



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“Caracterización morfológica de cianoprocariontes en  
Playa Muñecos, Veracruz, México”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGO**

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

**JOAQUÍN HERNÁNDEZ SÁNCHEZ**



**DIRECTORA PRINCIPAL**

**DRA. HILDA PATRICIA LEÓN TEJERA**

**2016**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



## AGRADECIMIENTOS

PARA MI MADRE Y HERMANOS MARTÍN Y LORENA POR SU APOYO INCONDICIONAL.

AGRADECIDO CON LA FAMILIA Y AMIGOS QUE ESTÁN EN ESTE MOMENTO DE MI VIDA.

A LA UNAM MI ETERNA GRATITUD.

A MIS ALUMNOS POR ENSEÑARME TANTO DE LA VIDA.

DOCTORAS HILDA LEÓN Y LAURA GONZÁLEZ, NO SON SUFICIENTES LAS GRACIAS POR SUS ENORMES ENSEÑANZAS.

A MIS SINODALES GRACIAS INFINITAS.

GRACIAS POR LA PACIENCIA Y SOLIDARIDAD COMPAÑEROS DE LABORATORIO.

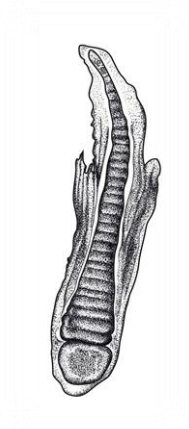
A LA VIDA POR REVELARME LAS OPORTUNIDADES.

A TODO AQUEL QUE DESEE HACER ALGO QUE AMA NO IMPORTA SI ES CIENCIA, ARTE O ALGUNA COMBINACIÓN.

ILUSTRACIONES: FABIÁN MONROY GONZÁLEZ, FAD UNAM.

DISEÑO DE FIGURAS: JESSICA JAIME DOMÍNGUEZ, FAD UNAM.

MICROGRAFÍAS: JOAQUÍN HERNÁNDEZ SÁNCHEZ.





## CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	2
II.	ANTECEDENTES	7
III.	OBJETIVO GENERAL	9
IV.	ÁREA DE ESTUDIO	10
V.	MÉTODO	13
VI.	RESULTADOS	16
VI.I	LISTADO TAXONÓMICO	16
VI.II	DESCRIPCIONES	18
VII.	DISCUSIÓN	113
VIII.	REFERENCIAS	120
IX.	ANEXOS	126



## I INTRODUCCIÓN

Los cianoprocariontes (Cyanophyta/Cyanoprokariota) o también llamadas algas “verde azules” son procariotas Gram-negativos con metabolismo oxifotosintético en donde el agua es el donador principal de electrones y se libera oxígeno como subproducto. Habitan en una gran diversidad de ambientes en donde existan condiciones de humedad y luz (Whitton & Potts, 2000). Evolutivamente son uno de los grupos más antiguos de la Tierra que proliferaron desde el Precámbrico (3,500 ma. aprox) y con una morfología que en general se ha mantenido con pocos cambios (Schopf, 2000). Se les atribuye el “Gran evento de oxigenación” ocurrido hace aproximadamente 2,400 ma (Schopf, 2014, Schirmer *et al.*, 2011, Whitton & Potts, 2000) que provocó un cambio en la composición de la atmósfera terrestre. Esto constituyó una gran presión de selección para aquellos organismos adaptados a una atmósfera reductora, lo que causó una extinción masiva e influyó de manera definitiva la evolución de la vida en nuestro planeta. Este linaje dio origen a los cloroplastos de las algas eucariotas y de las plantas terrestres de acuerdo con la teoría de la endosimbiosis serial (Margulis, 1970).

Poseen un sistema de membranas tilacoidales que contienen clorofila  $\alpha$  y ficobilisomas con ficobiliproteínas que funcionan como pigmentos fotosintéticos antena. Los pigmentos accesorios ficocianina y ficoeritrina les confieren la capacidad de captar la luz en longitudes de onda distintas a las de la clorofila  $\alpha$  y son los que en una alta concentración les confieren un color que puede ir en una escala variable desde el rojo, marrón, verde, verde-azulado, azul o aún violeta muy saturado cercano al negro (De Marsac, 2003).



Este grupo presenta distintos tipos de niveles de organización: células morfológicamente simples con formas cocales o bacilares, agregados celulares coloniales, pseudofilamentos, filamentos de sencillos a complejos e incluso algunas pueden formar pseudoparenquimas. Por otro lado algunas formas filamentosas pueden presentar tanto diferenciación como especialización morfológica funcional y comunicación celular; lo que representa una verdadera pluricelularidad. Particularmente las formas heterocistas presentan un tipo de célula especializada denominada heterocito, que en condiciones internas de anoxia y con la reacción de la enzima nitrogenasa permite que estos organismos puedan fijar nitrógeno atmosférico (Mayz-Figueroa, 2004). Los acinetos son otro tipo de célula diferenciada como estructura de resistencia, con la capacidad de almacenar gránulos de polifosfato y cianoficina (almidón), lo que permite a una población permanecer en estado de latencia en condiciones limitantes y germinar al producirse condiciones ambientales favorables.

Las formas de crecimiento de estos organismos presentan gran diversidad, por ejemplo, puede haber formas cocales que desarrollan talos coloniales irregulares, hemisféricos, costrosos, tapetes planos y otras pueden presentar talos polarizados. Las formas filamentosas forman tufos, marañas, costras, céspedes y redes. Estas formas de crecimiento permiten que puedan ser identificadas desde el sitio de colecta y en otras ocasiones al observarse al microscopio.

Su reproducción es asexual mediante fisión binaria o su modificación en fisión múltiple; los procesos de recombinación genética son básicamente mediante transferencia horizontal y la recombinación homóloga (Dvořák *et al.*, 2015; Flores *et al.*, 2008). La división celular en las cocales, filamentos y



pseudofilamentos puede ser en cada tipo de organismo en uno o más planos. Pueden tener dentro de las estrategias reproductivas el desarrollo de acinetos, hormogonios y la fragmentación de las colonias, incluso en las formas cocoides y pseudofilamentosas algunas células pueden reproducirse mediante exocitos, endosporas, baeocitos o nanocitos. Esta diversidad de formas de crecimiento, perenación y reproducción influye en sus niveles de organización y da origen a que algunas puedan llegar a presentar ciclos de vida complejos.

Desde el punto de vista ecológico desempeñan funciones de gran importancia a nivel global y local, ya que además de su papel preponderante como productores primarios y de oxígeno, son los fijadores de Nitrógeno más importantes en los océanos (Liebes, 1992). Por otro lado, algunas pueden crecer de forma rápida generando los llamados “florecimientos” (*blooms*) produciendo metabolitos como las cianotoxinas. Estos metabolitos pueden afectar a pesquerías y a la calidad del agua de reservorios de agua potable. Algunas especies son cultivadas para obtener metabolitos de utilidad en la medicina y otras áreas de investigación (Zanchett & Oliveira-Filho, 2013), otras se utilizan en procesos para degradar hidrocarburos (Abed, 2007) por lo que su estudio es de gran interés para la agricultura, la producción de biocombustibles y la acuicultura entre otras (Chakdar *et al.*, 2012).

