FCME-C924

## **CHROOCOCCALES** Schaffn, 1922

### **APHANOTHECACEAE** (Komárek y Anagnostidis) Komárek, Kastovsky, Mares et Johansen, 2014

*Aphanothece* Nägeli, 1849.

*Aphanothece* cf. *saxicola* Nägeli, 1849

#### **Lámina 3 A-C**

Colonias microscópicas más o menos circulares (hasta 116  $\mu\text{m}$  de diámetro) formada por numerosas células. Las vainas comunes son hialinas y difluentes, salvo en los bordes de la colonia, donde son amarillas. Las células son ovoides, midiendo (1.9) 2.1-2.7 (3.2)  $\mu\text{m}$  de largo y 1.4-2 (2.3)  $\mu\text{m}$  de ancho, presentan un contenido celular azul y pueden presentar un cuerpo refringente. La división celular es en un solo plano, perpendicular al eje más largo de las células. Las vainas individuales solo se observan en los extremos de la colonia, son amarillas y estratificadas, midiendo de 0.4-0.9 (1.9)  $\mu\text{m}$  de ancho.

Información Ambiental: Epilítica, en la base de la pared vertical (eulitoral alta), creciendo como parte de un tapete costroso.

Temporalidad: Secas 2013

Notas: A pesar de que el taxón que se describe aquí presenta una morfología y dimensiones coincidentes con la descripción que aparece en Komárek y Anagnostidis (1998), este taxón es reportado como “cónfer” por las diferencias ambientales entre el hábitat del material de Playa Hermosa (creciendo en el eulitoral alto en una localidad tropical en el Atlántico americano) y el de la población a partir de la cual Nägeli realizó la descripción original en 1849 (una ambiente continental de Zurich, Suiza). Este taxón es probablemente una especie críptica del género.

Primer reporte de esta especie para mares mexicanos.

Muestras: FCME-C965

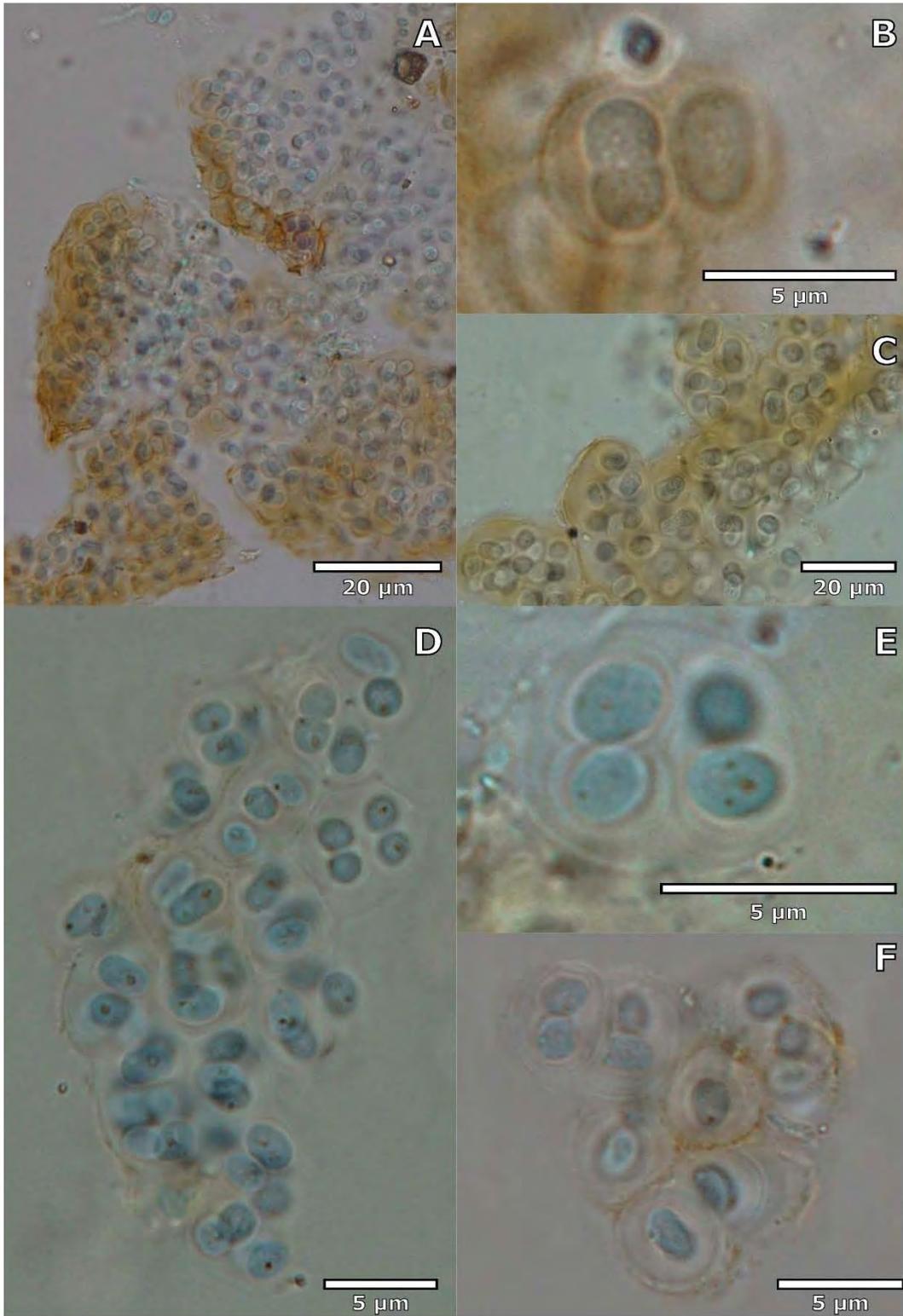


Lámina 3: Micrografías en microscopía de luz de las especies reportadas de la familia Aphanothecaceae. A-C: *Aphanothece* cf. *saxicola*. D-F: *Gloeotheca* cf. *fusco-lutea*.

*Gloeothece* Nägeli, 1849

*Gloeothece cf. fusco-lutea* Nägeli, 1849

### **Lámina 3 D-F**

Colonias microscópicas de forma irregular, compuestas por 4-20 (45) células. Presentan una vaina común firme y estratificada, esta es hialina, aunque puede ser amarillenta en la periferia de la colonia. Las células son verdes-azules, tienen una forma esférica a ovoide, y miden (1.8) 2-2.6 (2.8)  $\mu\text{m}$  de largo por (1.1) 1.3-1.8 (2)  $\mu\text{m}$  de ancho. Pueden presentar de 1 a 2 cuerpos refringentes.

Información Ambiental: Epilítica, en la base de la pared vertical (eulitoral alta), creciendo como parte de un tapete costroso.

Temporalidad: Secas del 2013

Notas: Esta especie fue originalmente descrita para rocas húmedas en Zurich, Suiza (Nägeli 1849). Ha sido reportada para otras localidades dulceacuícolas de latitudes templadas y tropicales (Gama *et al.* 2014; Komárek y Anagnostidis 1998) con dimensiones celulares mayores a las de nuestras poblaciones. Estas poblaciones son reportadas como pertenecientes a esta especie (aunque como “cónfer”), debido a las coincidencias que hay en la forma de crecimientos de ambas, aunque el ambiente en el que crecen es distinto, por lo que posiblemente representa una especie críptica.

Primer reporte de esta especie para mares de México.

Muestras: FCME-C965

## CHROOCOCCACEAE Rabenhorst, 1863

*Chroococcus* Nägeli, 1849

*Chroococcus* sp. 1

### Lámina 4 A-B

Colonias microscópicas irregularmente esféricas, compuestas por múltiples sub-colonias de 2 a 4 y hasta 8 células. La colonia no presenta una vaina común, sin embargo, las vainas individuales más viejas envuelven la colonia. Las vainas individuales son firmes y bien delimitadas, son hialinas, y tienen un ancho de 0.2 a 0.6  $\mu\text{m}$ . Las células son ovoides a hemisféricas, también son de color azul claro, y tienen un diámetro de (0.2) 0.7-1.6 (2.3)  $\mu\text{m}$ .

Información Ambiental: En grietas de la pared vertical (supralitoral), epífito de *Petalonema* cf. *incrustans* y *Lyngbya* sp. 1. Epilítico en la base de la pared vertical (eulitoral alta), creciendo como parte de un tapete costroso.

Temporalidad: Lluvias y Secas 2013

Notas: Con respecto a las especies de *Chroococcus* que se describen en la bibliografía (Komárek y Anagnostidis 1999; Gama *et al.* 2014) este taxón es morfológicamente similar a *C. turgidus* en la forma en que las vainas más viejas rodean a las sub-colonias, y a *C. quaternarius* en la forma de organización de la colonia, sin embargo difiere de ambas especies en que ambas fueron originalmente descritas para ambientes dulceacuícolas, y en que el diámetro celular de este taxón fue menor que los de ambas especies (Respectivamente (6) 8-32 (45)  $\mu\text{m}$  y 27  $\mu\text{m}$ ), Es por estas diferencias que no fue posible identificar nuestras poblaciones a nivel de especie.

Muestras: FCME-C965, FCME-C1041 y FCME-C1086

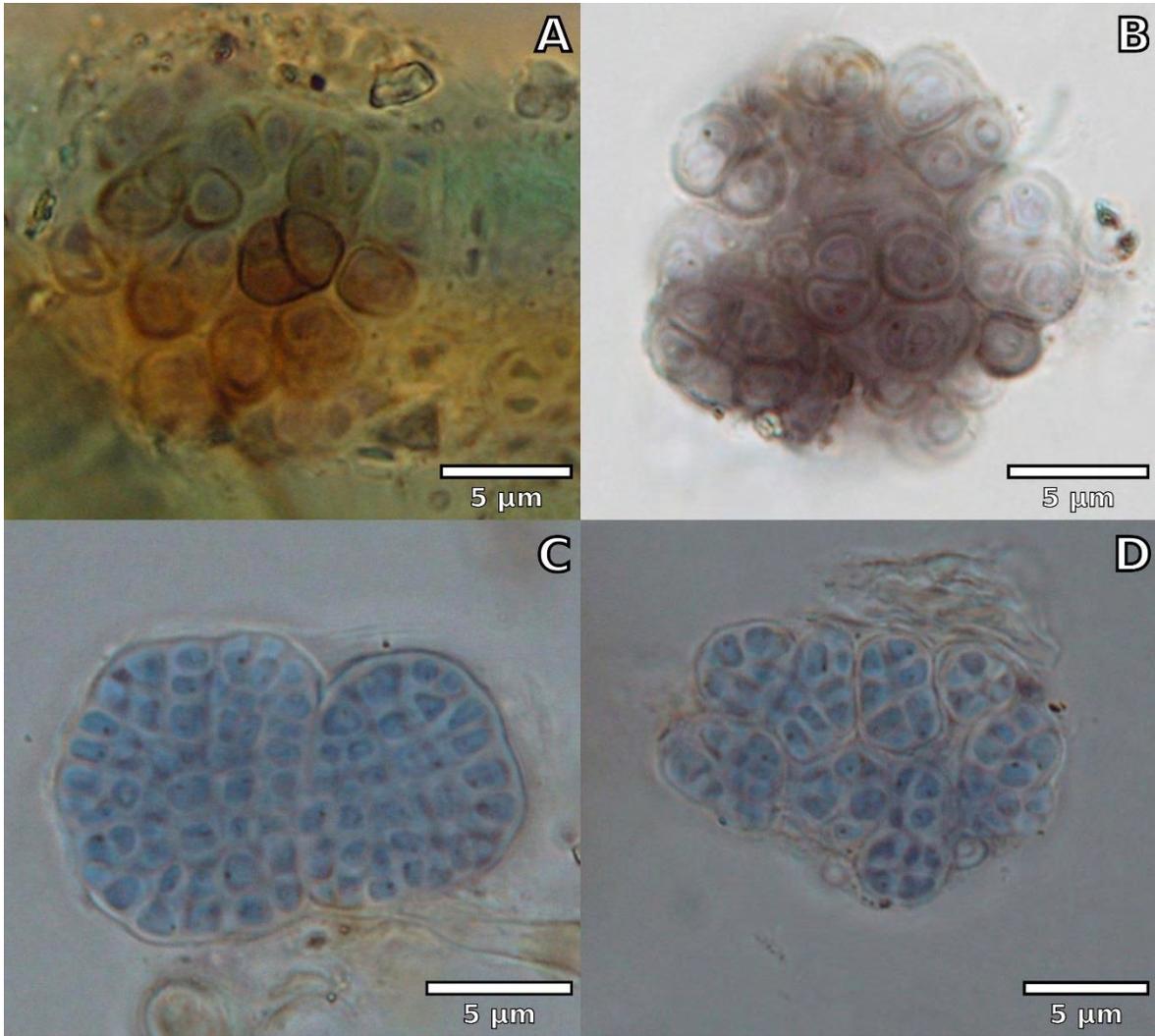


Lámina 4: Micrografías en microscopía de luz de las especies reportadas de la familia Chroococcaceae. A-B: *Chroococcus* sp. 1. C-D: *Cyanosarcina* cf. *chroococcoides*.

*Cyanosarcina* Kováčik, 1988

*Cyanosarcina* cf. *chroococcoides* (Geitler) Kováčik, 1988

#### **Lámina 4 D-E**

Colonias microscópicas, con un diámetro de hasta 17  $\mu\text{m}$ , compuestas por colonias agrupadas en paquetes sarcinoides más o menos regulares de hasta 60 células. Presentan una vaina común firme, hialina y delgada, que mide 0.3-0.5 (0.8)  $\mu\text{m}$  de ancho, que encierra a los paquetes de células. Las células miden de (0.7) 0.9-1.1 (1.3)  $\mu\text{m}$  de diámetro, son hemisféricas a ovoides, y tienen un contenido celular azul, Algunas células presentan un cuerpo refringente.

Información Ambiental: Epilítica, creciendo como parte de un tapete costroso, al borde de la pared vertical (eulitoral alta).

Temporalidad: Secas 2013

Notas: Por las diferencias en ecología (se distribuye en paramos y pantanos templados en la Europa Central) y dimensiones celulares (diámetro celular: 9-10  $\mu\text{m}$ ) que esta población presenta con la descripción que aparece en Komárek (1999), la presente se reporta como “cónfer”. Este taxón es probablemente una especie críptica del género.

Primer reporte de esta especie para mares mexicanos.

Notas taxonómicas: FCME-C965

## PLEUROCAPSALES Cavalier-Smith, 2002

### HYELLACEAE Borzi, 1914

#### *Hyella* Bornet et Flahault, 1886

#### *Hyella seriata* (Hollenberg) Komárek et Anagnostidis, 1995

### Lámina 5 A-D

Talos pseudofilamentosos uniseriados no ramificados de color verde que miden de 2.4-4.7  $\mu\text{m}$  de ancho y hasta 40 de largo. Las células son cilíndricas en la base de los pseudofilamentos, midiendo 1-2.5 (2.7)  $\mu\text{m}$  de largo por (0.3) 0.5-1 (1.2)  $\mu\text{m}$  de ancho. Las células de la parte media y apical son hemisféricas a esféricas, midiendo respectivamente de largo y ancho 0.5-0.9 (1.4)  $\mu\text{m}$  por 1-2 (3)  $\mu\text{m}$  y (0.5) 0.6-1.2  $\mu\text{m}$  por 0.8-1.3 (1.6)  $\mu\text{m}$ . La reproducción es por baeocitos, que se forman a partir de las células más superficiales.

Información Ambiental: En las partes interna y externa de la plataforma (eulitoral bajo y medio), como endófito de *Rivularia cf. bullata*.

Temporalidad: Secas 2012 y Lluvias 2013.

Notas: Nuestras poblaciones con la descripción original de la especie (Hollenberg 1939), en ecología (descrita como endófito de *Isaactis sp. en* la costa del Pacífico norteamericano), dimensiones celulares (Largo de 100-140 (170)  $\mu\text{m}$ , ancho en región basal de 3-6  $\mu\text{m}$ , y de hasta 12  $\mu\text{m}$  en la subapical y hábito de crecimiento (filamentos uniseriados)..

Primer reporte de esta especie para mares mexicanos.