Este grupo contiene una gran riqueza de especies, Guiry (2012) calcula unas 3300 especies tanto epicontinentales como marinas, aunque han sido poco estudiadas especialmente en latitudes tropicales (Hoffmann, 1999). Habitan en gran diversidad de ambientes entre los que destacan la columna de agua en la zona fótica (aproximadamente 120 m de profundidad) de todos los océanos; cuerpos de agua continentales tanto lénticos como lóticos; en los arrecifes coralinos (Charpy *et al.*, 2012); sobre rocas en la zona litoral (supra-inter



y submareal); en las grietas de los granitos en la Antártida (De Los Ríos *et al.*, 2007) y las evaporitas de yeso del Desierto de Atacama en Perú (Vítek *et al.*, 2010).

En la taxonomía se utilizan un conjunto de métodos para reconocer, registrar y reglamentar la diversidad de los organismos, donde constantemente se está reflejando el cambio en el conocimiento sobre las relaciones evolutivas, ecológicas y la variación del fenotipo (Komárek *et al.*, 2014). La taxonomía de los cianoprocariontes (Cyanophyta/Cyanoprokariota) se encuentra actualmente en debate derivado de discusiones acerca de la naturaleza procarionte de estos organismos. Existen en general dos aproximaciones principales: el enfoque botánico tradicional que utilizaremos en este documento y el utilizado por los bacteriólogos, ambos utilizan dos códigos de nomenclatura distintos para reglamentar los nombres de los taxones. Para determinar a los cianoprocariontes se utiliza el método tradicional botánico, primordialmente sobre la base del análisis de caracteres morfológicos distintivos con los que se describen las especies (Montejano, 1998). Estos caracteres definen a las especies de cianoprocariontes como conjuntos de organismos similares morfológicamente, que coinciden en espacio y tiempo, reproductiva (asexualmente) y funcionalmente en un ambiente.

El enfoque bacteriológico para cianoprocariontes se basa en la propuesta elaborada por Stanier *et al.* (1978) que requiere para que una especie sea descrita en la revista *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* del depósito de cepas de cultivos axénicos tipo en colecciones reconocidas (Rippka *et al.*, 1979). En esta propuesta existe un sistema de secciones para la clasificación y se utiliza la nomenclatura regida mediante el Código de Nomenclatura Bacteriológico (Oren *et al.*, 2004). Desde





el punto de vista de los estudios taxonómicos del grupo con orientación botánica se considera que las condiciones de crecimiento en cultivo generan un fenotipo muy diferente al de las poblaciones naturales por lo que su utilización como patrón de la morfología debe hacerse con precaución. Sin embargo los cultivo unialgales o axénicos, a pesar de ser difíciles de obtener pueden ser de gran utilidad en la determinación taxonómica tradicional, ya que permiten observar el ciclo de vida, así como caracteres y formas de crecimiento que no son evidentes en material de campo (Becerra, 2014). A los taxones se les nombra utilizando el Código de Nomenclatura Botánico que recientemente cambió su denominación a Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Hongos y Plantas (CINAHP) (McNeill *et al.*, 2012).

La determinación de cianoprocariontes se realiza comúnmente utilizando manuales de identificación, monografías y otros documentos que utilizan información morfológica y ecológica. Algunas de estas publicaciones fueron utilizadas en este estudio. Dichos trabajos contienen descripciones, ilustraciones o material fotográfico de poblaciones y especies de distintas regiones geográficas como por ejemplo: Agardh, (1824), Nägeli (1849), Gomont (1893), Bornet & Flahault (1885), Tilden (1910), Frey (1929, 1932), Geitler (1932), Desikachary (1959) y más recientemente en Komárek, & Anagnostidis (1999, 2005), Komárek, (2013), González-Resendiz *et al.* (2014; 2015) y León Tejera *et al.* (2011).

Actualmente es muy importante incorporar en la caracterización de poblaciones o especies, información morfológica detallada, así como de ser posible utilizar información de marcadores moleculares (en especial la región del RNA 16S y el ITS); la caracterización de pigmentos e información ecológica a partir de la caracterización de las condiciones ambientales en las que se



manifiestan las poblaciones en el campo y la información morfológica de cultivos (Komárek *et al.*, 2014; González-Reséndiz *et al.*, 2014). En el nuevo sistema de clasificación de Komárek y colaboradores (2014), en el cual nos basamos para enlistar taxonómicamente nuestro material, se hace una nueva interpretación sintética de los caracteres morfológicos más importantes como son las ramificaciones falsas y verdaderas, la polaridad de los filamentos, presencia-ausencia de acinetos, aerotopos y de forma marcada la división celular y el arreglo de los tilacoides.

Los estudios taxonómicos tradicionales son indispensables para describir y reconocer la biodiversidad que presentan las comunidades de cianoprocariontes en distintas regiones, localidades y ambientes. Son además un punto de partida fundamental para poder comenzar a caracterizar y determinar las especies tropicales de cianoprocariontes marinos bénticos.

## **II ANTECEDENTES**

En México los trabajos de taxonomía tradicional con enfoque ficológico de cianoprocariontes tienen gran relevancia, debido a que aún existen enormes carencias del conocimiento de la biodiversidad en este grupo y en particular de los cianoprocariontes marinos bénticos. Los estudios taxonómicos realizados en las zonas costeras de México son muy escasos y han sido elaborados con distintas orientaciones e intereses y muchos de ellos sólo han incluido cianoprocariotas de modo colateral. Para el Golfo de México no hay estudios específicos en este grupo y casi todos los reportes que existen provienen de estudios florísticos realizados sobre macroalgas (León-Tejera *et al.*, 2009; 2011). En muchas de las ocasiones estos trabajos no incluyen un análisis morfológico riguroso de las poblaciones (González-Reséndiz *et al.*, 2015). Entre las obras que



reportan cianoprocariontes y algas eucariontes a partir de la bibliografía, se encuentran el catálogo de algas bentónicas de Ortega *et al.* (2001), la tesis de Flores-Davis (1975) y el artículo de González-Resendiz *et al.* (2014) que reportan un total de 31 taxones para el estado de Veracruz (Anexo 1): Synechococcales una especie; cinco Chroococcales; una de Pleurocapsales; doce para Oscillatoriales, once de Nostocales y una de Spirulinales. La mayor parte de los reportes de cianoprocariontes bénticos marinos de Veracruz se provienen publicaciones de tipo ficoflorístico. El documento de Ortega *et al.* (2001) abarca toda la costa del Golfo de México y Mar Caribe pero no contiene registros específicos para la zona de estudio aunque sí en las localidades aledañas a Playa Muñecos. Sánchez, M. E. (1980) reporta a *Lyngbya confervoides* para Boca Andrea y Laguna Verde. Flores-Davis (1975) registró en una ficoflora estacional a los géneros *Lyngbya* sp. y *Calothrix* sp. para la zona intermareal de Playa Paraíso. Para Playa Muñecos solo existe el trabajo de González-Reséndiz y colaboradores (2014) quienes realizan una descripción detallada de los principales ambientes algales de esta localidad y reportan por primera vez siete géneros de cianoprocariontes: *Lyngbya* sp., *Blennothrix* sp., *Calothrix* sp., *Scytonematopsis* sp., *Scytonema* sp. y *Rivularia* sp destacando *Kyrtuthrix* sp. como primer registro del género para la costa del Golfo de México.

Este estudio presenta la caracterización taxonómica de poblaciones de cianoprocariontes marinos bénticos de la zona intermareal, utilizando caracteres morfológicos e información ambiental como un primer paso para el conocimiento de la diversidad de cianoprocariontes de la zona intermareal de Playa Muñecos, que constituye uno de los pocos afloramientos rocosos volcánicos del litoral veracruzano.



### **III OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar morfológicamente la riqueza taxonómica de cianoprocariontes bénticos de Playa Muñecos, Veracruz, México.

#### **III.I OBJETIVOS PARTICULARES**

Caracterizar morfológicamente los cianoprocariontes bénticos de la zona supramareal e intermareal.

Conocer la composición y distribución de cianoprocariontes bénticos de la zona supramareal e intermareal.



#### IV. ÁREA DE ESTUDIO

Playa Muñecos, Veracruz se encuentra localizado en los  $19^{\circ}44'55''\text{N}$  y  $96^{\circ}34'23''\text{W}$  (Fig.1). en el Municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz. Es cercana a las localidades de Palma Sola, Laguna Verde y Boca Andrea.

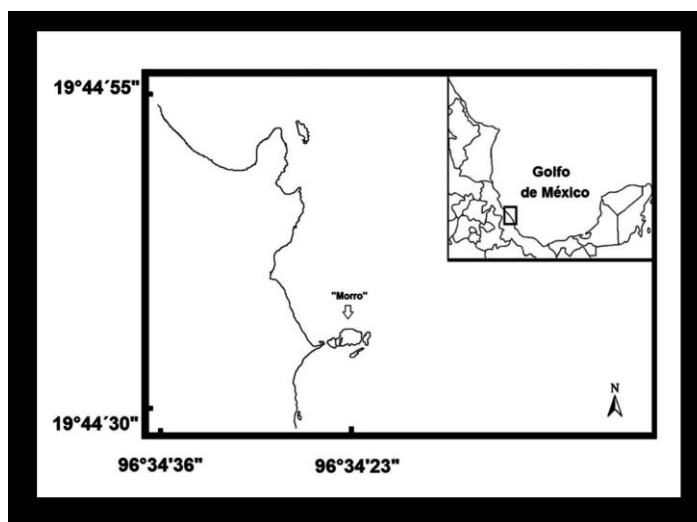


Figura. 1 Localización de Playa Muñecos Veracruz (Modificado de González-Resendiz *et al.*, 2014)

Se trata de una playa mixta con una zona de plataforma rocosa intermareal y con un morro situado aproximadamente a 30 m del litoral (Fig. 2). Geológicamente se observa que tanto la plataforma rocosa como el morro están formados por roca ígnea extrusiva y una playa de arenas de cuarzos. Sobre las coladas de lava hay costras de sedimentos litificados de color rojizo y blanco, riolitas o rocas con algún grado de metamorfismo. Algunas secciones de esta formación geológica contienen costras de roca con óxidos de metales formados probablemente mediante procesos de sedimentación y transformación química. El morro está ubicado en dirección Este rodeado por plataforma rocosa y con numerosos canales de corriente recibiendo



dependiendo de la hora del día, radiación solar directa o indirecta y tiene un arco que recibe insolación indirecta (Fig.3). A distintas alturas en las paredes rocosas y sobre la plataforma hay superficies lisas, salientes y grietas en donde se encuentran adheridos crecimientos de cianoprocariotas. Dependiendo a su ubicación y nivel de marea particular, las pozas y estructuras emergidas de la plataforma reciben humedad en forma de aerosoles o son cubiertas por el oleaje directo. En la parte expuesta a barlovento el oleaje es fuerte o muy fuerte y cerca de la playa tiene menos intensidad, produciendo turbulencia y/o corrientes.

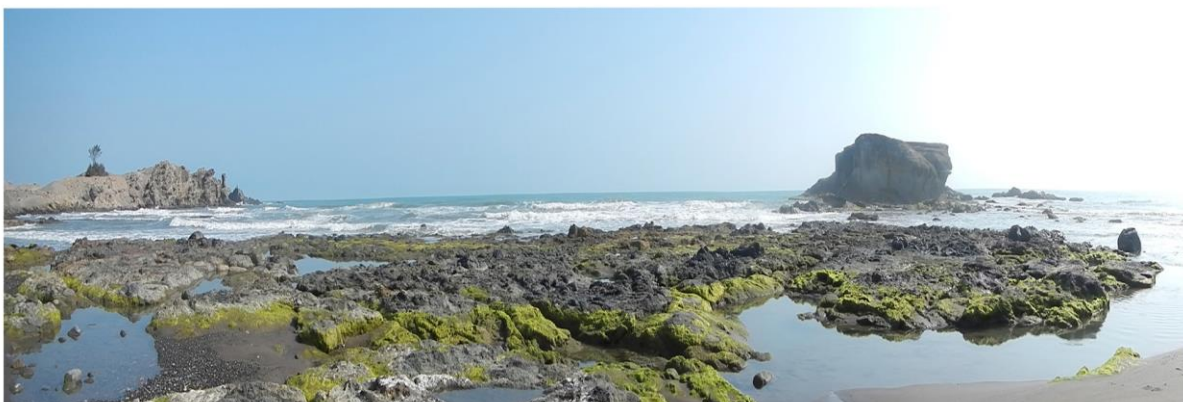


Figura. 2. Vista de la localidad: a la derecha playa, plataforma rocosa y el morro (Fotografía de Mónica Peralta).

La plataforma rocosa se encuentra en el zona intermareal aproximadamente a 0 msnm y recibe radiación solar directa (Fig.2). El oleaje es constante dependiente del nivel de las mareas, la estación del año y los fenómenos meteorológicos particulares. El pH es en general de 8 y la salinidad es de 35ppm aunque debido a las lluvias y por la influencia del agua dulce de los ríos y escorrentías del continente podría tener variaciones importantes.



Figura 3. Detalle de la plataforma rocosa y pared del morro (Fotografía, Mónica Peralta).

El clima es cálido, subhúmedo con lluvias en verano (67%) y cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (15%); semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (9%); semicálido húmedo con lluvias todo el año (8%) y templado húmedo con abundantes lluvias en verano (1%). Su rango de precipitación media anual es de 1,100 a 1,600 mm (García, 1973).



## V MÉTODO

Para este estudio se procesaron las muestras que se encuentran depositadas en la Colección de Cianoprocariontes (FMCE-FCC) del Laboratorio de Ficología Marina en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Cada muestra se localizó primero en una base de datos interna mediante la letra "C" numerada, se ubicó físicamente en la colección mediante su etiqueta y su correspondiente número de muestra, fecha de colecta y localidad. Adicionalmente se realizó una salida a campo en la temporada de secas en el mes de marzo de 2015. Debido al mal tiempo no se pudo llegar al morro por lo que se tomaron 22 muestras de la zona de plataforma rocosa intermareal de Playa Muñecos y se realizaron fotografías de la localidad. Se revisaron 81 muestras correspondientes a las épocas de secas y algunas de lluvias durante los meses de Marzo de 2012, Octubre de 2012, Mayo de 2012, Marzo de 2013, Octubre de 2014 y Marzo de 2015.