Muestras: FCME-C866, FCME-C926, FCME-C1057, FCME-C1082

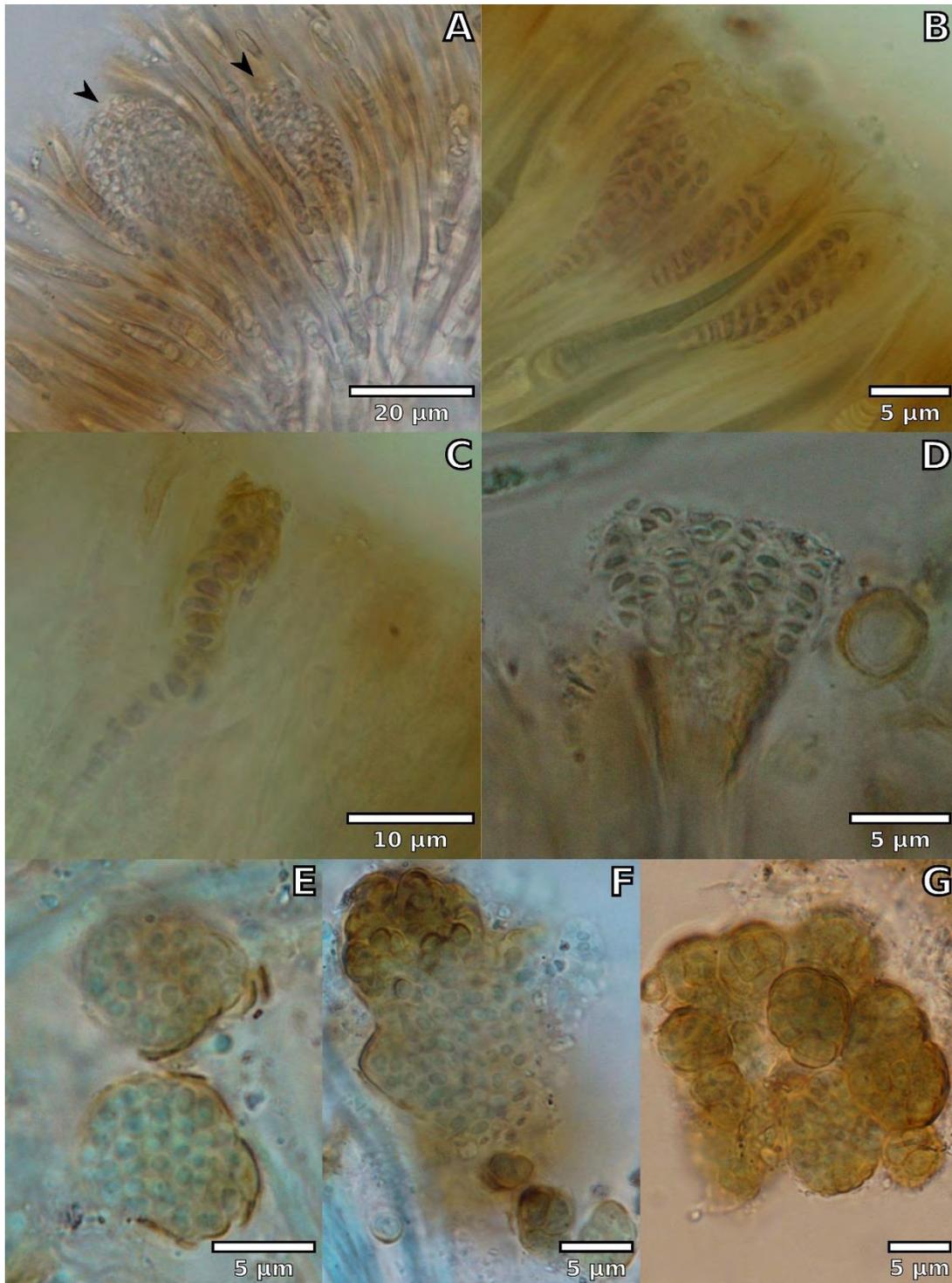


Lámina 5: Micrografías en microscopia de luz de las especies reportadas de las familias Hyellaceae y Chroococidiopsidaceae. A-D: *Hyella seriata*. E-G: *Chroococidiopsis cf. fissurarum*.

**OSCILLATORIALES** Cavalier-Smith, 2002  
**OSCILLATORIACEAE** (S. F. Gray) Harvey ex Kirchner, 1898

***Blennothrix*** Kützing ex Anagnostidis et Komárek, 1988

***Blennothrix cf. lyngbyacea*** (Kützing ex Gomont) Anagnostidis et Komárek, 1988

**Lámina 6 A-C**

Talo cespitoso de color verde oscuro, conformado por filamentos formados por haces de hasta 12 tricomas trenzados. Los filamentos miden 5.6-6.7 (8.5)  $\mu\text{m}$  de ancho, son de color verde claro. Están rodeados por una vaina común que mide hasta 2  $\mu\text{m}$ , esta es hialina y muy difluente. Los tricomas no tienen vaina individual evidente, miden (3.7) 4-4.6 (4.9)  $\mu\text{m}$  de ancho, son cilíndricos, pueden ser rectos o ligeramente curvados y están ligeramente constreñidos. Los tricomas están ligeramente atenuados hacia sus ápices, los cuales terminan en una célula capitada. Las células miden (0.8) 1.1-1.8 (2.1)  $\mu\text{m}$  de largo, son siempre más cortas de anchas, y presentan granulaciones en su citoplasma. La reproducción por hormogonios.

Información Ambiental: Creciendo entre crecimientos de *Bostrychia* sp. en grietas de la pared vertical (supralitoral).

Temporalidad: Secas 2013

Notas: Al comparar la descripción de nuestra población con la que reporta Hernández-Sánchez el 2016, concluimos que ambas poblaciones probablemente pertenecen al mismo taxón (Tabla 4). Esta población se reporta como “cónfer” por las diferencias ambientales con respecto a la descripción de esta especie que aparece en Komárek (2005), (Tabla 4). Este taxón es probablemente una especie críptica del género.

Muestra: FCME-C924

Tabla 4: Comparación de la morfología reportada para *Blennothrix cf. lyngbyacea* en diferentes trabajos.

	<b>Presente trabajo</b>	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>	<b>Komárek y Anagnostidis 2005</b>
<b>Localidad</b>	Playa Hermosa, Ver.	Playa Muñecos. Ver.	Mar del Norte y Mar Mediterráneo.
<b>Forma de crecimiento</b>	Talo cespitoso de color verde oscuro, conformado por filamentos compuestos por Fascículos de hasta 12 tricomas.	Tapete trenzado compuesto por Fascículos (formados por hasta 5 tricomas).	Talo cespitoso o compacto, mucilaginoso, de color azul oscuro, verde oscuro, o violeta, formados por haces de filamentos ramificados en sus ápices
<b>Vaina común</b>	Hasta 2 µm de ancho Hialina y difluente Contiene varios filamentos trenzados	Hialina y más o menos difluente	Hasta 10 µm de Ancho. Irregular o Mucilaginoso, firme en su interior e irregular en su exterior, puede difluente.
<b>Ancho filamento</b>	5.6-6.7 (8.5) µm	7-12 µm	(8) 9-11 (16) µm
<b>Tricoma</b>	(3.7) 4-4.6 (4.9) µm de ancho Termina en un ápice caliptrado con forma de botón	4-6 µm de ancho. Ápice caliptrado	(7.5) 9-11.3 (16) µm de ancho Ápice termina en una caliptra con forma de botón.
<b>Largo celular</b>	(0.8) 1.1-1.8 (2.1) µm	0.9-1.9 µm	(1.5) 2.5-4.5 µm
<b>Ambiente</b>	Marino. Creciendo entre crecimientos de <i>Bostrychia</i> sp. en grietas de la pared vertical (supralitoral)	Marino. Epilítica en pozas de marea de una plataforma rocosa ígnea.	Dulceacuícola. Afluente de aguas termales en una cañada

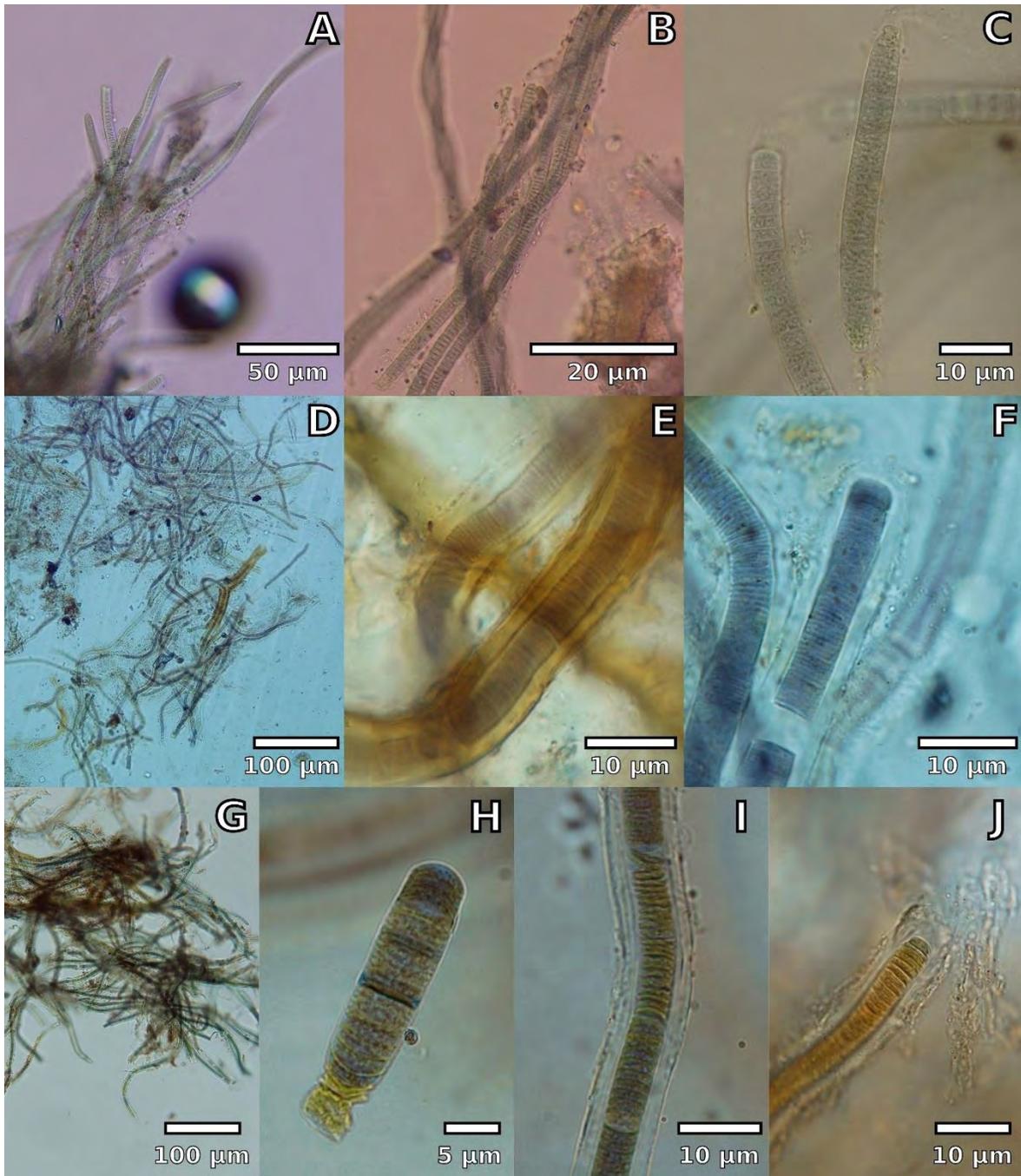


Lámina 6: Micrografías en microscopia de luz de las especies reportadas de la familia Oscillatoriaceae. A-C: *Blennothrix* cf. *lyngbyacea*. D-F: *Lyngbya* cf. *semiplena* G-J: *Lyngbya* sp.

*Lyngbya* Agardh ex Gomont, 1892

*Lyngbya cf. semiplena* Agardh ex Gomont, 1882

### Lámina 6 G-J

Talo formado por mechones de filamentos cafés. Los filamentos son rectos, tienen un ancho de (7.5) 8.4-10 (12)  $\mu\text{m}$ . Los tricomas son cilíndricos, de color, miden (3.5) 4.1-5 (5.6)  $\mu\text{m}$  de ancho, las células son siempre anchas que largas, presentando un largo de 0.4-1.3 (1.7)  $\mu\text{m}$ . Las vainas son hialinas, pueden presentar una estratificación paralela, tienen un grosor de (1) 1.4-3.1  $\mu\text{m}$ .

Información Ambiental: Creciendo como epífita de crecimientos de *Bostrychia* sp. en la base de la pared (eulitoral alta), y de *Petalonema cf. incrustans* en las grietas de la pared vertical (supralitoral).

Temporalidad: Lluvias 2013

Notas: A pesar de las coincidencias morfológicas y ecológicas de nuestras poblaciones con las descripciones que aparecen en Komárek y Anagnostidis (2005) y Sant'anna (1985, 1995, 1997) (Tabla 5), se reportan como "cónfer" por las diferencias geográficas ya que la descripción original se realizó con material del golfo de Trieste (Agardh 1824).

Reportada sin descripción para los estados de Veracruz y Yucatán por Ortega *et al.* (2001).

Primera descripción de la especie para el Golfo de México.

Muestras: FCME-C1041 y FCME-C1053

*Lyngbya* sp. 1

**Lámina 6 D-F**

Talo formado por filamentos enredados de color rojizo. Los filamentos son flexuosos, tienen un ancho de (6.8) 7.6-10  $\mu\text{m}$ . Las vainas pueden ir de hialinas a ámbar, presentan una estratificación paralela, tienen un ancho de (0.8) 1.7-2.7 (3.1)  $\mu\text{m}$ . Los tricomas tienen un ancho de 3.4-5.5 (6.1)  $\mu\text{m}$ , son cilíndricos, de color morado, las células son siempre más cortas que anchas, con un largo que va de 0.4-0.8  $\mu\text{m}$ , la célula terminal es redondeada.

Información Ambiental: Creciendo como epífita de crecimientos de *Bostrychia* sp. en la base de la pared (eulitoral alta), y de *Petalonema* cf. *incrustans* en las grietas de la pared vertical (supralitoral).

Temporalidad: Lluvias 2013

Notas: Por la combinación de células extremadamente cortas, ápice redondeado, y morfología de su vaina (estratificada y pigmentada), se considera que las poblaciones de este taxón son diferentes a las que se reportan en el presente trabajo como *Lyngbya* cf. *semplena* (Tabla 5). Además, estas poblaciones no coinciden morfológica y ecológicamente con otras descripciones de especies de *Lyngbya* que aparecen en Komarék y Anagnostidis (2005) y Sant'anna (1985, 1995, 1997).

Muestras: FCME-C928, FCME-C1053 y FCME-C1086

Tabla 5: Comparación de la morfología reportada para las especies de *Lyngbya* reportadas en este trabajo, con las descripciones de *Lyngbya semiplena* de la literatura.

	<i>Lyngbya cf. semiplena</i> (Playa Hermosa, Ver.)	<i>Lyngbya semiplena</i> (Sant'anna 1985, 1995, 1997)	<i>Lyngbya semiplena</i> (Komarék y Anagnostidis 2005)	<i>Lyngbya sp.</i> (Playa Hermosa, Ver.)
<b>Forma de crecimiento</b>	Talo formado por mechones de filamentos cafés	Masa macroscópica castaña o verdeazulada de filamentos.	Talo cespitoso, mucoso, expandido, de color marrón oscuro o sucio, o verde oscuro.	Talo formado por filamentos enredados de color rojizo.
<b>Vaina</b>	Hialinas, pueden tener estratificación paralela, (1) 1.4-3.1 $\mu\text{m}$ de ancho.	Hialina. Firme y homogénea.	Hialinas cuando jóvenes, lameladas cuando son maduras, (2) 3 $\mu\text{m}$ de ancho.	Hialinas a ámbar, con estratificación paralela, (0.8) 1.7-2.7 (3.1) $\mu\text{m}$ de ancho.
<b>Filamentos</b>	Rectos. (7.5) 8.4-10 (12) $\mu\text{m}$ de ancho	Paralelos. 6-15 $\mu\text{m}$ de ancho	Enredados, enrollados a erectos, 7-15 $\mu\text{m}$ de ancho	Flexuosos. (6.8) 7.6-10 $\mu\text{m}$ de ancho.
<b>Tricoma</b>	Marrón. (3.5) 4.1-5 (5.6) $\mu\text{m}$ de ancho, con constricciones ligeras	Verde-azul a violeta. 4.8-12.5 $\mu\text{m}$ de ancho. Constricciones ligeras.	Verde-azul, marrón, verde amarillento (5) 7-10 (12) $\mu\text{m}$ de ancho, no constreñidas	Morado. 3.4-5.5 (6.1) $\mu\text{m}$ de ancho. Sin constricciones.
<b>Largo celular</b>	(1) 1.4-3.1 $\mu\text{m}$ (2-2.5 veces más cortas que anchas)	1.5-3 $\mu\text{m}$ (2-4 veces más cortas que anchas)	(1.5) 2-3 $\mu\text{m}$ (3-6 veces más cortas que anchas)	0.4-0.8 $\mu\text{m}$ . (7-8 veces más cortas que anchas)
<b>Célula terminal</b>	Capitada	Capitada	Cónica y redondeada, con depresión crónica o capitación	Redondeada
<b>Ambiente</b>	Creciendo como epífita de crecimientos de <i>Bostrychia</i> sp. en la base de la pared (eulitoral alta), y de <i>Petalonema cf. incrustans</i> en las grietas de la pared vertical (supralitoral)	Epilítica del eulitoral al supralitoral. Epizoica, epífita y epilítica en el eulitoral.	Marina, epilítica o epífita en otras cianoprocaritas o macroalgas del eulitoral alto al bajo	Creciendo como epífita de crecimientos de <i>Bostrychia</i> sp. en la base de la pared (eulitoral alta), y de <i>Petalonema cf. incrustans</i> en las grietas de la pared vertical (supralitoral)

**CHROOCOCCIDIOPSIDALES** Komárek, Kastovsky, Mares et Johansen, 2014

**CHROOCOCCIDIOPSIDACEAE** Komárek, Kastovsky, Mares et Johansen, 2014

*Chroococidiopsis* Geitler, 1933

*Chroococidiopsis cf. fissurarum* (Ercegović) Komárek et Anagnostidis, 1995

**Láminas: 5 E-G**

Células en colonias microscópicas (hasta 22  $\mu\text{m}$  de diámetro) esféricas a irregulares. Vaina individual no evidente. Vaina común delgada y difluente, hialina en la parte central de la colonia y amarillenta en sus extremos. Las células son esféricas a hemisféricas, presentando las vegetativas un diámetro de (0.9) 1.2-2 (2.3)  $\mu\text{m}$ , y las células productoras de baeocitos uno de 2.7-3  $\mu\text{m}$ . Los baeocitos son esféricos a ligeramente ovoides, con un diámetro (0.2) 0.5-0.9  $\mu\text{m}$ . Todas las células presentan un contenido celular verde.