Para recolectar los especímenes se localizaron visualmente sobre el sustrato rocoso los crecimientos de cianoprocariontes (Figs.4A,C,D) y se fragmentó la roca, utilizando cincel y martillo tratando de conservar las colonias adheridas a una pieza de roca pequeña (Fig. 4B). Cada muestra se almacenó en bolsas de polietileno con cierre y se le asignó un número de campo con la letra M. y los datos de localidad, fecha, ambiente y colectores.





Figura 4. Distintos crecimientos de cianoprocariontes y detalle de la técnica de colecta, A) crecimientos de *Scytonematopsis*, B) detalle de la escala del crecimiento de *Rivularia*, C) herramientas de colecta, D) crecimientos de *Rivularia* (Fotografías, Mónica Peralta).

Se hizo un primer procesamiento de las muestras que consistió en la limpieza de la superficie de las rocas de otros organismos asociados al sustrato y sedimentos para evitar su putrefacción y contaminación. Una segunda etiqueta de cada bolsa se realizó con los datos de localidad, fecha y cuando fue el caso, con los géneros encontrados en esta primera revisión. Se secó la superficie de la roca con papel absorbente y se guardó cada muestra cubierta con papel absorbente y sílica gel. Se realizaron submuestras en tubos eppendorf y falcon con formaldehído al 4%, agua de mar filtrada y glicerina, se agregó en cada muestra , una etiqueta de papel albanene grueso con los datos mínimos de la muestra.



El crecimiento se describió considerando su aspecto, forma, talla, y relación con su ubicación en la localidad y algunos factores ambientales como son nivel de marea, exposición a la insolación y el oleaje. Para una identificación preliminar de los microorganismos se revisaron 81 muestras de todas las temporadas realizando preparaciones frescas en un microscopio estereoscópico portátil y para observar más detalles e identificar organismos se utilizó un microscopio óptico Labomed CxL con distintos objetivos de aumento (4x, 10x, 40x, 100x). Se actualizó la información preliminar taxonómica en las etiquetas, los rótulos sobre las bolsas de las muestras y en la tabla de datos de campo en formato Excel de Microsoft.

El estudio morfológico detallado se realizó en el Laboratorio de Ficología Marina de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Las preparaciones fijas se elaboraron utilizando un microscopio estereoscópico Nikon SZ71 y para las observaciones y registro de caracteres en un microscopio óptico Olympus BX51 equipado con una cámara digital OLYMPUS DP 12. Se tomaron aproximadamente 9,000 micrografías a 1/500 s e ISO 25 en formato JPG de alta resolución para no perder detalle de la morfología. En la elaboración de láminas se utilizó el software Adobe Photoshop de Adobe Systems y las ilustraciones se realizaron utilizando un lápiz digital y la pen Tablet INTUOS draw de Wacom. Las medidas de las células se tomaron mediante el software Sigma Scan Pro Copyright © 2014 Systat Software Inc. Para fines comparativos y de descripción se consultaron esquemas, bibliografía especializada y las fotografías que contienen los caracteres más importantes.



## VI RESULTADOS

Como resultado de la revisión de 81 muestras se determinaron 27 morfoespecies de 23 géneros contenidos en 10 familias y 5 órdenes enlistándolos según el sistema de Komárek y colaboradores (2014). El número de taxones determinados fue de 1 para *Synechococcales*, 12 de *Chroococcales*, 4 en *Pleurocapsales*, 4 para *Oscillatoriales* y 7 dentro de *Nostocales*. Para cada morfoespecie se presenta su descripción morfológica, notas taxonómicas, información sobre distribución estacional y ambiental en la localidad, láminas e ilustraciones así como el número de las muestras en las que se encontraron.

### VI.I Listado taxonómico con base en Komárek *et al.*(2014)

#### **Synechococcales Hoffmann, Komárek & Kastovsky, 2005.**

*Schizotrichaceae* Elenkin, 1934.

*Schizothrix* Kützinger ex M.Gomont 1892.

*Schizothrix gracillis* Golubic 1973.

#### **Chroococcales Schaffn, 1922.**

*Aphanothecaceae* (J.Komárek & Anagnostidis) J.Komárek, J.Kastovsky, J.Mares & J.R.Johansen.

*Gloeotheca* C.Nägeli, 1849.

*Gloeotheca* cf. *incerta* Skuja 1964.

*Gloeotheca* cf. *rupestris* (Lyngbye) Bornet in Wittrock & Nordstedt 1880.

*Chroococcaceae* Rabenhorst, 1863.

*Asterocapsa* H.-J.Chu, 1952.

*Asterocapsa* cf. *divina* Komárek 1993.

*Asterocapsa* sp.

*Chroococcus* Nägeli, 1849.

*Chroococcus* sp.

*Cyanosarcina* Kováčik L. (1988).

*Cyanosarcina thalassia* Anagnostidis & Pantazidou 1991.

*Pseudocapsa*, Ercegovic, 1925.

*Pseudocapsa maritima* , Komárek, 1956.



*Entophysalidaceae* Geitler, 1925.

*Chlorogloea* Wille 1900.

*Chlorogloea* sp.

*Entophysalis* Kützing, 1843.

*Entophysalis granulosa* Kützing, 1843.

*Entophysalis* sp.

*Lithocapsa* Ercegovic, 1925.

cf. *Lithocapsa*.

*Placoma* Schousboe ex Bornet & Thuret, 1876.

*Placoma violacea* Setchell & Gardner 1918-1933.

### **Pleurocapsales Cavalier-Smith 2002,**

*Dermocarpellaceae* Ginsburg-Ardré ex T.A. Chr., 1978.

*Dermocarpella* Lemmerman., 1907.

*Dermocarpella* cf. *gardneri* H. León-Tejera & G. Montejano, 2000.

*Xenococcaceae* Ercegovic, 1932.

*Xenococcus* Thuret in Bornet et Thuret, 1880.

*Xenococcus* cf. *acervatus* Setchell & N.L.Gardner 1918.

*Xenococcus* sp.

*Hyellaceae* Borzi, 1914.

*Hyella* Bornet & Flahault, 1888.

*Hyella* cf. *caespitosa* Bornet & Flahault 1888.

### **Oscillatoriales Cavalier-Smith, 2002**

*Oscillatoriaceae* [S.F. Gray] Harv. & Kirchner, 1898.

*Blennothrix* Kutz. ex Anagn. & Komárek, 1988.

*Blennothrix lyngbyacea* (Kütz. ex Gomont) Anagn. & Komárek, 1988.

*Oscillatoria* sp.

*Phormidium* Kütz. ex Gomont, 1892.

*Phormidium* cf. *ambiguum* Gomont 1892.

*Gomontiellaceae*

*Hormoscilla* Anagnostidis et Komárek 1988

*Hormoscilla* sp.

### **Nostocales Borzi 1914**

*Rivulariaceae* Kutz. ex Bornet et Flahault 1886.



*Calothrix* Agardh ex Bornet et Flahault 1886.

*Calothrix* cf. *confervicola* C.Agardh ex Bornet & Flahault 1886

*Calothrix aestuarii* Gayral & Mazancourt, 1958.

*Isactis* Thur. ex Bornet & Flahault, 1886.

*Isactis* cf. *plana* Thur. ex Bornet & Flahault, 1886.

*Rivularia* C. Agardh ex Bornet & Flahault, 1886.