Información Ambiental: Epilítica, forma parte de un tapete costroso en la base de la pared vertical (eulitoral alta) y epífita de *Scytonematopsis cf. crustacea* en la parte externa de la plataforma (eulitoral bajo).

Temporalidad: Secas y lluviosa 2013.

Notas: A pesar de las coincidencias nuestras poblaciones y aquellas de las cuales la especie fue descrita originalmente en morfología (Komárek y Anagnostidis 1998: hasta 2 y 4  $\mu\text{m}$  diámetro en células vegetativas y productoras de baeocitos respectivamente) y ecología (ambas se describen de ambientes marinos), entre las presentes poblaciones son reportadas como “cónfer” por las diferencias geográficas entre ambas poblaciones (La especie fue descrita para el Mar Adriático: Guiry y Guiry 2016).

Este género fue reportado sin descripción por García-Pichel (1998) para Baja California Sur. Primer reporte y descripción del género para las costas del Golfo de México, y de la esta especie para las costas del país.

Muestras: FCME-C965, FCME-C967, FCME-C1057.

**NOSTOCALES** Borzi, 1914

**SCYTONEMATACEAE** Rabenhorst ex Bornet et Flahault, 1887

*Petalonema* Berkeley ex Correns, 1889

*Petalonema* sp.

### **Lámina 7**

Talo cespitoso de color verde oscuro a café. Los filamentos son rastreros, con un ancho de (8.4) 10-14.5 (16.3)  $\mu\text{m}$ . Presentan numerosas ramificaciones geminadas, que al separarse, forman filamentos solitarios con forma espiral. También tienen ramificaciones tipo *Tolypothrix*. Sus vainas son ocreas a hialinas, son cerradas y firmes, tienen un ancho de 1.3-4 (5.4)  $\mu\text{m}$ , presentan estratificación paralela o divergente. Los tricomas son verdes, miden (3.3) 4.8-7.4 (8.6)  $\mu\text{m}$  de ancho, con constricciones solo en sus partes más jóvenes. Las células son cilíndricas, miden 1-5.8 (6.2)  $\mu\text{m}$  de largo, y pueden tener un citoplasma granulado. Los heterocitos son intercalares, oblongos a cilíndricos, y miden (3) 4.3-8 (9.2)  $\mu\text{m}$  de ancho por (1.8) 2.3-6.4 (13)  $\mu\text{m}$  de largo. La reproducción es por hormogonios heteropolares o isopolares.

Información Ambiental: Epilítico en grietas de la pared vertical (supralitoral).

Temporalidad: Secas y Lluvias 2013.

Notas: Al comparar nuestras poblaciones con las descripciones del género que aparecen en Komarék 2013, encontramos que la especie más parecida morfológicamente es *Petalonema incrustans*, sin embargo, este es un género exclusivamente continental, por lo que se concluye que las poblaciones de Playa Hermosa no pertenecen a esta especie. Por la similitud morfológica y ecológica que presentan las poblaciones de “*Petalonema*” descritas para las costas de México (Tabla 6), es probable que estas pertenezcan a un mismo taxón. Sin embargo, por sus diferencias ecológicas y morfológicas con el resto de las especies del género (todas son de ambientes continentales), probablemente se traten de un nuevo género.

Muestras: FCME-C923, FCME-C928, FCME-C1041, FCME-C1065, FCME-C1068, FCME-C1078, FCME-C1086.

Tabla 6: Comparación de la morfología reportada para poblaciones mexicanas de *Petalonema* en diferentes trabajos, con la descripción de *Petalonema incrustans* que aparece en Komárek 2013

	<b>Presente trabajo</b>	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>	<b>González-Reséndiz et al. 2015</b>	<b>Komárek 2013</b>
<b>Localidad</b>	Playa Hermosa; Veracruz	Playa Muñecos, Veracruz	Huatulco, Oaxaca	-
<b>Morfología del crecimiento</b>	Tapete cespitoso de color verde oscuro a café	Tapete cespitoso, esponjoso, grueso de color verde-azul	Talo cespitoso o con forma de cojin (5 mm de alto) de color verde negruzco.	Talo formado por filamentos enredados, café y mucilaginoso
<b>Filamento</b>	Isopolar Con un ancho de (8.4) 10-14.5 (16.3) µm	Isopolar Con un ancho de 8-16 µm	Isopolar, con un ancho de 11.7-21.35 µm	Isopolar Con un ancho de 15-27 µm
<b>Vaina</b>	Ancho: 1.3-4 (5.4) µm Ocre a hialina Estratificación: paralela o divergente	Estratificada, de ocre oscuro a dorado claro.	Gruesa, hialina a amarilla, con Estratificación divergente	Ocre a café Estratificación: paralela o divergente
<b>Ancho de tricoma</b>	(3.3) 4.8-7.4 (8.6) µm	3-6 µm	3.5-7.3 µm	(6) 7-10 µm
<b>Células vegetativas</b>	Cilíndricas 1-5.8 (16.2) µm de largo	Con forma de barril 2-4 µm	Cilíndricas o con forma de barril, 1.5-3.9 µm	Más o menos isodiamétricas
<b>Morfología del heterocito</b>	Intercalares en filamentos maduros, y a veces apicales en hormogonios. Oblongos a cilíndricos. (3) 4.3-8 (9.2) µm de ancho por (1.8) 2.3-6.4 (13) µm de largo	Intercalares con forma de barril	Heterocitos oblongos a más o menos comprimidos (1.6) 3.8 µm de largo por (4.2) 9.0 µm de ancho	Más o menos esféricos a cilíndricos, con tamaños similares a los de las células vegetativas
<b>Ecología</b>	Epilíticos, supralitorales, en grietas de una pared vertical de basalto.	Epilítica en supralitoral y eulitoral alta.	Epilítica en supralitoral y eulitoral alta en granito.	En zonas templadas y montañosas, entre musgos, en escurrimientos de paredes.



Lámina 7: *Petalonema* sp.- A: Habito. B-D: Tipos de ramificaciones. E-F: Tipos de vaina. G: Hormogonios. H: Rama geminada separada. I: Ramificación geminada en desarrollo.

*Scytonematopsis* Kiseleva, 1930

*Scytonematopsis* cf. *crustacea* (Thuret ex Bornet et Thuret) Kováčik et Komárek, 1988

## Lámina 8

Talos cespitosos o filamentos solitarios endófitos. Los filamentos miden (9.7) 12.6-15.2 (16)  $\mu\text{m}$  de ancho, son rectos o ligeramente curvados, de color verde claro a mostaza. Presentan ramificaciones tipo *Tolypothrix* y *Scytonema* (poco común). Los filamentos jóvenes son heteropolares, con un heterocitos basal, los maduros son isopolares, con atenuación gradual, y acaban en un pelo terminal. La vaina tiene un ancho de (1.1) 1.8-3.4 (4.5)  $\mu\text{m}$ , es firme y ocasionalmente estratificada de manera paralela, de color ocre a hialino. Los tricomas miden (5.4) 7.4-9.3 (10)  $\mu\text{m}$  de ancho, presentan constricción intercelular solo etapas juveniles. Las células miden 1.1-2.5 (3.4)  $\mu\text{m}$  de largo, son cilíndricas, más cortas que anchas. Los heterocitos solitarios, de isodiamétricos a más largos que anchos (3.3-7 (11)  $\mu\text{m}$  por (4.8) 6.3-9.5 (12.5)  $\mu\text{m}$ ), los intercalares tienen forma de barril y los basales son semicirculares. Reproducción por hormogonios heteropolares.

Información Ambiental: Epilitica o epífita de *Rivularia* cf. *bullata* y *Kyrtuthrix* cf. *maculans* en toda la plataforma (eulitoral bajo y medio).

Temporalidad: Lluvias 2012, Secas y Lluvias 2013.

Notas: Esta especie se describió originalmente para el mar mediterráneo (Bornet y Flahault 1886, Guiry y Guiry 2016). Este taxón es reportado como "cf." debido a las diferencias de dimensiones entre nuestras poblaciones, y la descripción de la especie que aparece en Komárek 2013 (Tabla 7). Comparándola con las otras poblaciones reportadas para México, se considera perteneciente al mismo taxón reportado por González-Reséndiz *et al.* (2015) para el litoral de Huatulco, Oaxaca, y diferente al que descrito por Hernández-Sánchez en el 2016 para Playa Muñecos, Veracruz (Tabla 6).

Muestras: FCME-C866, FCME-C867, FCME-C873, FCME-C926, FCME-C968, FCME-C1053, FCME-C1055, FCME-C1057, FCME-C1075 y FCME-C1087

Tabla 7: Comparación de la morfología reportada para poblaciones mexicanas de *Scytonematopsis crustacea*, con la descripción que aparece en Komárek 2013

	Presente trabajo	Hernández-Sánchez 2016	González-Reséndiz et al. 2016	Komárek y Anagnostidis 2005
<b>Filamento</b>	Talo cespitoso o filamentos solitarios epífitos.	Talos cespitosos postrado o rastrero.	Talo cespitoso, azul verde, negro u ocre.	Talo cespitoso muy extendido de color azul verde, negro, café o verde pasto.
<b>Morfología del crecimiento</b>	Heteropolar con heterocito basal y atenuación en etapas juveniles, e isopolar con ambos extremos atenuados (pudiendo o no terminar en pelo apical) en estadios maduros. Ancho de (9.7) 12.6-15.2 (16) µm.	Organizados de manera paralela. Isopolares con ambos extremos atenuados y terminando en pelo apical. Ancho de 9.2-20 µm.	Los juveniles son heteropolares, y los maduros isopolares, atenuándose a ambos extremos para formar pelos apicales. Ancho de 5.1-14.1 µm.	Isopolar con ambos extremos atenuados y terminando en pelo apical. Ancho de 10-30 (40) µm.
<b>Ramificación</b>	Falsa, tipo <i>Scytonema</i> o <i>Tolypothrix</i> .	-	Falsa, tipo <i>Scytonema</i> o <i>Tolypothrix</i> .	Falsa y escasa, tipo <i>Scytonema</i> .
<b>Vaina</b>	Estratificación paralela ocasional. Ocre a hialina. Ancho: (1.1) 1.8-3.4 (4.5) µm	Vaina firme y estratificada. Café a hialina.	Lamelada en partes viejas, hialina a amarillenta, y delgada y abierta en las partes terminales	Ocre, con estríación paralela en estadios maduros, e hialina y no estratificada en juveniles. Ancho de 7 (12.5) µm.
<b>Tricoma</b>	Constreñidos solo en estadios juveniles (5.4) 7.4-9.3 (10) µm.	-	Constreñidos y ensanchados en sus bases Ancho: 5.1-8.3 µm.	7-25 µm.
<b>Células</b>	Más cortas que anchas, con un largo de 1.1-2.5 (3-4) µm.	Más cortas que anchas (1-3 µm de largo por 7.5-9 µm de ancho), con forma de barril.	Más cortas que anchas (2.1-4.5 µm).	De 0.2 a 0.5 µm más largas que anchas
<b>Morfología del heterocito</b>	Solitarios. De isodiamétricos a más largos que anchos (3.3-7 (11) µm por (4.8) 6.3-9.5 (12.5) µm). Los Basales son hemisféricos, e intercalares cilíndricos redondeados.	Intercalares, con forma de barril o hemisféricos.	Basales o intercalares, hemisféricos a oval-cilíndricos. 2.9-5 µm de largo	Siempre solitarios, basales o intercalares hemisféricos, esféricos, cilíndricos ovales.
<b>Ecología</b>	Epilíticas o epífitas, del eulitoral medio al supralitoral (poza de marsea).	Supralitoral al eulitoral, sobre granito.	Epilítica o epizoica en el eulitoral.	Marina y epilítica, de zonas tropicales.

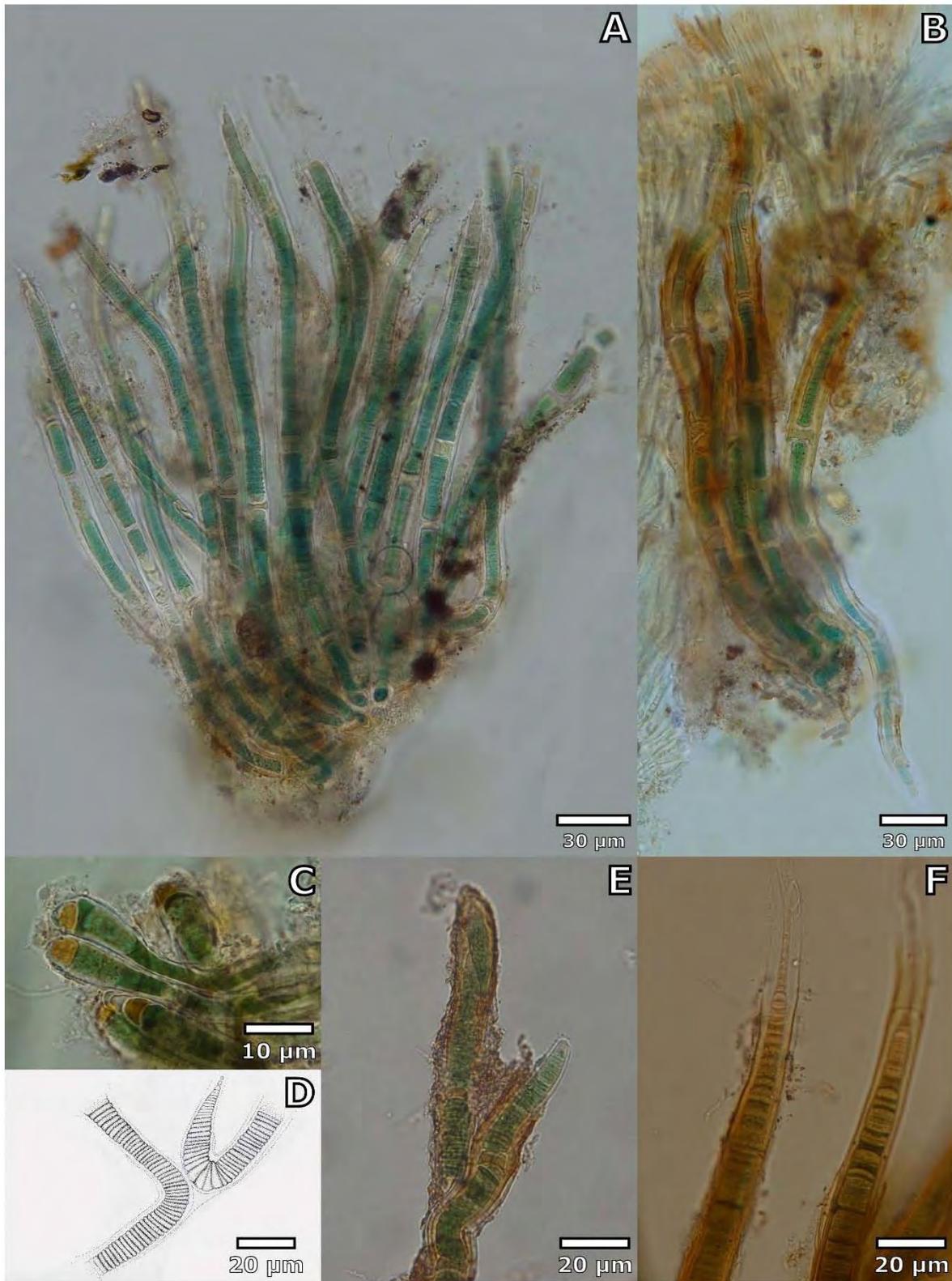


Lámina 8: *Scytonematopsis* cf. *crustacea*. A-B: Hábitos. C: Heterocitos basales en filamentos jóvenes. D: Ramificación tipo *Scytonema*. E: Ramificación tipo *Tolypothrix*. F: Atenuaciones apicales con pelo.

RIVULARIACEAE Kützing ex Bomet et Flahault, 1886

*Calothrix* Agardh ex Bornet et Flahault, 1886

*Calothrix cf. contarenii* (Zanardini) Bornet et Flahault, 1886

### **Lámina 9 A-C**

Talos cespitosos formados por filamentos heteropolares en un denso arreglo paralelo. Los filamentos miden 4-6.1 (7)  $\mu\text{m}$  de ancho. Con respecto al sustrato sus partes basales son paralelas y las partes medias y superiores son perpendiculares. Tienen una vaina firme e hialina, con un grosor de (0.5) 0.7-1.2 (1.5)  $\mu\text{m}$ , que puede estar abierta o cerrada en sus ápices. En su base los tricomas están ensanchados. (2.5) 3.6-3.8 (4.7)  $\mu\text{m}$ , y presentan marcadas constricciones intercelulares que van disminuyendo hasta desaparecer hacia sus partes medias. Los tricomas presentan una atenuación constante desde sus bases. Las células miden (0.7) 1-2.3 (2.7)  $\mu\text{m}$  de largo, son cilíndricas, más cortas que anchas en las bases e isodiamétricas hacia los ápices. Los heterocitos son basales y solitarios, miden 0.7-2.8 (4.6)  $\mu\text{m}$  de diámetro, son esféricos o hemisféricos. Presentan hormogonios heteropolares.