*Rivularia* cf. *atra* Roth ex Bornet & Flahault, 1886.

Scytonemataceae Rabenh., Bornet et Flahault, 1987.

*Kyrtuthrix* Ercegovic, 1929.

*Kyrtuthrix* cf. *maculans* (Gomont) I.Umezaki 1958.

*Petalonema* Berkeley ex Correns, 1898.

*Petalonema* cf. *incrustans* Komárek 2012.

*Scytonematopsis* Kiseleva, 1930.

*Scytonematopsis crustacea* (Thuret ex Bornet & Flahault) Koválik & Komárek 1988.

## VI.II DESCRIPCIONES

### Synechococcales

#### ***Schizothrix* Kützing ex Gomont, 1892**

#### ***Schizotrix gracilis* Golubic 1973**

(Figs. 5A-D, 6A-D).

Talo rastrero con tres o más filamentos trenzados y flexuosos dentro de una vaina común (Figs.5A-B). Filamentos de 10.8-18.4  $\mu\text{m}$  de diámetro con tres o más tricomas (Fig.6D).Tricomas uniseriados y atenuados (Fig. 5B, C) con célula apical de muy atenuada a cónica (Figs.5D, 6B-C), ligeramente constreñidos en los septos y con vaina individual delgada y hialina. Vaina común hialina, ligeramente difluente y muy abierta en sus extremos. Células en forma de cilindro de color verde claro más largas 1.8-3.5  $\mu\text{m}$  que anchas 0.9- 2  $\mu\text{m}$  (Figs. 5B,,6B-D).



**Hábitat.** Supra e intermareal alta sobre costras de roca sedimentaria consolidada en roca ígnea, en el arco del morro. Creciendo entre los filamentos de *Petalonema cf. incrustans*.

**Notas:** Se asigna un epíteto específico con base en las coincidencias de los caracteres morfológicos más distintivos de la especie con esta población tales como las dimensiones celulares, número de tricomas por vaina, la vaina terminal abierta y sobre todo la célula apical cónica, adicionalmente coincide en ser reportada para ambiente marino en Gomont (1892) y Komárek (1992, 2005 ). Este material también ha sido reportada para el Sur de Australia, la Florida en EE.UU., Bahamas y el Golfo Pérsico. Primer reporte para el litoral del estado veracruzano y el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta secas (14/3/2013), muestra C1395.

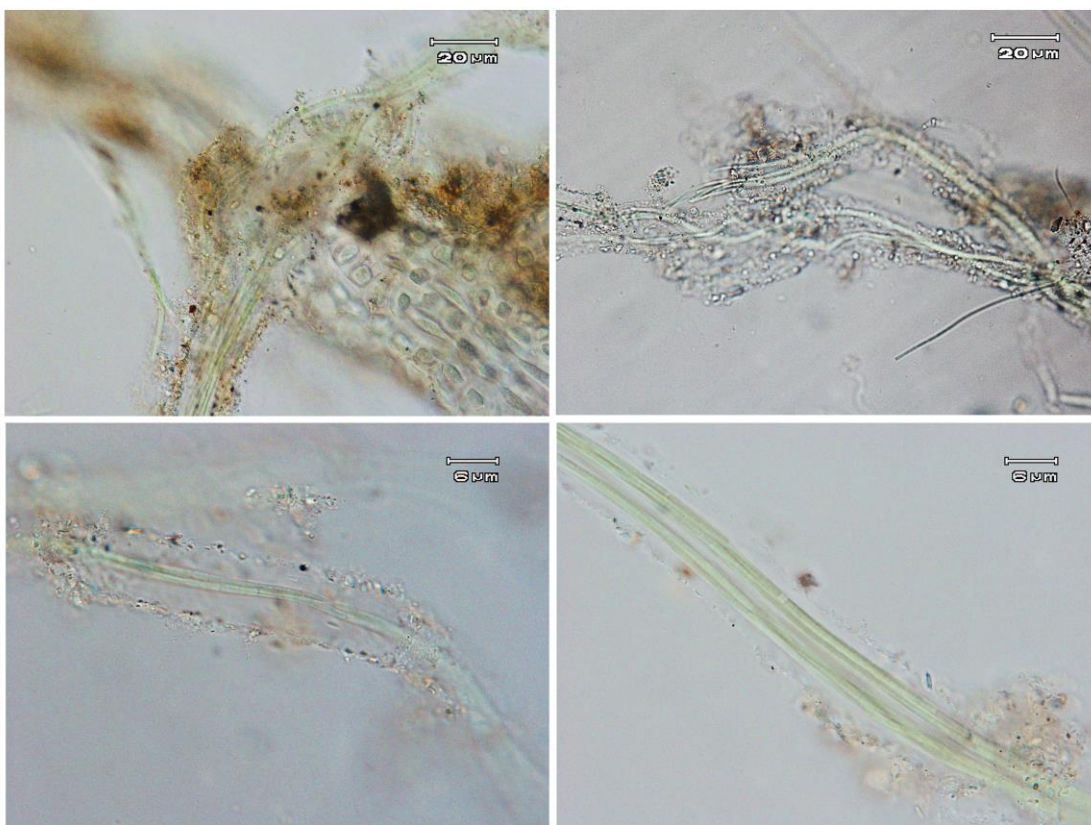


Figura. 5. *Schizothrix gracilis*, A) crecimiento entre el talo de alga eucarionte, B) vaina abierta y filamentos verdes con células más largas que anchas, C) filamentos con célula apical cónica, D) detalle del tricoma y vaina común.



$\mu\text{m}$

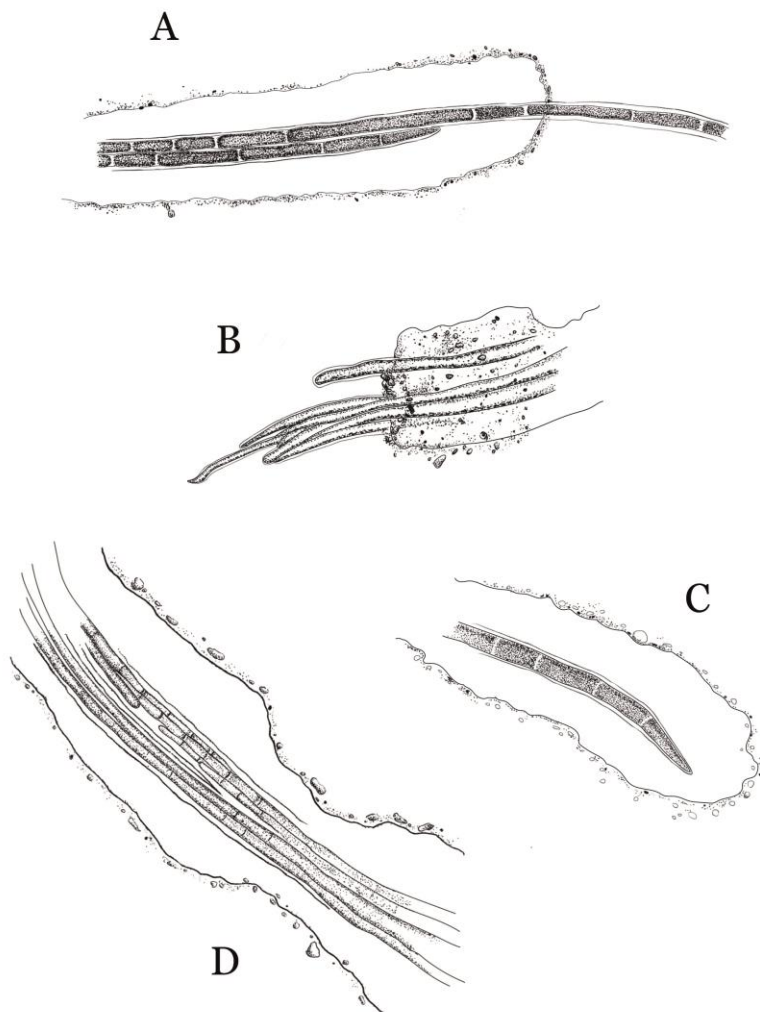


Figura 6. *Schizothrix gracilis*, A-B) vaina abierta con los filamentos afuera, C-D) células más largas que anchas, atenuación con célula terminal cónica. Escala 6  $\mu\text{m}$ .