Información Ambiental: Epilítica en la plataforma externa (eulitoral bajo), junto a colonias de *Kyrtuthrix cf. maculans*.

Temporalidad: Lluvias del 2013.

Notas: Se reporta como “cónfer” por las diferencias geográficas (Bornet Flahault (1886) describen esta especie el Mar Báltico) y morfológicas (Komárek 2013: ancho basal de filamentos: (8.4) 9-15  $\mu\text{m}$ , ancho basal de tricomas: 6-8  $\mu\text{m}$ , y largo células: 2.4-3.6  $\mu\text{m}$ ) entre nuestras poblaciones y la descripción que aparece en Komárek (2013). Este taxón es probablemente una especie críptica del género.

Primer registro para el Golfo de México.

Muestras: FCME-C868, FCME-C1064, FCME-C1075.

*Calothrix cf. nodulosa* Setchell et Gardner, 1924

### **Lámina 9 D-F**

Filamentos creciendo como grupos irregulares con forma de estrella. Los filamentos tienen un ancho de (5.8) 6.8-9.3 (11)  $\mu\text{m}$ , son cilíndricos, no ensanchados en las bases, y atenuados solo en su parte terminal, sus partes basales son rastreras, y las medias y apicales son erectas. La vaina tiene un grosor de (1.2) 2-4 (4.6)  $\mu\text{m}$ , es firme y hialina, haciéndose más delgada hacia sus ápices cerrados. Los tricomas tienen un ancho de (3.6) 4.3-5.7 (7.5)  $\mu\text{m}$ , son rojos, cilíndricos, y sin pelo terminal, y solo presentan constricciones en su parte basal. Las células miden 1-2.5 (3)  $\mu\text{m}$  de largo, son cilíndricas y más cortas que anchas. Heterocitos son semiesféricos, miden 3.6-5 (6.3)  $\mu\text{m}$  de largo por 2-3.4 (6.7)  $\mu\text{m}$  de ancho, pueden ser solitarios o hasta 3 en fila. Se reproduce por hormogonios.

Información Ambiental: En la parte interna de la plataforma (eulitoral medio), epífita de una Rodofita costrosa.

Temporalidad: Lluvias 2013.

Notas: Debido a que la descripción original colectada en el Golfo de California (Setchell y Gardner 1924), presenta dimensiones mucho mayores (Komarék 2013: anchos de filamento y tricoma de 28-32 $\mu\text{m}$  y 20-24 $\mu\text{m}$  respectivamente) a las de la nuestra población, el material de Playa Hermosa es reportado como “cónfer”, a pesar de que presenta coincidencias en habito de crecimiento y ecología.

Primer reporte de esta especie para mares de México.

Muestra: FCME-C1055.

***Calothrix* sp. 1**  
**Lámina 9 G**

Filamentos verdes solitarios de hasta 15.1µm de largo. Están ensanchados en sus bases (2.8-4µm), y se atenúan constantemente hacia sus ápices. Su vaina tiene un grueso de va de 0.5-0.9 µm. Los tricomas tienen un ancho en sus bases de 1.7-2.1 µm, y solo presentan constricciones en sus bases. Las células tienen un largo de 0.9-1.7 µm, son cilíndricas y son más anchas que largas. Los heterocitos tienen unas dimensiones de (0.9x1.8 µm largo x ancho) son basales, solitarios, hemisféricos, y más cortos que las células vegetativas.

Información Ambiental: Epífita sobre filamentos de *Petalonema cf. incrustans* en grietas de la pared vertical (supralitoral).

Temporalidad: Sólo en la temporada de lluvias del 2013.

Notas: Es parecida a la descripción de *C. minima* que aparece en Komárek (2013), en la morfología de los tricomas (verdeazules, sin constricciones, ensanchados en la base y atenuándose constantemente hasta terminar en un pelo apical). Sin embargo, por la ecología de la población a partir de las cuales se realizaron las descripciones originales (dulceacuícola), y las dimensiones mucho menores que presentan nuestras poblaciones (Komarék 2013: hasta 100 µm de largo, 10 µm de ancho en la base), no se le puede asignar a este epíteto específico. Además, es diferente al resto de los taxa de *Calothrix* que se reportan en el presente estudio (tabla 8)

Muestras: FCME-C1041

*Calothrix* sp. 2

**Lámina 11 H-I**

Filamentos heteropolares azules agregados en pequeñas matas enredadas. Los filamentos son rectos, ensanchados y arqueados en su base (4) 4.5-5.4 (6.2)  $\mu\text{m}$ , y se arquean gradualmente hacia los ápices. Su vaina es firme e hialina, y tiene un grueso de 1-3 (4.8)  $\mu\text{m}$ . Los tricomas son atenuados, sin pelo terminal, miden (1.2) 1.4-2.1 (2.8)  $\mu\text{m}$  de ancho. En su base, después del heterocito, pueden presentar una célula irregular, que es más ancha que esté: (2.3) 2.6-3.6 (4.4)  $\mu\text{m}$ . Los heterocitos son basales y hemisféricos, miden (0.8) 1.2-2.5 (3.4)  $\mu\text{m}$  de largo por (2) 2.7-3.4 (4.6)  $\mu\text{m}$  de ancho.

Información Ambiental: En la plataforma externa (eulitoral bajo), epífita de crecimientos de *Calothrix cf. contarenii*.

Temporalidad: Sólo en la temporada de lluvias del 2013.

Notas: no coincide con ninguna de las especies reportadas para el género *Calothrix* en Komarék (2013), aunque es parecida en forma de crecimiento a *C. bossei*. Sin embargo, por las dimensiones menores que presentan nuestras poblaciones (Komarék 2013: 20-25 y 16-20  $\mu\text{m}$  de ancho en base del filamento y tricoma respectivamente), y las grandes diferencias ecológicas y geográficas (esta especie es descrita originalmente para manantiales africanos), no se le puede asignar ningún epíteto específico. Además, es diferente morfológicamente al resto de las poblaciones de que se reportan en el presente estudio (tabla 8).

Muestras: FCME-C1075

*Calothrix* sp. 3

**Lámina 9 J-L**

Filamentos solitarios o en pequeños grupos enredados. Sus bases son la parte más ancha del filamento, midiendo hasta 9.3  $\mu\text{m}$  de diámetro. A partir de ellas el filamento tienen un ancho constante de (4.1) 5-6.4 (7.7)  $\mu\text{m}$ , hasta su parte más apical, la cual es atenuada, y puede acabar en un pelo terminal. Los filamentos tienen una vaina de (1.9) 2.4-3.1 (3.9)  $\mu\text{m}$  de grosor, la cual es firme, amarilla y estratificada en su base e hialina sencilla en su parte media y ápices. Los tricomas tienen un ancho de (2.1) 2.5-3 (3.5)  $\mu\text{m}$  y presentan constricciones en sus bases. Las células tienen forma de barril, miden (0.6) 1.2-2.2 (3.5)  $\mu\text{m}$  de largo por. Los heterocitos miden 1.5-4.1  $\mu\text{m}$  de largo por 2.5-4.9 (5.6)  $\mu\text{m}$  de ancho, son basales y hemisferios. La reproducción es por hormogonios heteropolaes con un extremo atenuado

Información Ambiental: Creciendo en la base de *Rivularia* cf. *bullata* y Epífita de *Calothrix* cf. *contarenii* en la plataforma externa (eulitoral bajo), y de *Lyngbya* sp. 1 en la pared vertical (supralitoral).

Temporalidad: Temporada de secas y lluvias del 2013

Notas: Este taxón pertenece indudablemente al género *Calothrix*, por presentar heteropolaridad y heterocito basal, sin embargo debido a la combinación de caracteres como una atenuación no gradual, vaina gruesa y estratificada (grosor de (1.9) 2.4-3.1 (3.9)  $\mu\text{m}$ ), forma de crecimiento como filamentos solitarios o en grupo de filamentos enredados, y hábitat marino, como epífita de otras cianoprocaritas, estas poblaciones no coincidieron con ninguna de las descripciones de especies del género *Calothrix* citadas en Komárék (2013), ni con el resto de los taxa de que se reportan en el presente trabajo (tabla 8).

Muestras: FCME-C968, FCME-C1075, FCME-C1082 y FCME-C1086.

Tabla 8: Comparación de la morfología de los taxa de *Calothrix* reportados.

	<i>Calothrix nodulosa</i>	<i>Calothrix cf. contarenii</i>
<b>Morfología del crecimiento</b>	Filamentos creciendo como grupos irregulares con forma de estrella.	Talos cespitosos formados por filamentos heteropolares en un arreglo paralelo denso.
<b>Filamento</b>	Cilíndricos, atenuados solo en su parte terminal, sus bases son rastreras, y las medias y apicales son erectas. Tienen un ancho de (5.8) 6.8-9.3 (11) µm.	Rastreros en sus bases, paralelos al sustrato en partes medias y superiores. 6.1 (7) µm de ancho.
<b>Vaina</b>	Cerrada, Firme e hialina. Tiene un grosor de (1.2) 2-4 (4.6) µm.	Firme e hialina, con un grosor de (0.5) 0.7-1.2 (1.5) µm. Puede estar abierta o cerrada en los ápices.
<b>Tricoma</b>	Rojos, cilíndricos, sin pelo terminal, con constricciones solo en su parte basal. Tienen un ancho de (3.6) 4.3-5.7 (7.5) µm.	Presentan una base ensanchada, (2.5) 3.6-3.8 (4.7) µm que se atenúa constantemente, aunque sin terminar en un pelo. Las constricciones solo se presentan en la base.
<b>Células</b>	Cilíndricas, más cortas que anchas. Miden 1-2.5 (3) µm de largo.	Son cilíndricas, más cortas que anchas en las bases e isodiamétricas hacia los ápices. Miden (0.7) 1-2.3 (2.7) µm de largo.
<b>Morfología del heterocito</b>	Hemisféricos, solitarios o hasta 3 en fila. Miden 3.6-5 (6.3) µm de largo por 2-3.4 (6.7) µm de ancho	Basales y solitarios, son esféricos o hemisféricos. Miden 0.7-2.8 (4.6) µm de diámetro.
<b>Ecología</b>	En la parte interna de la plataforma (eulitoral medio), epífita de una Rodofita costrosa.	Epilítica en la plataforma externa (eulitoral bajo), creciendo junto a colonias de <i>Kyrtuthrix cf. maculans</i>

Tabla 8 (Continuación): Comparación de la morfología de los taxa de *Calothrix* reportados.

	<b>Calothrix sp. 1</b>	<b>Calothrix sp. 2</b>	<b>Calothrix sp. 3</b>
<b>Morfología del crecimiento</b>	Filamentos verdes solitarios y epífitos.	Talos cespitosos azules.	Filamentos epífitos o en pequeños grupos enredados
<b>Filamento</b>	Heteropolares, atenuándose constantemente desde su base (2.8-4 µm), hasta un pelo terminal.	Son rectos, miden 2.5-5 (7) µm de ancho, en su base son arqueados y ensanchados, con un grueso de (4) 4.5-5.4 (6.2) µm.	Heteropolares, con un ancho de hasta 9.3 µm. Puede presentar pelo terminal.
<b>Vaina</b>	Ancho: 0.5-0.9 µm	Firme e hialina, con un grueso de 1-3 (4.8) µm	Firme, con un ancho de ancho: (1.9) 2.4-3.1 (3.9) µm. Estratificada y amarillenta en su base, hialina y sencilla en su parte apical
<b>Tricoma</b>	Tienen un ancho en sus bases de 1.7-2.1 µm. Solo presentan constricciones en sus bases.	Son atenuados, sin pelo terminal, y miden (1.2) 1.4-2.1 (2.8) µm de ancho. En su base, después del heterocito, pueden presentar una célula de forma irregular, más grande que este (Ancho: (2.3) 2.6-3.6 (4.4) µm).	Tienen un ancho de (2.1) 2.5-3 (3.5) µm. Solo presentan constricciones en sus bases.
<b>Células</b>	Más cortas que anchas, con un largo de 0.9-1-7 µm.	Más cortas que anchas (2.1-4.5 µm).	Con forma de barril, más cortas que anchas (0.6) 1.2-2.2 (3.5) µm de largo.
<b>Morfología del heterocito</b>	Basales, miden 0.9x1.8 µm (largo x ancho) son hemisféricos y solitarios.	Basales y hemisféricos, miden (0.8) 1.2-2.5 (3.4) µm por (2) 2.7-3.4 (4.6) µm (largo por ancho).	Basales y hemisferios, miden 1.5-4.1x 2.5-4.9 (5.6) µm (largo por ancho),
<b>Ecología</b>	Epífitas de filamentos <i>Petalonema</i> cf. <i>Incrustans</i> en el supralitoral.	Epífita de crecimientos de <i>Calothrix</i> cf. <i>Contarenii</i> (eulitoral bajo)	Epífita de <i>Rivularia</i> cf. <i>bullata</i> y <i>Calothrix</i> cf. <i>contarenii</i> en la plataforma externa (eulitoral bajo), y de <i>Lyngbya</i> sp. 1 en la pared vertical (supralitoral).

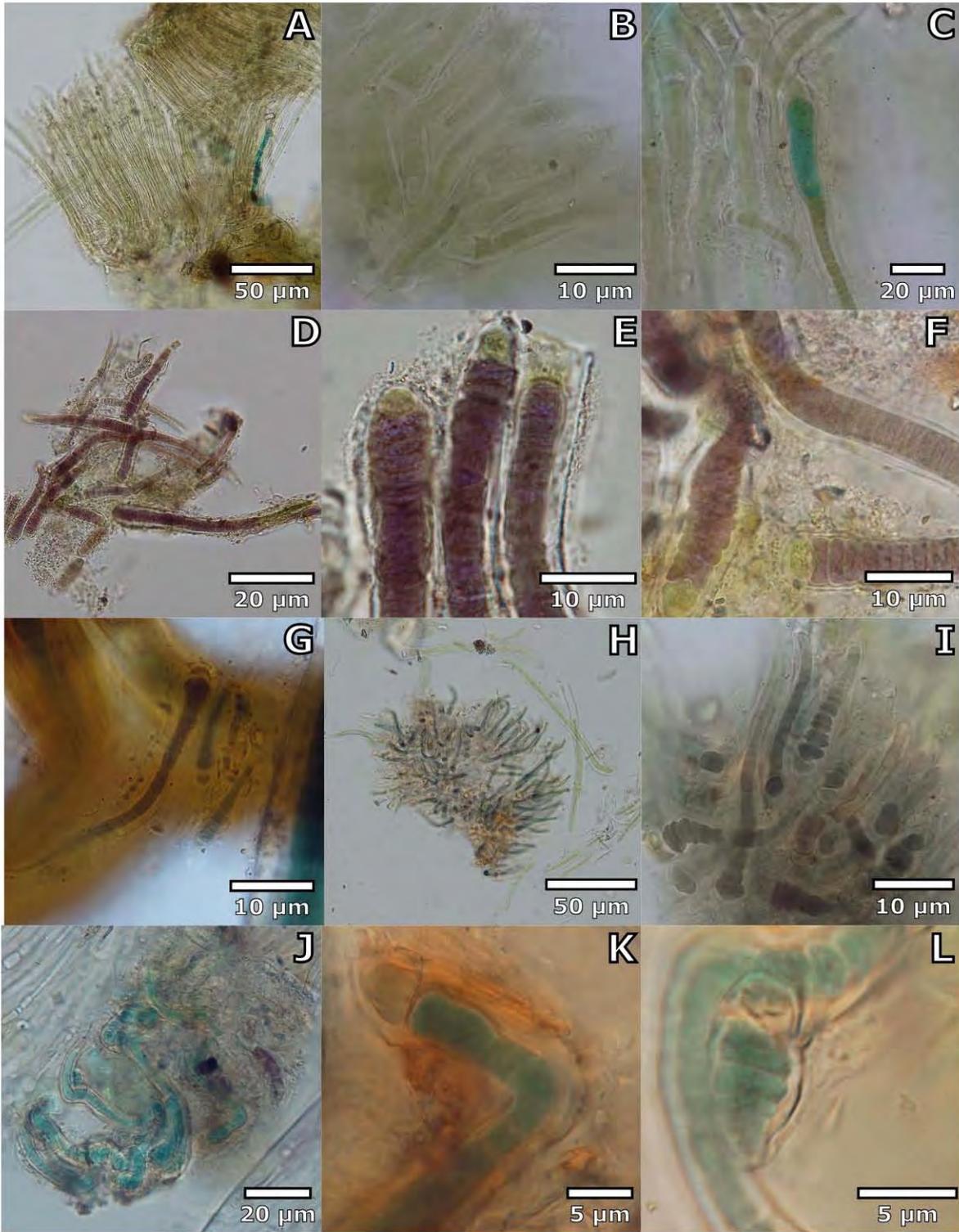


Lámina 9: Especies de *Calothrix* reportadas. A-C: *Calothrix cf. contarenii*. D-F: *Calothrix cf. nodulosa*. G: *Calothrix sp. 1*. H-I: *Calothrix sp. 2*. J-L: *Calothrix sp. 3*.

*Kyrtuthrix* Ercegović, 1929

*Kyrtuthrix* sp.

### Lámina 10

Colonias planas, firmes y de forma irregular, de color verde oscuro. Están formados por una densa agrupación paralela de filamentos isopolares atenuados, con forma de horquilla (ancho: (2) 4.2-6.5 (8.2)  $\mu\text{m}$ ). Su vaina es firme, hialina y lamelada; y puede ser amarillenta en la parte superior. Los tricomas son constreñidos, con un ancho de (1.1) 1.5-2.3 (3.6)  $\mu\text{m}$  de ancho. Las células miden 1-2.5  $\mu\text{m}$  de largo, y tienen forma piramidal a irregular. Los heterocitos son intercalares y cilíndricos. Miden (1.5) 2.6-4 (5.1)  $\mu\text{m}$  de largo por (2) 2.4-3.9 (5.2)  $\mu\text{m}$  de ancho, son cilíndricos. Reproducción por hormogonios heteropolares.

Información Ambiental: Epilítica en toda la plataforma (eulitoral bajo y medio), desde la rompiente de la plataforma externa hasta las pozas de marea de la plataforma interna.

Notas: Morfológica y ecológicamente los reportes del género para localidades tropicales de América (Tabla 9) pueden formar dos grupos, el primero que engloba los del estado de Veracruz (Hernández-Sánchez, 2016; y el presente trabajo), y el segundo que agrupa los de González-Reséndiz *et al.* (2015) y León-Tejera *et al.* (2016) para las Bahías de Huatulco y los de Sant'anna *et al.* (1985, 1997) para las costas de Brasil.

Es probable que las poblaciones reportadas para el el primer grupo en el que se incluyen las de Playa Hermosa, Ver. y Playa Muñecos, Ver. pertenezcan a un taxón diferente tanto a *Kyrtuthrix huatulcensis* (León-Tejera *et al.* 2016; González-Reséndiz *et al.* 2015), como a *Kyrtuthrix maculans* (Komarék 2013; Sant'anna *et al.* 1985, 1997). Por lo que estas poblaciones constituyen posiblemente una nueva especie.

Muestras: FCME-C862, FCME-C863, FCME-C864, FCME-C867, FCME-C868, FCME-C869, FCME-C968, FCME-C1055, FCME-C1057, FCME-C1064, FCME-C1075

Tabla 9: Comparación de la morfología reportada para *Kyrtuthrix* sp. en el presente trabajo con reportes del género en las costas de América y la descripción que aparece en Komárek (2013).

	<i>Kyrtuthrix</i> sp. Presente trabajo	<i>Kyrtuthrix maculans</i> Hernández-Sánchez 2016	<i>Kyrtuthrix hutulcensis</i> León-Tejera et al. 2016 González-Reséndiz et al. 2015	<i>Kyrtuthrix maculans</i> Sant'anna et al. 1985, 1997	<i>Kyrtuthrix maculans</i> Komárek 2013
<b>Localidad</b>	Playa Hermosa, Ver.	Playa muñecos, Ver.	Huatulco, Oaxaca, México.	Peruibe y Ubatuba, Brasil.	-
<b>Morfología del crecimiento</b>	Colonias planas, firmes y de forma irregular, de color verde oscuro	Talo cespitoso, erecto a rastrero creciendo perpendicular al sustrato	Talos crustáceos, planos y firmes, azul-verdes.	Masa costrosa o vesiculosa café o verde-azul.	Talo verde-azul a negro, firme y anchamente expandido
<b>Filamentos</b>	Isopolares atenuados, con forma U, con "Loop en la base". (2) 4.2-6.5 (8.2) µm de ancho.	Isopolares, con forma de U con el "Loop" en la base. Ancho: (3) 6-9 µm.	Isopolares atenuados, formando "Loops" en la parte basal, y atenuados en la superior.	Agrupación densamente agregada de filamentos en forma de "U". 9-13 µm de ancho	Con forma de "U", en colonias arreglados de manera paralela, a veces con "Loops" laterales.
<b>Vaina</b>	Su vaina es firme e hialina, es lamelada, y puede ser amarillenta en la parte superior	Vaina colonial firme e hialina, de color marrón-dorado hacia la parte terminal superior.	Firme, Incolora y lamelada.	Vaina hialina homogénea, amarillenta en la superficie.	Firme sin estratificación, abierta en los extremos, hialina o amarillo-marrón.
<b>Tricoma</b>	Constreñidos, con un ancho de (1.1) 1.5-2.3 (3.6) µm	Uniseriados, muy constreñidos. Atenuación más o menos abrupta. 1-2.6 µm de ancho	Constreñidos. 2.5-5.0 µm de ancho.	Tricomas constreñidos y atenuados. 3-5 µm de ancho.	Constreñidos, atenuados en las partes superiores, y con un ancho de 4-9 µm.
<b>Células</b>	Largo de 1-2.5 µm. Forma piramidal a irregular.	Forma de Barril o cono truncado. 1.6-2.7 µm de largo.	Cilíndricas, piramidales a irregulares. 3-6 µm de largo.	Células cuadráticas en forma de barril.	Más cortas que largas. 3-10 µm Cilíndricas, con forma de barril, o cuadráticas.
<b>Morfología del heterocito</b>	Intercalares, cilíndricos. (2) 2.4-3.9 (5.2) µm de ancho por (1.5) 2.6-4 (5.1) µm de largo.	Intercalares, con forma de barril. Miden 5.0 µm de ancho por 3.5 µm de largo	Intercalares, solitarios, cilíndricos a cuadráticos. 5-10 µm de ancho	Heterocitos cuadráticos. 5.5-7.5 µm por 6.5-8.5 µm de ancho por largo.	Heterocitos intercalares. Ovales, forma de barril, o cuadráticos. 6-11 µm de ancho por 4.5-15.5 µm de largo.
<b>Ecología</b>	Epilítica Plataforma interna y externa (eulitoral bajo a medio).	En el eulitoral, epilítica, ligeramente incrustada en el sustrato en su parte basal.	Supralitoral al eulitoral, sobre granito.	Epizoica o epilítica en el eulitoral. Epilítica el supralitoral.	En rocas o guijarros en la eulitoral alta y la supralitoral.

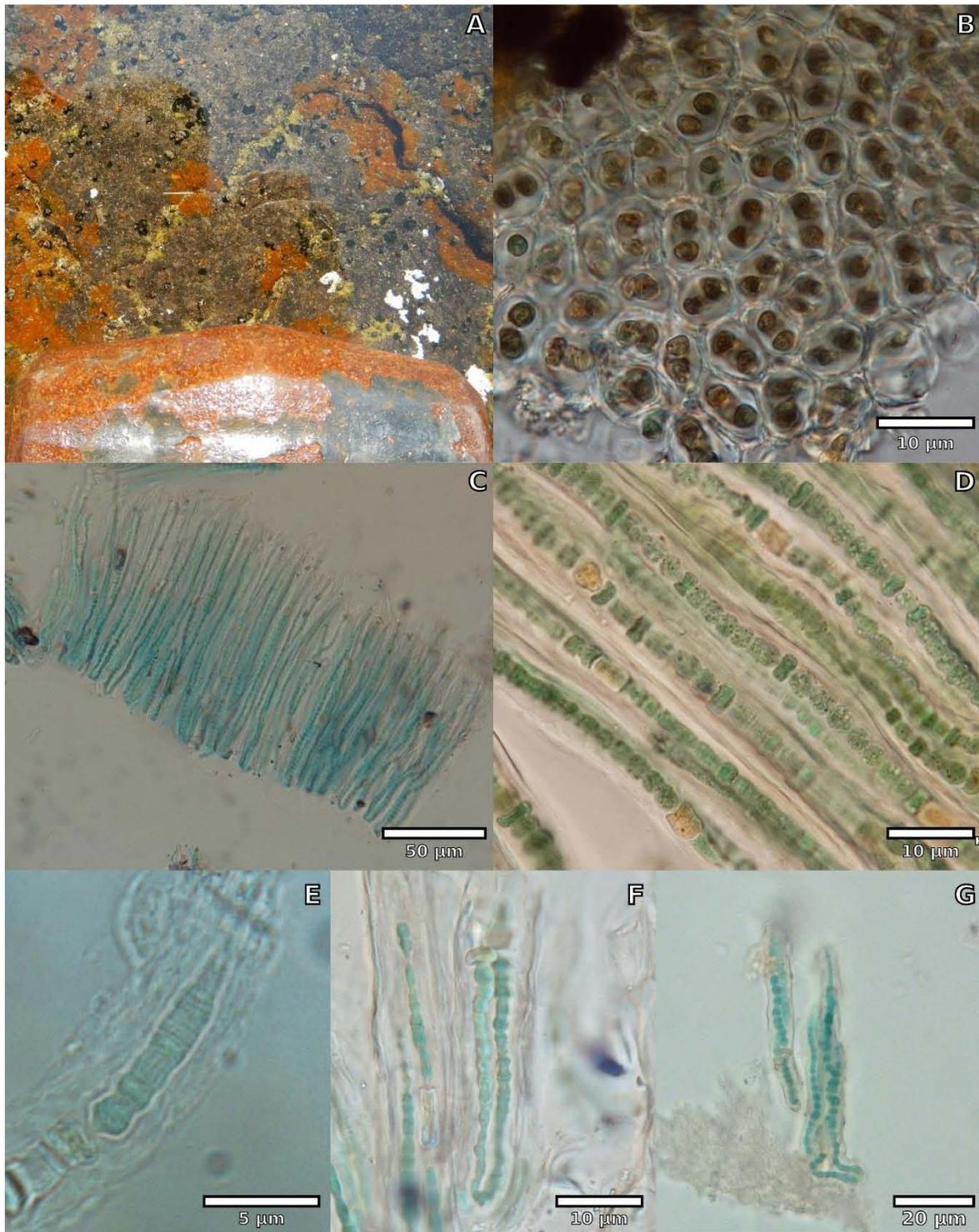


Lámina 10: *Kyrtothrix* sp.. A: Forma de crecimiento. B: Corte transversal de una colonia. C: Corte Longitudinal de una colonia. D: Filamentos con heterocitos intercalares. E: Hormogonio. F-G: Filamentos solitarios doblados en forma de horquilla.

*Rivularia* Agardh ex Bornet et Flahault, 1886

*Rivularia* cf. *bullata* (Roth) Agardh ex Bornet & Flahault, 1886

### **Lámina 11**

Colonias gregarias epilíticas negras y firmes, primero hemisféricas, después aplanadas y huecas. Los filamentos miden (4.1) 4.6-5.9 (6.6)  $\mu\text{m}$  de ancho. Se agrupan primero de forma radial en las colonias y luego de manera densamente paralela. Presentan repetidas ramificaciones falsas tipo *Tolypotrix*, donde los filamentos hijos persisten dentro de la vaina de los filamentos madre. Presentan vaina común y vainas individuales, las individuales miden 0.7-1.4 (2)  $\mu\text{m}$  de ancho, son difluentes, hialinas, y pueden estar amarillentas y abiertas en sus ápices. La vaina común es estratificada, con bandas hialinas y amarillentas alternadas. Los tricomas tienen un ancho de 2.3-2.9 (3.4)  $\mu\text{m}$ , son atenuados en sus ápices y ligeramente constreñidos en sus bases, son de color verde claro y no suelen presentar pelo terminal. Los tricomas más jóvenes en la parte externa de la colonia suelen estar enrollados. Las células miden 0.7-2.3 (4.1)  $\mu\text{m}$  de largo, son cilíndricas usualmente más cortas que largas, aunque en las bases de los tricomas pueden ser más largas que anchas. Los heterocitos son siempre basales, miden (1.2) 2.9-3.9 (4.7)  $\mu\text{m}$  de largo por (1.7) 2.2-3.2 (4.4)  $\mu\text{m}$  de ancho, son esféricos a hemisféricos. La reproducción es por hormogonios heteropolares.

Información Ambiental: Epilítica en toda la plataforma (eulitoral bajo y medio), desde la rompiente de la plataforma externa hasta las pozas de marea de la plataforma interna.

Temporalidad: Lluvias 2012, Secas y Lluvias 2013.

Notas: Las poblaciones estudiadas coinciden con la descripción que aparece en Komárek (2013) para *Rivularia bullata*, y difieren de la descripción de *Rivularia* cf. *atra* reportada por Hernández-Sánchez (2016) (Tabla 10). A pesar de las coincidencias morfológicas con *Rivularia bullata*, se reporta este taxón como “confer” por las diferencias geográficas y ambientales entre las poblaciones de Playa Hermosa y la descripción original de la especie. Primer registro de la especie para las costas de México.

Muestras: FCME-C865, FCME-C866, FCME-C867, FCME-C922, FCME-C926, FCME-C1057, FCME-C1075, FCME-C1082.

Tabla 10: Comparación de la morfología reportada para *de las especies de Rivularia reportadas para el estado con sus descripciones originales*. Que aparecen en Komárek (2013).

	<i>Rivularia cf. bullata</i> Presente trabajo	<i>Rivularia cf. atra</i> Hernández-Sánchez 2016	<i>Rivularia atra</i> Komárek 2013	<i>Rivularia bullata</i> Komárek 2013
<b>Localidad</b>	Playa Hermosa, Ver.	Playa muñecos, Ver.	-	-
<b>Morfología del crecimiento</b>	Colonias gregarias epilíticas negras y firmes, hemisféricas a esféricas, después aplanadas y huecas.	Colonias hemisféricas de verde claro a oscuro	Colonias esféricas, hemisféricas o con forma de almohada. Hasta 5 mm (diámetro)	Colonias verde o verde olivo, compactas mucilaginosas, primero esféricas o lobadas, luego huecas.
<b>Filamentos</b>	Primero agrupados radialmente, luego paralelamente. El filamento hijo persiste en la vaina del filamento madre después de la ramificación. (4.1) 4.6-5.9 (6.6) $\mu\text{m}$ de ancho	Filamentos heteropolares dispuestos radialmente en la colonia	Filamentos organizados radialmente de manera compacta con ramificaciones repetidas	Filamentos densamente paralelos, situados radialmente. (4) 5.5-6.5 (14) $\mu\text{m}$ de ancho
<b>Vaina</b>	Difluentes, hialinas, abiertas en sus ápices. Enrolladas en la parte externa de la colonia. 0 7-1 4 (?) $\mu\text{m}$ de ancho	Individual: Hialina, abierta, dorada y con un ápice en forma de penacho.	Delgadas, amarillenta a oscura, estratificada, abiertas en los ápices	Hialina a amarillenta, un estratificar, abierta y confluyente en sus ápices.
<b>Tricoma</b>	Verde claro, atenuados y poco constreñidos, usualmente sin pelo terminal. 2.3-2.9 (3.4) $\mu\text{m}$ de ancho.	Uniseriados, gris-verdosos, constreñidos, atenuación suave, terminados en pelo apical. 1.5-3.4 $\mu\text{m}$ de ancho	Verdeazules, heteropolares, constreñidos. 2-5 (6) $\mu\text{m}$ de ancho	Verdeazules a verde olivo, poco constreñidos, la los filamentos persisten en vaina del filamento madre después de la ramificación. Los tricomas pueden ser enrollados.
<b>Células</b>	Cilíndricas, usualmente más cortas que largas. 0.7-2.3 (4.1) $\mu\text{m}$ de largo.	En forma de moneda, más largas que anchas. 1.5-2 $\mu\text{m}$ de largo.	Cilíndricas, más largas que anchas. 7.5-18 (33) $\mu\text{m}$ de largo	Con forma de barril o cilíndricas, más cortas que anchas o isodiamétricas.
<b>Morfología del heterocito</b>	Basales, esféricos a hemisféricos. (1.2) 2.9-3.9 (4.7) $\mu\text{m}$ de largo por (1.7) 2.2-3.2 (4.4) $\mu\text{m}$ de ancho. Epilítica en toda la plataforma (eulitoral bajo y medio), desde la rompiente de la plataforma externa hasta las pozas de marea de la	Café claro, basales, semiesféricos, 4.9-5 $\mu\text{m}$ de largo. Epilítica en roca ígnea. Eulitoral	Heterocitos basales, esféricos a elipsoidales (4.8) 5-11 (15.5) $\mu\text{m}$ (diámetro).	Hemisféricos, esféricos, cónicos u ovales. 4-11 $\mu\text{m}$ de diámetro.
<b>Ecología</b>			Marina, en el eulitoral alto, epilíticas, epizoicas, epifitas. En aguas subtropicales o templad	Marinas, epirólicas en el eulitoral medio. En aguas subtropicales o templadas