## Chroococcales

### **Gloeothece Nägeli, 1849**

### **Gloeothece cf. incerta Skuja 1964**

(Figs.7A-D,9A-C)

Colonias microscópicas de forma irregular inmersas en una matriz gelatinosa. Vaina común gelatinosa estratificada de hialina a verde pálido conteniendo hasta dos células (Fig.7A). Vaina individual firme delgada y estratificada de color verde muy pálido a hialina (Figs.7B,9A), numerosas células alargadas de 1.5-2.2  $\mu\text{m}$  de largo y 0.8-1.4  $\mu\text{m}$  de ancho con vaina de color verde opaco a brillante, ovoides a semiesféricas cuando se dividen, con ambos extremos redondeados cuando adultas. Contenido celular compuesto de granulaciones verde brillante a oscuro (Figs.7A, 9A). Reproducción por fisión binaria en un plano cuando llegan a su tamaño adulto (Figs.7B-D, 9B,C).

**Hábitat:** Epilítica en la zona intermareal, sobre plataforma de roca ígnea, formando tapetes con otros cianoprocariontes locales y filamentosos entre los que destacan *Asterocapsa*, *Gloeothece* y algunas del grupo LPP y micro invertebrados.

**Notas:** Las características morfológicas como la morfometría, el tipo y estratificación de vaina y forma celular de estas poblaciones, coinciden de manera general con la descripción de *G. incerta* de Geitler (1932) y Komárek & Anagnostidis (1999); esta especie es continental y ha sido reportada para sustratos rocosos sólo en el litoral de lagos prístinos nórdicos de Suecia. A pesar de ser reportada por Sant' Anna (1995) para el litoral brasileño, Komárek & Anagnostidis (1999) comentan que es probable que la población marina



referida como *G. incerta* se trate de otra especie. Por ello, de acuerdo con la moderna clasificación de cianoprocariontes en lo que se refiere a diferencias ambientales, en este trabajo se propone como "cf.". Este representa el primer reporte para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** (14/4/2013), muestra secas C1394, C1398.

### ***Gloeotheca cf. rupestris* (Lyngbye) Bornet in Wittrock & Nordstedt 1880**

(Figs.8A-C; 9D)

Colonias hialinas de 7.13-23  $\mu\text{m}$  de diámetro, de forma semiesférica conteniendo de dos a cuatro células (Figs.8A-C,.9D). Vaina común firme, estratificada hialina a dorada. Vaina individual firme y estratificada de color marrón dorado (Fig.8C). Células con forma de cilindro con bordes redondeados de color verde opaco o dorado de 5-5.8  $\mu\text{m}$  de largo y 1.5-3  $\mu\text{m}$  de ancho incluyendo la vaina, con la vaina 7.5-11.42  $\mu\text{m}$  de largo por 6.1-9.3  $\mu\text{m}$  de ancho (Figs.8A-C,9D), con granulaciones densas y oscuras de tonalidad brillante en el citoplasma. Reproducción por fisión binaria en un plano cuando llegan a su tamaño adulto.

**Hábitat:** Intermareal, epilítica formando tapetes en la plataforma de coladas de lava y en costras de roca sedimentaria, creciendo con cianoprocariontes filamentosos como *Asterocapsa*, LPP's y micro invertebrados.

**Notas:** Las poblaciones reportadas en este trabajo coinciden en el rango de medidas de colonias, células y descripción morfológica como la vaina individual y común estratificadas, las granulaciones y color de células de acuerdo con Komárek & Anagnostidis (1999). Sin embargo los autores mencionados comentan que la especie *G. rupestris* tiene una distribución



reportada principalmente para Europa en zonas de montaña sobre rocas húmedas y que los reportes para el trópico difieren en ecología y tipo de colonia. El material aquí reportado difiere en el tipo de ambiente, por tanto se considera que es pertinente el uso del "cf." para estas poblaciones marinas. Primer reporte para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta secas (14/04/2013); muestra C1394.