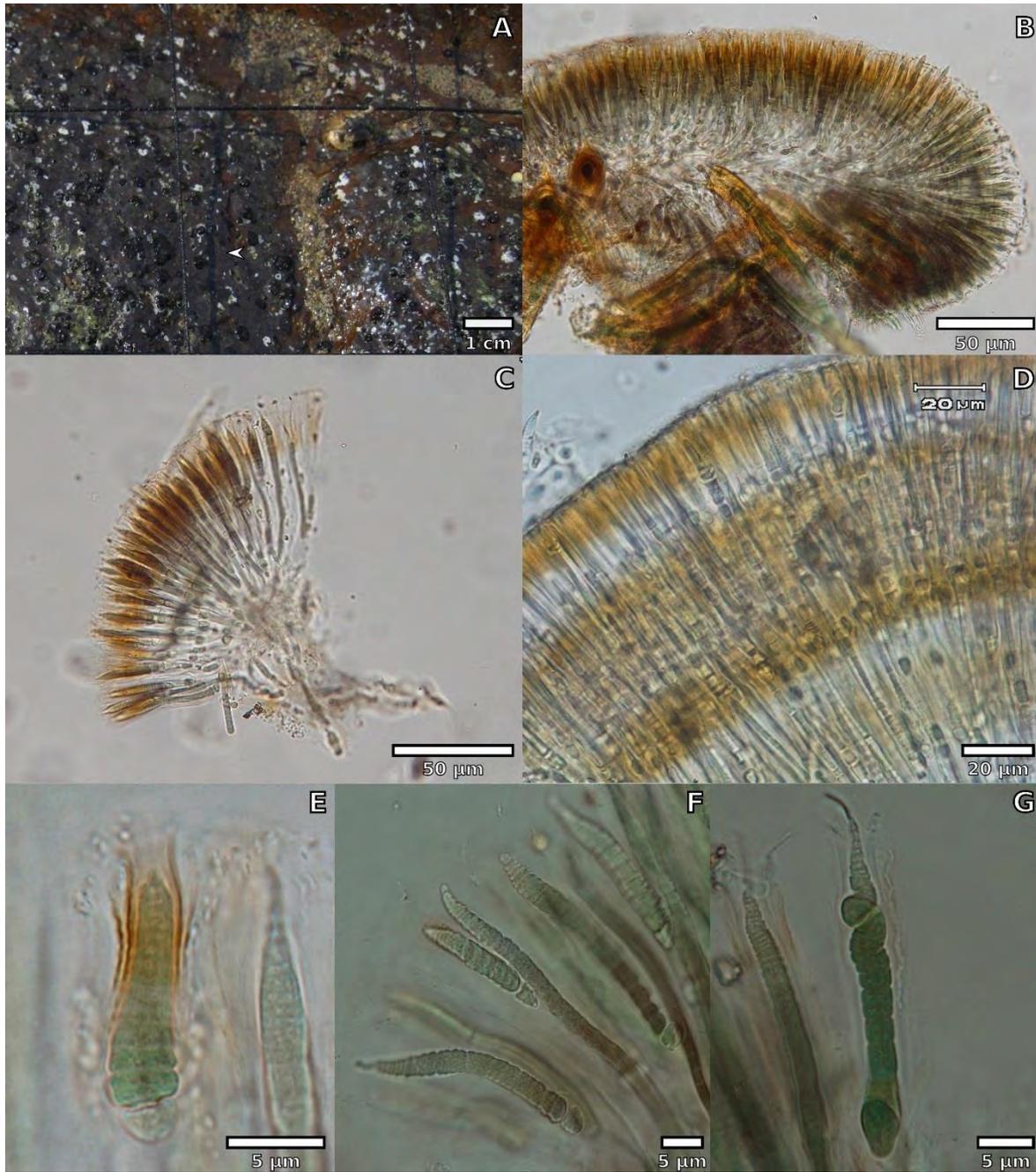


Lámina 11: *Rivularia* cf. *bullata*. A: Forma de crecimiento. B-C: Cortes transversales de colonias evidenciando el arreglo paralelo de los filamentos hacia la superficie de las colonias. D: Corte transversal de colonia evidenciando la estratificación de la pigmentación. E: Hormogonio heteropolar. F: Ramificación tipo *Tolypothrix*. G: Enrollamiento del apice de un filamento y hormogonios terminales.

## NOSTOCACEAE C. Agardh 1824 ex Kirchner, 1898

*Halotia* Genuario Genuario, Marçal Vieira Vaz, Scotta hentschke, Sant'Anna, y Fiore 2015

*Halotia* sp.

**Lámina: 12 A-C**

Colonias microscópicas, irregulares a esféricas formadas por filamentos enredados con vaina común firme amarilla en su exterior e hialina en la parte interior de la colonia. Los filamentos se encuentran enredados dentro de la vaina común y no presentan generalmente una vaina individual evidente, excepto en las partes externas de la colonia. Los tricomas son verdes y están formados por células semiesféricas o con forma de barril, que miden 1-2.3 (2.5)  $\mu\text{m}$  de ancho por (1) 1.3-2.3 (2.5)  $\mu\text{m}$  de largo. Los Heterocitos son esféricos e intercalares, tienen un diámetro de 2-2.5 (2.6)  $\mu\text{m}$ .

Información Ambiental: Epífita, como parte del tapete costroso del borde de la pared vertical (eulitoral alta).

Temporalidad: Secas 2013.

Notas: *Halotia* es un género de cianoprocariontes filamentosas heterocitosas, con colonias más o menos esféricas, rodeadas de un mucilago común, y forma más o menos esférica de sus células, que fue separado de *Nostoc*, *Desmonostoc* y *Mojavia* utilizando información genética, fisiológica y ecológica (Genuario *et al.* 2015). Solo existen tres especies de este género: *Halotia branconii*, *H. longispora*, y *H. wernerae*, las primeras dos se describieron de localidades Antárticas, y la tercera se describió para el suelo de un manglar en Brasil (Genuario *et al.* 2015). Una de sus especies coincide parcialmente en su ecología con el material de Playa Hermosa, *H. wernerae*, sin embargo, no fue posible asignarle un epíteto específico al material de Playa Hermosa, debido al hecho de que tanto nuestras poblaciones presentan dimensiones menores a las de dicha especie (3.3-6.8  $\mu\text{m}$  de largo, y 2.3–3.4  $\mu\text{m}$  ancho), como que las descripciones de todas las especies del género se realizaron exclusivamente a partir de material de cultivo.

Primer registro de este género para los mares de México.

Muestra: FCME-C965

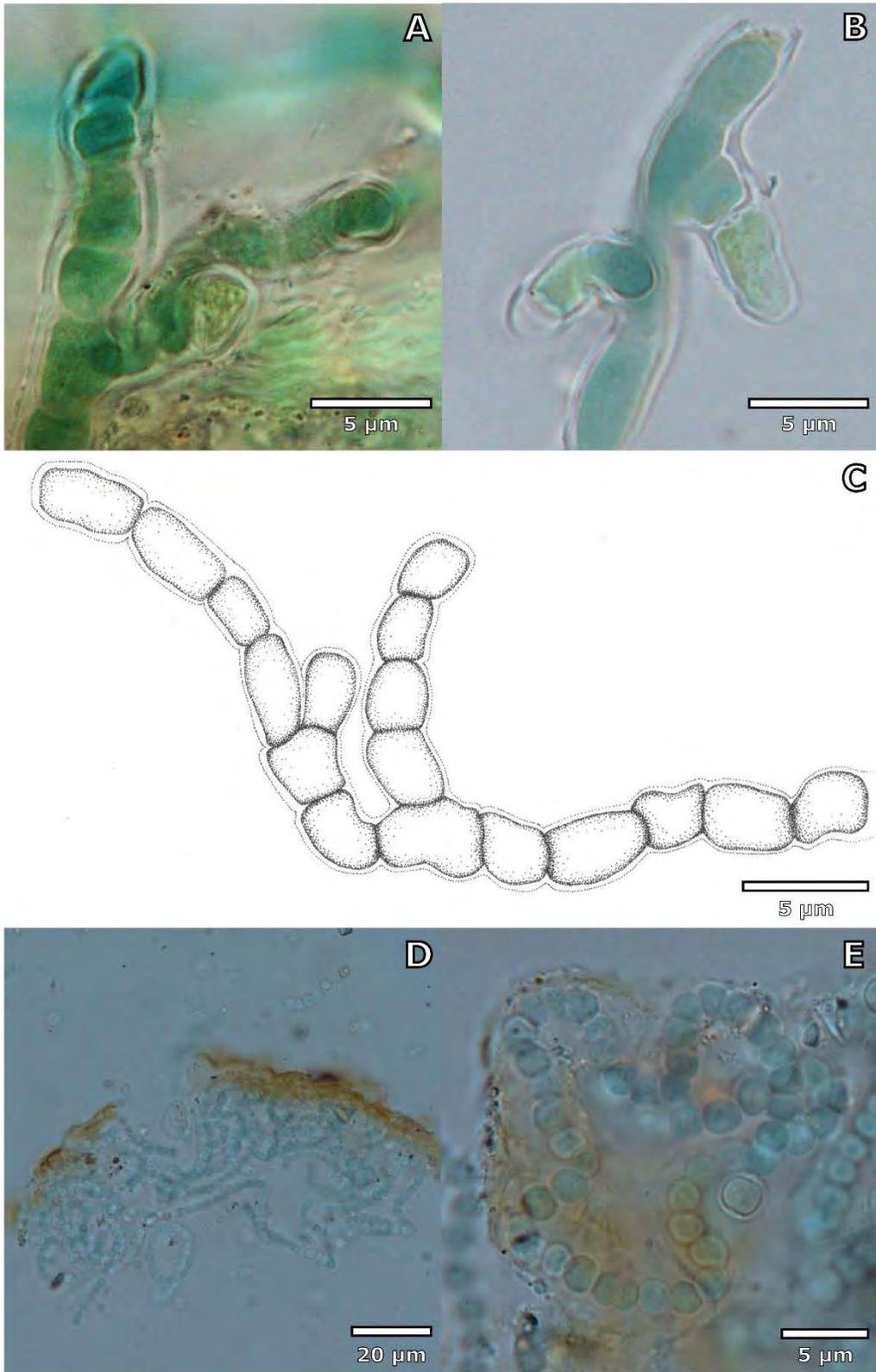


Lámina 12: Especies reportadas de las familias *Hapalosiphonaceae* y *Nostocaceae*. *A-C: Mastigocoleus cf. testarum*. *D-E: Halotia cf. wernerae*.

## **HAPALOSIPHONACEAE** Elenkin, 1916

**Mastigocoleus** Lagerheim ex Bornet et Flahault, 1887

***Mastigocoleus cf. testarum***

### **Lámina 12 D-E**

Talo epífito compuesto de filamentos uniseriados verdes que miden (2.5) 3.8-5.1 (7.6)  $\mu\text{m}$  de ancho y crecen de manera enredada, con ramificaciones verdaderas en T y en Y. Estos filamentos presentan dos tipos de terminaciones, en heterocito y en ápice atenuado. Los tricomas tienen un ancho de (1.3) 2.5-3.8 (5.3)  $\mu\text{m}$ , y presentan constricciones. Presentan una vaina con un ancho de 0.5-1 (1.6)  $\mu\text{m}$ , es firme hialina y continua. Células miden (1.1) 2-4.6 (6)  $\mu\text{m}$  de largo, van de cilíndricas en la parte media del filamento a irregulares en la base de las ramificaciones. Los heterocitos son terminales en las ramas, son hemisféricos, midiendo (1.6) 2.8-3.7 (5.3)  $\mu\text{m}$  de largo por (2) 2.3-2.7 (3.7). No se observaron acinetos ni hormogonios.

Información Ambiental: En la plataforma externa (eulitoral bajo), epífito entre filamentos de *C. contarenii*.

Temporalidad: Época de lluvias del 2013

Notas: Nuestras poblaciones coinciden en la descripción de *M. testarum* var. *gracile* que aparece en Komárek (2013), salvo en la marcada constricción de los tricomas que presenta la población de Playa Hermosa. Debido a que esta especie fue descrita originalmente para rocas calcáreas de las costas del mar Adriático, y que *M. testarum* ha sido reportada creciendo sobre conchas de mejillones y caracoles, mientras que nuestro material es epífito, se considera que este taxón es reportado como “cónfer”.

Muestra: FCME-C1075.

## 7. Discusión y conclusiones.

### 7.1 Riqueza y composición de la comunidad de cianoprocariontes.

La menor riqueza (23 spp) de cianoprocariontes reportada en el presente trabajo con respecto de estudios anteriores de localidades del Atlántico americano tropical (27 a 40 spp) (Sant'Anna 1985, 1995, 1997, y Sánchez-Hernández 2016), puede explicarse porque el resto de estudios incluye datos de más de una localidad, una mayor variedad de ambientes y un mayor esfuerzo de muestreo (Tabla 2).

Con respecto a la riqueza de especies por los órdenes clásicos (Nostocales, Oscillatoriales, Chroococcales), la alta proporción de especies del Orden Nostocales en el presente trabajo difiere de estudios previos sobre la diversidad taxonómica de las cianoprocariontes en el Atlántico Brasileño y Mexicano (Sant'Anna 1985, 1995, 1997; León-Tejera *et al.* 2009; Muñoz-Villaseñor 1996; Hernández- Sánchez 2016), que en su mayoría reporta que el orden Oscillatoriales tiene la mayor riqueza de especies; también Chroococcales se reporta como el más diverso en Sánchez-Hernández 2016.

Todos estos órdenes han sido citados como los más diversos en varios trabajos previos para las costas marinas de distintas partes del planeta, Potts (1980) reporta una mayor riqueza de especies del Orden Nostocales para plataformas eulitorales y manglares del Golfo de Elat, en la parte norte del Mar Rojo. en contraste, Little (1973) reporta una mayor abundancia de Oscillatoriales en paredes supralitorales de la isla de Cumbrae en Inglaterra, y Potts y Whitton (1980) reportan una mayor riqueza de Chroococcales para el intermareal de Aldabra. Potts en 1980 reporta una relación entre la disponibilidad de nutrientes y la composición de la comunidad de cianoprocariontes para las plataformas eulitorales y los manglares del golfo de Elat, a mayor abundancia de nutrientes, el número de cianoprocariontes no heterocitosos aumentaba en detrimento del número de los heterocitosos. Considerando esto es posible que la lejanía de la localidad a zonas industriales o urbanas (Gobierno del estado de Veracruz 2011), favorezca el mayor número de Nostocales que se reportan en el presente trabajo, sin embargo, el hecho también las

localidades estudiadas en los trabajos de Hernández-Sánchez (2016) y Sant'Anna (1995) se encuentren alejadas de zonas urbanas e industriales nos habla de que este probablemente no es el único factor involucrado.

## 7.2 Distribución espacial y temporal

La distribución de las especies parece depender al menos en parte del nivel de tolerancia a la desecación de cada una de las especies. Si las 4 zonas estudiadas en el presente trabajo se dividen en función del gradiente de humedad-desecación, se pueden formar dos tipos de zonas; el primero que comprende a las zonas más húmedas: plataformas externa e interna (eulitoral bajo y medio respectivamente), y otro que comprende las zonas que se encuentran casi siempre secas: la pared vertical (supralitoral) y su base (eulitoral alto). Considerando esto, se observa que la mayoría de las especies se presentaron únicamente en las dos zonas más húmedas o en las dos zonas más secas (tabla 9). Solo dos especies *Chroococciopsis* cf. *fisurarum* y *Calothrix* sp. 3 se presentaron tanto en zonas secas como húmedas en bajamar.

Garbary (2007) menciona que por las drásticas variaciones en sus condiciones ambientales (insolación, desecación, temperatura e irradiación solar, etc.), la zona superior del eulitoral es uno de los ambientes más estresantes del litoral. Esto también es válido para las pozas de marea, en las que diversos autores han ligado un decrecimiento la diversidad en función a las drásticas variaciones en sus condiciones ambientales que estos ambientes sufren a una mayor altura sobre el nivel del mar (Huggett y Griffiths 1986; Metaxas y Sheibling 1993; Jensen y Muller-Parker 1994).

Es posible que la riqueza de especies en esta localidad dependa de las variaciones diarias en las condiciones ambientales (insolación, desecación, temperatura e irradiación solar, etc.). La plataforma interna (eulitoral medio) y base de la pared (eulitoral alto), que por ser cubiertas y descubiertas diariamente por el agua sufren considerables variaciones diarias en sus condiciones ambientales, presentaron los valores más bajos de riqueza de especies. Mientras que las zonas con las menores variaciones ambientales diarias: la pared vertical

(casi permanentemente fuera del agua) y la plataforma externa (casi permanentemente cubierta por el mar o humectada por el oleaje) presentaron los mayores valores de riqueza de especies (Tabla 3).

La mayor riqueza de especies en la pared vertical que en la plataforma interna y base de la pared, nos habla de que las especies reportadas en este trabajo, tienen de una mayor capacidad para resistir a los valores altos de insolación, radiación UV, temperatura y desecación (los mayores del litoral marino) del supralitoral, que a las considerables variaciones en estas condiciones que se presentan en el eulitoral medio y alto.

Las cianoprocariontes reportadas en el presente trabajo pueden ser divididas en dos grupos acorde a su hábito de crecimiento, las epilíticas que crecen directamente sobre el basalto que conforma a la localidad y que están expuestas directamente a todos los estresores asociados a su zona, y las epifitas, que crecen asociadas a las cianoprocariontes epilíticas y a la rodofita *Bostrychia* sp., y que por lo tanto se encuentran protegidas de dichos estresores.

La mayoría de las cianoprocariontes del primer grupo comparte características como vainas gruesas y pigmentadas (salvo por *Cyanosarcina* cf. *chroococcoides* y *Schizothrix helva*), las cuales han sido reportada con funciones de resistencia a la insolación y al estrés osmótico, dos de los principales estresores de estos ambientes (Campbell 1979; García-Pichel y Castenholtz 1991; Ehling-Schulz *et al.* 1997; y Potts *et al.* 1983).

La formación de tapetes por varias especies cianoprocariontes ha sido reportada como un mecanismo de defensa en el grupo a la insolación. En estas asociaciones los cianoprocariontes filamentosos son de vital importancia, tanto por su capacidad de retener agua por sus gruesas vainas (Pattanaik *et al.* 2007), como por la protección contra la insolación que ofrecen a la comunidad de microorganismos con los que cohabitan por la pigmentación de sus vainas (Karsten *et al.* 1998). Es por tanto posible que las cianoprocariontes *Petalonema* sp, *Rivularia* cf. *bullata* y *Kyrtuthrix* sp. al poseer crecimientos macroscópicos de gran complejidad, vainas gruesas y pigmentadas, generen microambientes protegidos de los estresores propios a los niveles de marea en los que

crecen (insolación, desecación, etc.), por lo que son colonizados por otros taxa de cianoprocariontes, que en muchos casos no presentan las adaptaciones ya discutidas.

Einav e Israel en 2007 reportan un fenómeno similar para densos crecimientos de *Ulva* y *Porfira*, en el eulitoral alto, donde las partes superficiales de dichos crecimientos protegen a las internas de desecación e insolación. Es posible entonces que las partes externas de los crecimientos de *Bostrychia* sp. protejan a las internas, creando microambientes protegidos, donde los epifitos de esta rodofita pueden desarrollarse protegidos de los estresores del eulitoral alto.

Es por esta capacidad de modificar su entorno atenuando algunos gradientes, para hacerlo menos extremo a otras especies, que estas algas epifitadas son consideradas en el presente trabajo como especies autogénicas estructuradoras (Jones *et al.* 1994).

La falta de variación de la riqueza y composición de la comunidad de cianoprocariontes, entre las estaciones lluviosa y seca, es un patrón que se ha reportado con anterioridad para diversas localidades del Pacífico Mexicano (León-Tejera *et al.* 1993). Trabajos sobre la variación de la composición y abundancia en localidades tropicales del Pacífico americano han reportado que en ellas las biocenosis muchas veces se mantienen estables estacional e interanualmente en tanto fenómenos climatológicos como “El Niño”, u oceanográficos como las surgencias, no modifiquen las temperaturas y composición de nutrientes en estos ambientes (Vinuenza *et al.* 2006, Lubchenco *et al.* 1984, Sijaba-Cordero y Garcia-Méndez 2014). Playa Hermosa por su posición en la región de los Tuxtlas mantiene una temperatura y precipitación más o menos estables a lo largo del año (Soto-Esparza y Gama, 1994), por lo que es posible, que se presente esta estabilidad en la riqueza y los componentes de la comunidad de cianoprocariontes a lo largo de ambas temporadas de colecta.

### 7.3 Problemática taxonómica.

El inventario de especies de cianoprocariontes para del litoral del país es aún incompleto. En el estado de Veracruz, de las 52 especies que se reportan, la mayoría pertenecen a 4 municipios (Veracruz, San Andrés Tuxtla, Tamiahua, Alto Lucero y Actopan) y solo las

reportadas por Hernández-Sánchez (2016) presentan descripciones morfológicas. El alto número de nuevos registros en el presente trabajo coincide con el todavía estado incipiente del inventario, ya que, de las 23 especies reportadas a nivel de especie, 10 constituyen nuevos reportes para las costas del país, y una para las costas de Veracruz. A nivel de género, *Halotia* es nuevo para las costas del País y *Chroocopsidiopsis* es nuevo para el litoral del Golfo de México.

Por la escasez de manuales de identificación y estudios florísticos enfocados en la diversidad de cianoprocariontes en los litorales marinos de México (León-Tejera *et al.* 2009; Muñoz-Villaseñor 1996) en particular, y en todos los ambientes tropicales en general, la determinación taxonómica de nuestras poblaciones se realizó en su mayor parte con base a trabajos taxonómicos enfocados principalmente a ambientes continentales europeos (Komárek y Anagnostidis 1998 y 2005, y Komárek 2013).

Las significativas diferencias morfológicas, ambientales y geográficas de nuestras poblaciones con respecto a las de las poblaciones descritas en los manuales de identificación clásicos es muy importante, considerando el gran papel que las condiciones ambientales y el aislamiento geográfico juegan en la especiación de los procariontes (Cohan 2002, Papke *et al.* 2003), el significativo número de especies y géneros que se están describiendo para ambientes marinos en latitudes tropicales (Genuario *et al.* 2015; Gold-Morgan *et al.* 2015; González- Resendiz *et al.* 2013; León-Tejera *et al.* 2016, etc.) y la gran frecuencia de especies crípticas en este grupo (Casamatta *et al.* 2003, Sciuto *et al.* 2012), es probable que tanto los taxa que se reportan a nivel de género, como las especies descritas como “cónfer” por diferencias en geográficas y ecológicas con las descripciones originales, constituyan nuevas especies para la ciencia.

## **8. Perspectivas**

Considerando que (acorde a las estimaciones) más de la mitad de especies cianoprocariotas aún no ha sido descrita, y el escaso conocimiento que se tiene sobre la distribución y diversidad de este grupo en latitudes tropicales en comparación a latitudes templadas, la realización de trabajos que como el presente describan a detalle la morfología y ecología de las poblaciones de cianoprocariotas en estas latitudes es de vital importancia en condiciones que imposibiliten el uso de métodos moleculares, primero por que brindan información que futuros estudios taxonómicos con aproximación polifásica sobre las cianoprocariotas de los litorales marinos de México y el Atlántico Tropical, pueden utilizar tanto para la identificación morfológica de distintas poblaciones como para la determinación de taxa nuevos para la ciencia, y segundo porque la información detallada que brindan estos trabajos puede ser utilizada en estudios enfocados en otros grupos taxonómicos, que se encuentren relacionados ecológica o taxonómicamente con las cianoprocariotas.

## 9. Bibliografía

Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores) (1998) Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga Cabrera, L., Espinoza, J.M., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L. y Loa, E. (coordinadores) (2000) Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Azevedo, S.M.F.O., Carmichael, W.W., Jochimsen E.M., Rinehart, K.L., Lau, S., Shaw, G.R. y Eaglesham, G. K., (2002) Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. *Toxicology*. 181-182: 441-446 Agardh 1824

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

Campbell, S. E. (1979) Soil stabilization by a prokaryotic desert crust: implications for precambrian land biota. *Origins of Life* 9:335-348

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

Chávez, E. A., Hidalgo, E. y Sevilla, M. L. (1970) Datos acerca de las comunidades bentónicas del Arrecife de Lobos, Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 31:211–80

Cohan, F. M. (2002) What are bacterial species? *Annual Reviews of Microbiology* 56:457–87

Criscuolo, A. y Gribaldo, S. (2011) Large-Scale Phylogenomic Analyses Indicate a Deep Origin of Primary Plastids within Cyanobacteria. *Molecular Biology and Evolution* 28 (11): 3019–3032

Davison, I.R. y Pearson, G.A. (1996) Stress tolerance in intertidal seaweeds. *Journal of Phycology* 32:197-211

- DePhilips y Vincenzini, M. (1988) Exocellular polysaccharides from cyanobacteria and their possible applications. *FEMS Microbiology Reviews* 22: 151-175
- Ehling-Schulz, M., Bilger, W. y Scherer, S. (1997) UV-B-Induced Synthesis of Photoprotective Pigments and Extracellular Polysaccharides in the Terrestrial Cyanobacterium *Nostoc commune*. *Journal of Bacteriology* 179(6):1940–1945
- Einav, R. e Israel, A. (2007) Seaweeds on the Abrasion Platforms of the Tidal Zone in Eastern Mediterranean Shores. En Seckbach, J. (Ed) *Algae and Cyanobacteria in extreme environments*. Springer. Pags: 192-207
- Flores-Davis, F. (1975) Estudio Florístico estacional de las algas marinas macroscópicas en los alrededores de la Playa Paraíso, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias, Escuela de Biología. Xalapa.
- Forti, A. (1907). *Sylloge Myxophycearum. Sylloge algarum omnium hucusque cognitarum*. 5:1-761.
- Frémy, A. P. (1930). Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française. *Archives de Botanique*. 3(2): 1-508.
- Friedmann, E. I., y Borowitzka, L. J. (1982) The Symposium on Taxonomic Concepts in Blue-Green Algae: Towards a Compromise with the Bacteriological Code? *Taxon* 31(4):673-683
- Gama-Jr, W. A., Laughinghouse IV, H. D., y Sant'Anna, C. L. (2014) How diverse are coccoid cyanobacteria? A case study of terrestrial habitats from the Atlantic Rainforest (São Paulo, Brazil). *Phytotaxa* 178 (2): 61–97
- Garbary, D. J. (2007) The Margin of the Sea: Survival at the Top of the Tides. En Seckbach, J. (Ed) *Algae and Cyanobacteria in extreme environments*. Springer. Pags: 173-191
- García-Pichel, F. y Castenholz, R. W. (1991) Characterization and Biological Implications of Scytonemin, a Cyanobacterial Sheath Pigment. *Journal of Phycology* 27(3): 394-409
- García-Pichel, F., Nübel, U. y Muyzer, G. (1998) The phylogeny of unicellular, extremely halotolerant cyanobacteria. *Archives of microbiology* 169:469–482
- Geissert-Kientz D. (2004) Geomorfología. En Guevara, S. J., Laborde, J. Y Sánchez-Rios, G. (Eds) *Los Tuxtlas: El paisaje de la sierra*. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Pags: 159-180

Geitler, L. (1932). Cyanophyceae. Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 14:673-1196. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft.

Geitler, L. (1979) Einige kritische Bemerkungen zu neuen zusammenfassenden Darstellungen der Morphologie und Systematik der Cyanophyceen. *Plant systematics and evolution* 132:153--160 Genuario *et al.* (2015)

Gobierno del estado de Veracruz (2011) Estudios regionales para la planeación: Región Los Tuxtlas. Disponible en <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/files/2012/01/ff07-er-07-tuxtlas-reg.pdf> (Accesado el 16 de noviembre del 2016)

Gold-Morgan, M., González-Resendiz, L., León-Tejera, H. & G. Montejano (2015). Description of coccoid cyanoprokaryote *Nisada stipitata* morphogen. et sp. nov. from the supralittoral zone in the tropical Mexican Pacific. *Phytotaxa* 220(3): 268-276

Golubic, S. (1979). Cyanobacteria (Blue-Green Algae) under the Bacteriological Code? An Ecological Objection. *Taxon*, 28(4):387-389

Gomont, M. (1892). Monographie des Oscillariées (Nostocacées homocystées). *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Série 7*(15): 263-368

González-Resendiz, M. L., León-Tejera, H. P., y Gold-Morgan, M. L. (2015) Morphological diversity of benthic Nostocales (Cyanoprokaryota/Cyanobacteria) from the tropical rocky shores of Huatulco region, Oaxaca, México. *Phytotaxa* 219(3): 221–232

González-Reséndiz, M. L., García-Sánchez, L. M., Rodríguez-Juárez, J. G., De Gyves-López, J. S. y León-Tejera, H. P. (2014) Caracterización de ambientes algales en Playa Muñecos, Veracruz, México. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria* 13: 36-42

González-Reséndiz, M. L. (2016) Caracterización taxonómica de cianoprocariones bénticos de Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. Tesis para obtener grado de Doctora en ciencias. UNAM. México, D.F. 51 paginas

González-Gándara, C. (2011) La zona marina. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado.* (Pags 293-301). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México.

- Guiry, M. D. (2012) How many species of algae are there? *Journal of Phycology* 48(5):1057-1063
- Guiry, M.D. y Guiry, G.M. (2016) *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; Revisada el 18 de octubre del 2016.
- Hartog, C. D. (1968) The littoral environment of rocky shores as a border between the sea and the land and between the sea and the fresh water. *Blumea* 16(2):375-393
- Hernández-Sánchez, J. (2016) Caracterización morfológica de cianoprocariontes en Playa Muñecos, Veracruz, México. Tesis para obtener grado de Licenciado en Biología. UNAM. México. CD.MX. 135 paginas
- Herrero, A., Muro-Pastor, A. M. y Flores, E. (2001) Nitrogen Control in Cyanobacteria. *Journal of Bacteriology* 183(2):411-425
- Hollenberg, G. J. (1939) New Myxophyceae from Southern California *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 66(7): 489-494
- Hopwood, D. A. y Glauert, A. M. (1960) The fine structure of the nuclear material of a blue-green alga, *Anabaena cylindrica* Lemm. *The Journal of Biophysical and Biochemical Cytology* 8:813-823
- Huggett, J. y Griffiths, C. L. (1986) Some relationships between elevation, physicochemical variables and biota of intertidal rock pools. *Marine ecology progress series* 29: 189-197
- Humm, H. J. y Hildebrand, H. H. (1962) Marine Algae from the Gulf Coast of Texas and Mexico, en *Publications of the Institute of Marine Science* 8: 227-268
- Jensen, S. L. y Muller-Parker, G. (1994) Inorganic Nutrient Fluxes in Anemone-dominated Tide Pools. *Pacific Science* 48(1): 32-43
- Jones, C. G., Lawton, J. H. y Shachak, M. (1994) Organisms as Ecosystem Engineers. *Oikos* 69(3): 373-386
- Kaiser, M. J., Attrill, M. J., Jennings, S., Thomas, D. N., Barnes, D. K. A., Brierley, A. S., Polunin, N. V. C., Raffaelli, D. G., Williams, P. J. le B. (2005) *Marine ecology: Processes, systems and impacts*. Primera edición. Ashford Colour Press. Pags: 188-211

Karsten, U., Maier, J. y García-Pichel, F. (1998). Seasonality in UV-absorbing compounds of cyanobacterial mat communities from an intertidal mangrove flat. *Aquatic Microbial Ecology*. 16: 37–44

Knox, G. A. (2001) *The ecology of the seashores*. Primera edición. CRC Press. Pags: 20-35

Komárek, J. (2003) Problem of the taxonomic category “species” in cyanobacteria. *Algological Studies* 109:281-297

Komárek, J. (2013) *Süsswasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota: 3rd part: heterocystous genera*. Vol. 19. Heidelberg: Springer

Komárek, J., y Anagnostidis, K. (1998) *Süsswasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota: 2nd part: Oscillatoriales*. Vol. 19. Heidelberg: Springer

Komárek, J., y Anagnostidis, K. (2005) *Süsswasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota: 1st part: Chroococcales*. Vol. 19. Heidelberg: Springer

Komárek, J. y Golubić (1990) Guide to the nomenclature and formal taxonomic treatment of oxyphototroph prokaryotes (Cyanoprokaryotes). Revisado de <http://www.cyanodb.cz/> el 18 de octubre del 2016

Komárek J. y Hauer T. (2013): *CyanoDB.cz - On-line database of cyanobacterial genera*. - Word-wide electronic publication, Univ. of South Bohemia & Inst. of Botany AS CR, <http://www.cyanodb.cz>

Komárek, J., Kastovsky, J., Mares, J. y Johansen, J. (2014) Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia* 86: 295–335

Koop, R. E. Kirschvink, J. L., Hilburn, I. A. y Nash, C. Z. (2005) The Paleoproterozoic snowball Earth: Aclimate disaster triggered by the evolution of oxygenic photosynthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (32): 11131–11136

Kützing, F. T. (1843). *Phycologia generalis oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange*. Pags: 458

Lapage, S. P., Sneath, P. H. A. y Lessel, E. F. (1992) *International Code of Nomenclature of Bacteria: Bacteriological Code*. ASM Press. Washington (DC).

León-Tejera, H. P., Fragoso, D., León, D., Candelaria, C., Seriere, E. y González-González, J. (1993) Characterization of tidal pool algae in the Mexican Tropical Pacific coast *Hydrobiologia* 260/261: 197-205

León-Tejera, H. P., Gold-Morgan, M. L. y Montejano, G. (2009) Benthic Cyanoprokaryota (Cyanobacteria) of the Gulf of Mexico. En Felder, D. L. y Camp, D. K. *Gulf of Mexico—Origins, Waters, and Biota. Biodiversity.* Texas A&M University Press, College Station, Texas. Pags. 47–56.

León-Tejera, H. P., Gonzalez-Resendiz, Johansen, J. R., Segal-Kischievsky, C., Escobar, V. y Alba Lois, L. (2016) Phylogenetic position reevaluation of *Kyrtuthrix* and description of a new species *K. huatulcensis* from Mexico's Pacific coast. *278* (1):1-18

Little, M.G. (1973) The zonation of marine supra-littoral blue-green algae. *British Phycological Journal* 8(1):47-50

Lubchenco, J., Menge, B. A., Garrity, S.D., Lubchenco, P. J., Ashkenas, L. R., Gaines, S. D., Emlet, R., Lurias, J. y Strauss, S. (1984) Structure, persistence and role of consumers in a tropical rocky intertidal community (Taboguilla Island, Bay of Panama). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 77: 23-73

McFadden, G. I. (1999) Endosymbiosis and evolution of the plant cell. *Current Opinions on Plant Biology* 2:513-519

Martin del Pozzo, A. L. (1997) Geología. En Gonzalez Soriano, E. (Ed) *Historia Natural de los Tuxtlas.* UNAM. Pags: 25-32

Mateo-Cid, L. E. y Garcia Garcia, C. (1996) Algas marinas de Isla Verde, Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 36:59-75

McNeill, J., Barrie, F. R., Buck, W. R., Demoulin, V., Greuter, W., *et al.* (eds) (2012) *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Melbourne Code)* adopted by the Eighteenth International Botanical Congress Melbourne, Australia, July 2011. (Regnum Vegetabile No. 154.) Königstein: Koeltz Scientific Books.

Melezhik, V. A. (2006) Multiple causes of Earth's earliest global glaciation *Terra Nova* 18(2): 130–137

Menge, B. A., Lubchenco, J. y Ashkenas, L. R. (1985) Diversity, heterogeneity and consumer pressure in a tropical rocky intertidal community. *Oecologia* 65:394-405

Metaxas, A. y Scheibling, R. E. (1993) Community structure and organization of tidepools. *Marine ecology progress series* 98:187-198.