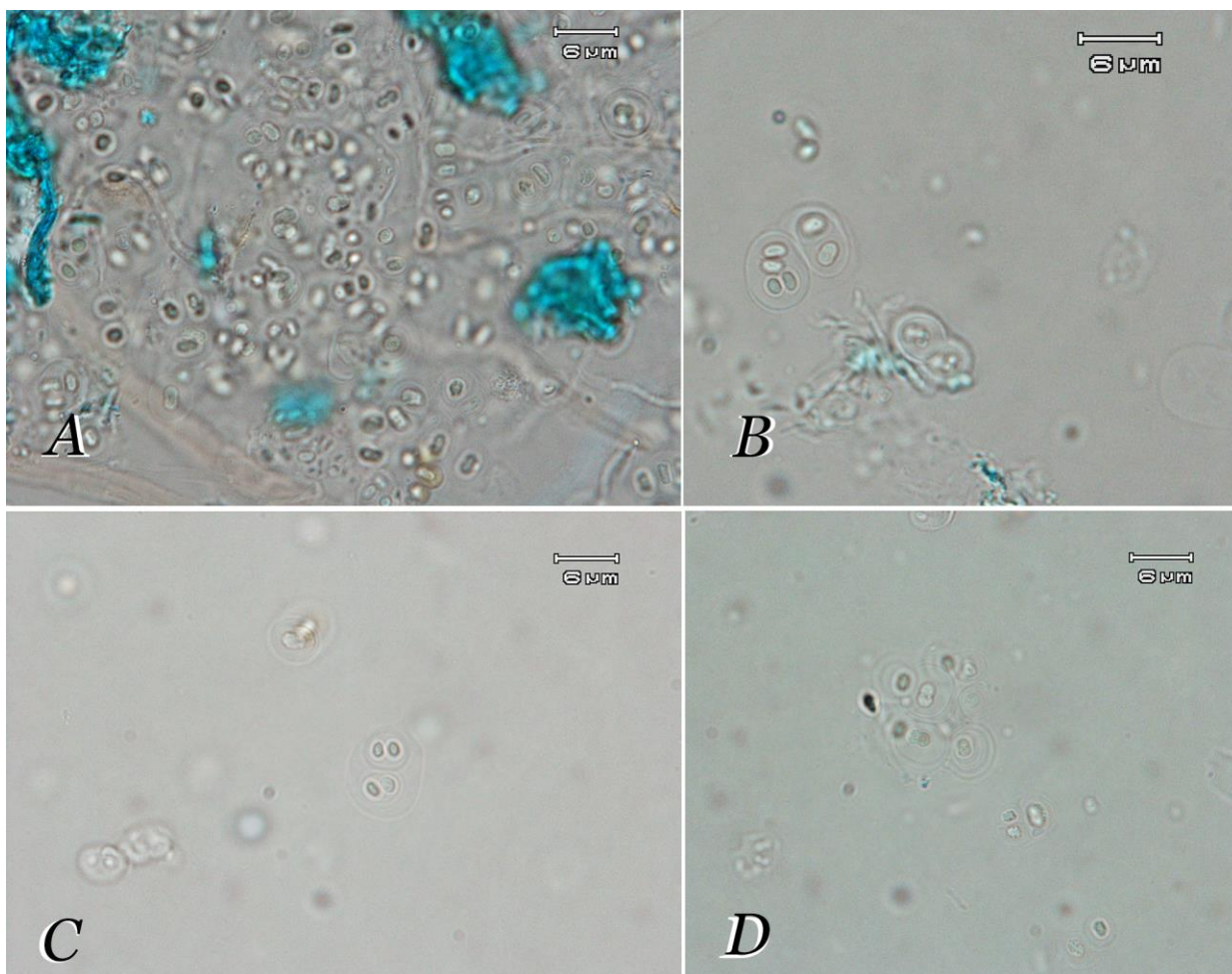


Figura 7. *Gloeotheca* cf. *incerta*. A, B) aspecto de la colonia y la vaina común hialina, C-D) células con vaina individual en fisión binaria.

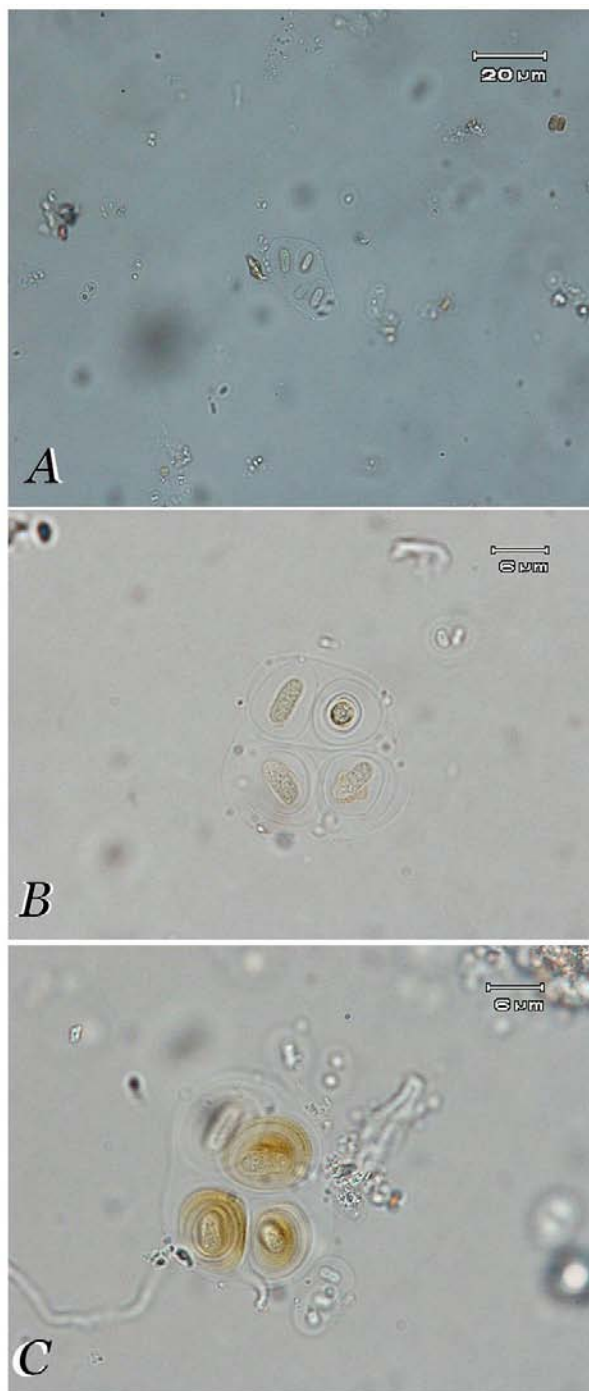


Figura 8. *Gloeotheca* cf. *rupestris*. A-B) colonia con 4 células mostrando vaina común, individual y granulaciones, C) coloración marrón y estratificación de la vaina.



$\mu\text{m}$

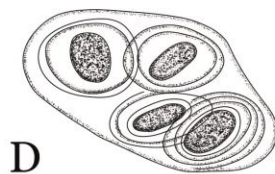


Figura. 9. *G. incerta*. A) célula adulta con granulaciones, B) células dividiéndose dentro de la vaina, D) *G. rupestris*, colonia con cuatro células con vaina individual vaina estratificada. Escala 6  $\mu\text{m}$ .



## ***Asterocapsa* Chu, 1952**

### ***Asterocapsa* sp.**

(Figs. 10A-D, 11A-C)

Colonias esféricas de 24-43 $\mu$ m de diámetro conteniendo aproximadamente entre 2 y 75 células (Figs.10A,11A). Vaina común circular bien delimitada (Figs.10B,11B), más o menos firme y hialina a veces de color dorado y ornamentada. Vaina individual firme, estratificada y de color verde brillante a oscura con ornamentaciones que se notan en las colonias más pequeñas (Figs.10B,C,11B). Células semiesféricas y de color verde brillante oscuro a claro de 2.5-3 $\mu$ m de diámetro liberadas de las colonias más grandes y con ornamentaciones en la vaina. Fisión binaria en uno o más planos; se dividen cuando alcanzan su tamaño adulto (Fig.10D,11C).

**Hábitat:** Epilítica en la plataforma intermareal media-baja y creciendo con otros cianoprocariontes e invertebrados.

**Notas:** Las descripciones en Chu (1952), Komárek (1999), Aboal (2003) y Montejano y colaboradores (2008) contienen una morfología de género muy similar a esta población en la forma de las colonias con vaina común delimitada, forma de riñón de las células, coloración celular y patrón de división; además de observarse parte del ciclo de vida como las artrosporas (Fig. C). No se encontraron similitudes de especie tanto en dimensiones como en ambiente por lo que se considera dejar a este material marino sin epíteto específico. Primer reporte para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta: Secas (14/04/2013), muestra C1394.