Morris, S. y Taylor, A. C. (1983) Diurnal and Seasonal Variation in physico-chemical Conditions within intertidal Rock Pools. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 17: 339-355

Muñoz Villaseñor, A. (1996) Catalogo de algas Cyanophyceae bentónicas de las costas mexicanas del Golfo de México y el Mar Caribe. Tesis para obtener el título de técnico profesional en acuicultura. Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica. México, D. F. 83 paginas

Nabout, J. C., da Silva Rocha, B., Melo Caneiro, F. y Sant'Anna, C. L. (2013) How many species of Cyanobacteria are there? Using a discovery curve to predict the species number. *Biodiversity and Conservation* 22:2907–2918

Nagarkar, S. y Williams, G. A. (1997) Comparative techniques to quantify cyanobacteria dominated epilithic biofilms on tropical rocky shores. *Marine ecology progress series* 154:281-291

Nagarkar, S. y Williams, G. (1999) Spatial and temporal variation of cyanobacteria-dominated epilithic communities on a tropical shore in Hong Kong. *Phycologia* 5: 385–393.

Nagarkar, S. (2002) New records of heterocystous Cyanobacteria from Hong Kong rocky shores. *Nova Hedwigia* 75: 189–200.

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

Nichols, J. M. y Adams, D. G. (1982) Akinetes. En Car, N. G. y Whitton, B. A. (eds) *The biology of cyanobacteria*. Blackwell Scientific Publications. Paginas 387-412

Niklowitz, W. y Drews, G. (1957) Beiträge zur Cytologie der Blaualgen-IV. Mitteilung-Vergleichende elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Substruktur einiger Hormogonales. *Archiv für Mikrobiologie* 27:150--165

Ortega, B. O., Godínez-Ortega, J. L. y Garduño, G. (2001) Catálogo de algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. Cuadernos del IBUNAM No. 34. UNAM, CONABIO. 594 pp

Paerl, H. W y Paul, V. J. (2012) Climate change: Links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water Research* 46(5): 1349-1363

Papke, R. T., Ramsing, N. B., Bateson, M. M. y Ward, D. M. (2003) Geographical isolation in hot spring cyanobacteria. *Environmental Microbiology* 5:650-659

Pattanaik, B., Schumann, R., y Karsten, U. (2007) Effects of Ultraviolet Radiation on Cyanobacteria and Their Protective Mechanisms. En Seckbach, J. (Ed) *Algae and Cyanobacteria in extreme environments*. Springer. Pags: 29-45

Potts, M. (1980) Blue-green algae (Cyanophyta) in marine coastal environments of the Sinai Peninsula: distribution, zonation, stratification and taxonomic diversity. *Phycologia* 19(1): 60-73.

Potts, M. y Whitton, B. A. (1980) Vegetation of the intertidal zone of the lagoon of Aldabra, with particular reference to the photosynthetic prokaryotic communities. *Proceedings of the royal society B (Biological Sciences)* 208:13-55

Potts, M., Ocampo-Friedmann, R., Bowman, M. A. y Tözün, B. (1983) *Chroococcus* S24 and *Chroococcus* N41 (cyanobacteria): morphological, biochemical and genetic characterization and effects of water stress on ultrastructure. *Archives of microbiology* 135: 81-90

Rodarte, B., Becerra-Absalón, I. Montejano, G., Osorio, K., Alba-Lois, L., León-Tejera, H. P. y Segal-Kischivezky, C. (2014) Morphological and molecular characterization of *Brasilonema roberti-lamii* (Cyanophyceae, Nostocales, Scytonemataceae) from central Mexico. *Phytotaxa* 164: 255-264.

Sánchez-Rodríguez, M. E. (1967) Flora marina de Monte Pío, Edo de Veracruz, México. *Anales de la Escuela nacional de Ciencias biológicas* 14:9-18

Sánchez-Rodríguez, M. E. (1980) Ficoflora del sustrato rocoso dentro de las costas del Golfo de México, México. *Boletim do Instituto do Oceanografia* 29(2): 347-350

Sant'Anna, C.L., Cordeiro-Marino, M, Braga, M: R. A. y Guimaraes, S. M. P. B. (1985) Cianofíceas marinhas bentónicas das Praias de Peruíbe e dos Sonhos, Município de Itanhaém, SP, Brasil. *Rickia* 12: 89-112

- Sant'Anna, C.L., Azevedo, M.T.P., Branco, L.H.Z., Braga, M.R.A., Cordeiro-Marino, M., y Guimaraes, S.M.P.B. (1995) Cianofíceas marinhas bentónicas das Praias de Peruíbe e dos Sonhos, Municipio de Itanhaém, Sao Pablo. *Revista Brasileira de Biologia* 55(3): 389-407
- Sant'Anna (1997) Cyanophyceae marinhas bentónicas da regio de Ubatuba, Sao Pablo, Brasil. *Hoehnea* 24(2): 57-74
- Schopf, J. W. (1993) Microfossils of the early archean apex chart: New evidence. *Science* 260(5108): 640-646
- Schopf, J. W. (2006) Fossil evidence of Archaean life. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 361: 869-885
- Sciuto, K., Andreoli, C., Rascio, N., La Rocca, N. y Mooro, I. (2013) Polyphasic approach and typification of selected Phormidium strains (Cyanobacteria). *Cladistics* 28:357-374
- Sessions, A. L., Doughty, D. M., Welander, P. V., Summons, R. E. y Newman, D. K. (2009) The Continuing Puzzle of the Great Oxidation Event. *Current Biology* 19(14): 567-574
- Setchell, W.A. y Gardner, N.L. (1924). *Phycological contributions, VII*. University of California Publications in Botany 13: 1-13.
- Singh, S. C., Sinha, R. P. y Hader D. P. (2002) Role of Lipids and Fatty Acids in Stress Tolerance in Cyanobacteria. *Acta protozoologica* 41: 297-308
- Sibaja-Cordero, J. A. y García-Méndez, K. (2014) Variación espacial y temporal de los organismos de un intermareal rocoso: Bahía Panamá, Pacífico Norte, Costa Rica. *International journal of tropical biology* 62(4):85-97
- Smithsonian Institute (2016) Preserving specimens in liquid preservatives. Disponible en <http://botany.si.edu/projects/algae/collpres/liqpres.htm> (Accesado el 16 de noviembre del 2016)
- Smithsonian Institute (2016) Preparation of Semi-permanent Slides. Disponible en <http://botany.si.edu/projects/algae/collpres/liqpres.htm> (Accesado el 16 de noviembre del 2016)
- Soto Esparza, M y Gama, L. (1997) Climas. En Gonzalez Soriano, E. (Ed) *Historia Natural de los Tuxtlas*. UNAM. Pags: 7- 24

Soto-Esparza, M (2004) El Clima. En Guevara, S. J., Laborde, J. Y Sánchez-Rios, G. (Eds) Los Tuxtlas: El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A. C. y Union Europea. Pags: 195-200

Stal, L. J. (2001) Coastal microbial mats: the physiology of a small-scale ecosystem. *South African Journal of Botany* 67: 399-410

Stanier, R. Y., Sistrom, W. R., Hansen, T. A., Whitton, B. A., Castenholz, R. W., Pfennig, N., Gorlenko, V. N., Kondratievna, E. N., Eimhjellen, K. E., Whittenbury, R., Gherna, R. L., y Truper, H. G. (1978) Proposal to Place the Nomenclature of the Cyanobacteria (Blue-Green Algae) Under the Rules of the International Code of Nomenclature of Bacteria. *International journal of systematic bacteriology* 28(2): 335-336

Stanier, R. Y., y van Niel, C. B. (1962) The Concept of a Bacterium. *Archiv Für Mikrobiologie* 42(1): 17–35

Steffensen, D. A. (2008) Economic Cost of Cyanobacterial Blooms. En Hudnell, H. K. (Ed) *Cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs*. Paginas: 855–65. New York, NY: Springer New York

Taton, A., Grubisic, S., Ertz, D., Hodgson, D., Piccardi, R., Biondi, N., Trendici, M. R., Mainini, M., Losi, D., Marinelli, F. y Wilmotte, A. (2006) Polyphasic study of antartic cianobacterial strains. *Journal of Phycology* 42: 1257-1270

Thomas, A. D., y Dougill, A. J. (2007) Spatial and temporal distribution of cyanobacterial soil crusts in the Kalahari: implications for soil surface properties. *Geomorphology* 85(1–2): 17–29

Vinueza, L. R., Branch, G. M., Branch, M. L. y Bustamante, R. H. (2006) Top-Down Herbivory and Bottom-Up El Niño Effects on Galápagos Rocky-Shore Communities. *Ecological Monographs* 76(1): 111-131

Whitton, B. A. y Potts, M. (2012) Introduction to the Cyanobacteria. En Whitton, B. A. y Potts, M. (eds) *Ecology of Cyanobacteria II: Their Diversity in Space and Time*. Paginas 1–13. Springer Netherlands

Zaneveld, J. S. (1969) Factors Controlling the Delimitation of Littoral Benthic Marine Algal Zonation. *American zoologist* 9: 367-391

## 10. Anexo I

Tabla 11: Especies reportadas para el estado de Veracruz (Autores, localidad, y presencia o ausencia de descripciones)

Nombre	Cita	Localidad	Descripción
<i>Anacystis aeruginosa</i> - (Zanardini) F.E. Drouet & W.A.Daily, 1948	Mateo-Cid et ál. (1996)	SAV: Isla Verde	No
<i>Anacystis dimidiata</i> - (Kütz.) F.E. Drouet & W.A.Daily, 1952	Mendoza-González et ál. (1985)	SAV: Isla Santiaguillo	No
<i>Aphanothece stagnina</i> - (Spreng.) A. Braun, 1865	Ortega et ál. (2001)	SAV: Isla Santiaguillo	No
<i>Asterocapsa</i> - Chu, 1952	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Asterocapsa cf. divina</i> - Komárek 1993	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Blennothrix</i> - Kützing ex Anagnostidis et Komárek 1988.	Flores-Davis (1975) González-Reséndiz et ál. (2014)	Playa Muñecos Playa Paraíso (La Mancha)	No
<i>Blennothrix lynghyacea</i> - (Kütz. ex Gomont) Anagn. & Komárek, 1987	Hernández-Sánchez (2016) Mateo-Cid et ál. (1996)	Playa Muñecos SAV: Isla Sacrificios Isla Santiaguillo Isla Verde.	Si
<i>Calothrix - Agardh ex Bornet et Flahault, 1886</i>	González-Reséndiz <i>et al.</i> (2014)	Playa Muñecos	No
<i>Calothrix aeruginea</i> - Thur. ex Bornet & Flahault, 1886	Sánchez (1980)	Playa Paraíso (La Mancha)	No
<i>Calothrix aestuarii</i> - Gayral & Mazancourt, 1958	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Calothrix confervicola</i> - C. Agardh ex Bornet & Flahault, 1886	Huerta-Múzquiz et ál. (1977) Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos SAV: Isla de Enmedio	Si
<i>Chroococcus</i> - Nägeli, 1849	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Coccochloris stagnina</i> - Spreng., 1807	Mendoza-González et ál. (1985)	SAV: Isla Santiaguillo	No
<i>Cyanosarcina thalassia</i> - Anagnostidis & Pantazidou 1991	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Dermocarpella cf. gardneri</i> - León-Tejera & G. Montejano 2000	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Entophysalis</i> - Kützing, 1843	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Entophysalis conferta</i> - (Kütz.) F.E. Drouet & W. A. Daily, 1948	Mateo-Cid et ál. (1996)	SAV: Isla Verde	No
<i>Entophysalis deusta</i> - (Menegh.) F.E. Drouet & W. A. Daily, 1948	Mendoza-González et ál. (1985)	SAV: Isla Santiaguillo	No

**Tabla 10 (continuación): Localidades, autores y descripciones (presencia o ausencia) de las especies de cianoprocariotas registradas para el estado de Veracruz**

Nombre	Cita	Localidad	Descripción
<i>Entophysalis granulosa</i> Kützing 1843	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Gloeothece cf. incerta</i> Skuja 1964	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Gloeothece cf. Rupestris</i> (Lyngbye) Bornet in Wittrock & Nordstedt 1880	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<b><i>Hormoscilla – Anagnostidis et Komárek, 1988</i></b>	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Hyella cf. caespitosa</i> - Setchell & N. L. Gardner 1918	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Isaactis cf. plana</i> - Thuret ex Bornet et Flahault, 1886	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Kyrtuthrix cf. maculans</i> - (Gomont) Umezaki 1958	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Kyrtuthrix</i> - Ercegovic?, 1929	González-Reséndiz 2014)	Playa Muñecos	No
<i>Lithocapsa</i> – Ercegovic, 1925	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Lyngbya aestuarii</i> - Liebm. ex Gomont, 1892	Sánchez (1965) y (1980)	Montepío (Punta Morrillo)	No
<i>Lyngbya</i> - C. Agardh ex Gomont, 1892	Flores-Davis (1975) González-Reséndiz <i>et al.</i> (2014)	Playa Muñecos Playa Paraíso (La Mancha)	No
<i>Lyngbya confervoides</i> - C. Agardh ex Gomont, 1893	Huerta-Múzquiz et ál. (1977) Ramírez (1975) Sánchez (1980)	Boca Andrea Laguna Verde Morro de La Mancha Playa Paraíso (La Mancha) Punta Limón SAV: Isla de Enmedio Villa Rica (Punta Villa Rica)	No
<i>Lyngbya lutea</i> - Gomont & Gomont, 1892	León-Tejera et ál. (2009)	SAV: Isla Santiaguillo	No
<i>Lyngbya majuscula</i> - Harv. ex Gomont, 1892	Chávez et ál. (1970) Huerta-Múzquiz et ál. (1977)	Arrecife de Lobos SAV: Isla de Enmedio	No
<i>Mastigocoleus testarum</i> - Lagerh. ex Bornet & Flahault, 1886	Humm y Hildebrand (1962)	SAV: Arrecife Blanca	No
<i>Microcoleus chthonoplastes</i> - Thur. ex Gomont, 1892	Sánchez (1980) Ramírez (1975)	Playa Villa Rica	No
<i>Microcoleus lyngbyaceus</i> - (Kütz. ex Gomont) F.E. Drouet, 1968	Mendoza-González et ál. (1985)	SAV: Isla Sacrificios Isla Santiaguillo	No
<i>Nodularia harveyana</i> - Thur. ex Bornet et Flahault, 1888	Humm y Hildebrand (1962)	Arrecife los Hornos	No
<b><i>Oscillatoria - Vaucher ex Gomont, 1892</i></b>	Hernández-Sánchez (2016) Sánchez (1965)	Montepío	Si
<i>Oscillatoria lutea</i> - Agardh C. ex Gomont, 1892	Mendoza-González et ál. (1985)	SAV: Isla Santiaguillo	No
<i>Petalonema cf. incrustans</i> - (Kützing) Komárek 2012	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si

**Tabla 10 (continuación): Localidades, autores y descripciones (presencia o ausencia) de las especies de cianoprocariotas registradas para el estado de Veracruz**

<b>Nombre</b>	<b>Cita</b>	<b>Localidad</b>	<b>Descripción</b>
<i>Phormidium cf. ambiguum</i> - Gomont 1892	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Phormidium submembranaceum</i> - (Ardissonne & Strafforello) Gomont, 1892	Ortega et ál. (2001)	Arrecife Hornos (extremo norte)	No
<i>Placoma violacea</i> - Setchell & Gardner 1918	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Pseudocapsa maritima</i> - Komárek 1956	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Rivularia</i> - (Roth) C. Agardh ex Bornet et Flahault 1886.	González-Reséndiz <i>et al.</i> (2014)	Playa Muñecos	No
<i>Rivularia cf. atra</i> - Roth ex Bornet et Flahault 1886	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Schizothrix arenaria</i> - Gomont, 1892	Mateo-Cid et ál. (1996) Mendoza-González et ál. (1985)	SAV: Isla Santiaguillo Isla Verde	No
<i>Schizothrix gracilis</i> - Golubic 1973	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Schizothrix mexicana</i> - Gomont, 1892	Mendoza-González et ál. (1985)	SAV: Isla Santiaguillo	No
<i>Scytonema</i> - Agardh ex Bornet et Flahault 1887	González-Reséndiz <i>et al.</i> (2014)	Playa Muñecos	No
<i>Scytonematopsis</i> - Kiseleva, 1930.	González-Reséndiz <i>et al.</i> (2014)	Playa Muñecos	No
<i>Scytonematopsis crustacea</i> - (Thuret ex Bornet & Flahault) Koválik & Komárek 1988	Huerta-Múzquiz et ál. (1977) Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos SAV: Isla de Enmedio Isla Sacrificios Isla Santiaguillo Isla Verde	Si
<i>Spirulina subsalsa</i> - Oersted ex Gomont, 1892	Humm y Hildebrand (1962) Mendoza-González et ál. (1985)	Arrecife los Hornos SAV: Isla Santiaguillo	No
<i>Symploca hydroides</i> - Kütz. ex Gomont, 1892	Humm y Hildebrand (1962)	Arrecife los Hornos	No
<i>Trichodesmium thiebautii</i> - Gomont ex Gomont, 1892	Chávez et ál. (1970)	Arrecife de Lobos	No
<i>Xenococcus</i> - Thuret in Bornet et Thuret, 1880	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si
<i>Xenococcus cf. acervatus</i> - Setchell et Gardner in Gardner 1918	Hernández-Sánchez (2016)	Playa Muñecos	Si