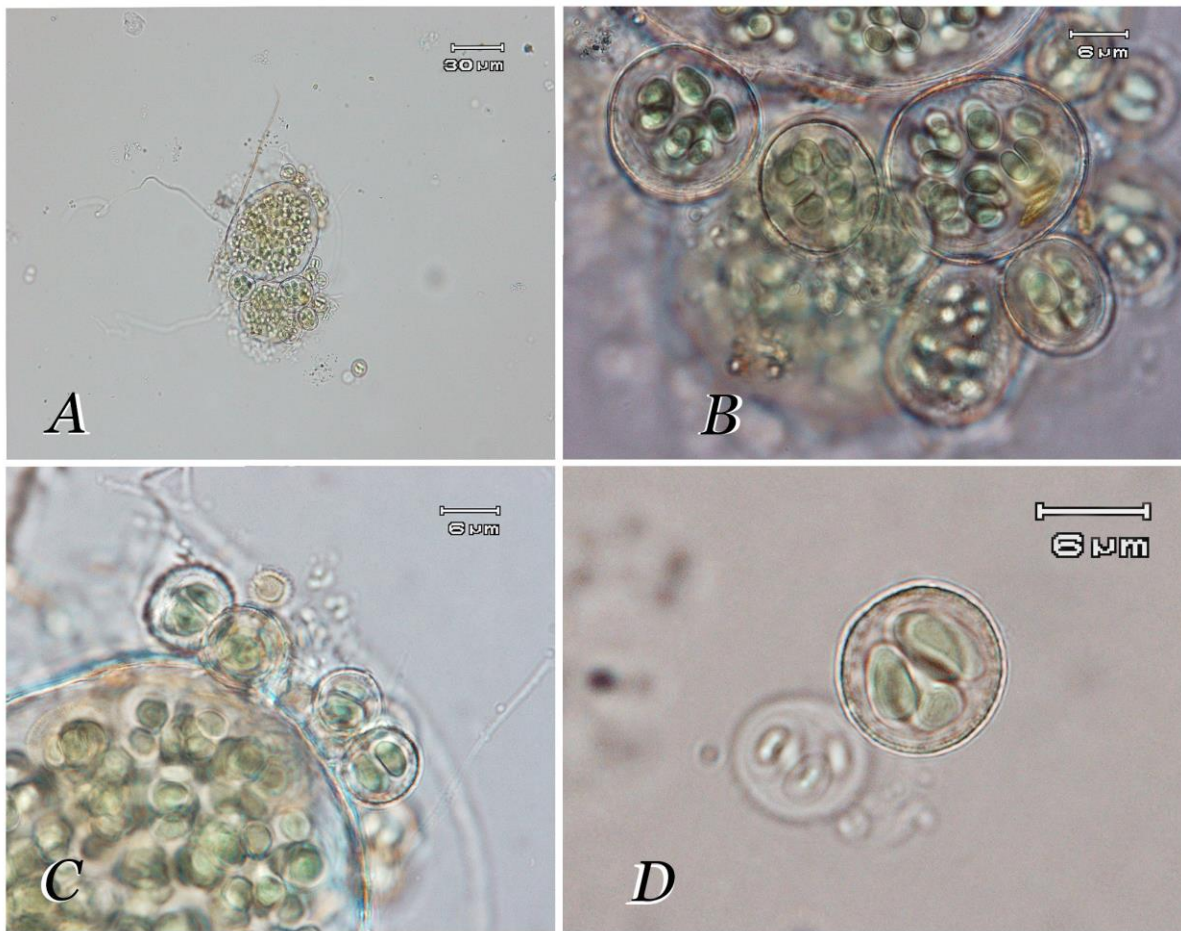


Figura.10. *Asterocapsa* sp. A) talo con subcolonias, vaina y coloración, B) subcolonias ornamentadas fuera de la colonia, C) detalle de vaina y artrospora, D) fisión celular.

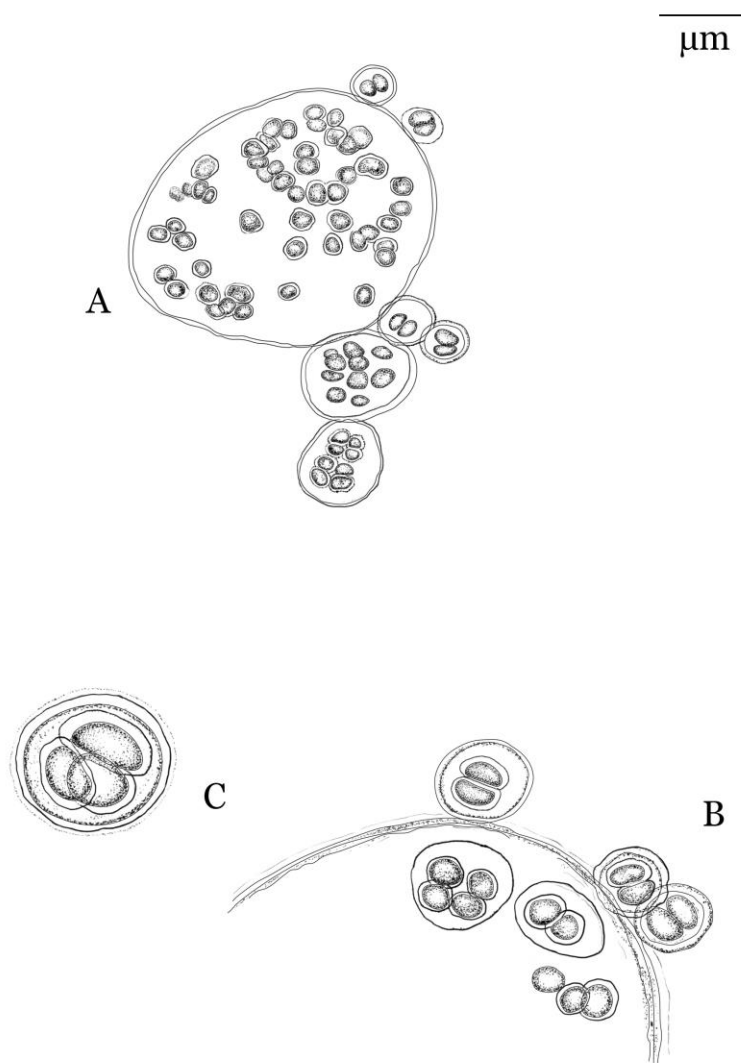


Figura.11. *Asterocapsa* sp. A) vista de crecimiento de las colonias, B) vaina común e individual con colonias en su periferia, C) fisión binaria en tres planos. Escala A) 60  $\mu\text{m}$ , B) 20  $\mu\text{m}$ , C) 6  $\mu\text{m}$ .





***Asterocapsa cf. divina* Komárek 1993.**

(Figs.12A-D,13A-D)

Colonias de color marrón dorado de forma irregular sobre un área de sustrato de aproximadamente 65-294  $\mu\text{m}$  de diámetro,. subcolonias esféricas de 9-20  $\mu\text{m}$  de diámetro y conteniendo hasta 6 células (Figs.12A,B). Vaina común ornamentada, estratificada y firme de color marrón oscuro a dorado (Figs.12C,13B,C). Vaina individual estratificada, dorada a rojo oscuro y ornamentada con prolongaciones en forma de espinas (Figs.12C,D,13C). Células semiesféricas a esféricas de color verde-marrón de 2.4-4  $\mu\text{m}$  sin vaina, con vaina 4-8.5  $\mu\text{m}$  de diámetro. Fisión binaria en dos planos hasta que la célula alcanza su tamaño máximo (Fig.13D). No se observaron nanocitos.

**Hábitat:** Epilítica en la zona intermareal sobre costras de roca sedimentaria consolidada. Expuesta a la radiación solar creciendo entre sedimento arcilloso junto a cianoprocariontes filamentosos y cocoides como, *Gloeothecae* y micro invertebrados.

**Notas:** De acuerdo con Aboal *et al.*(2003) y Komárek (1993,1999) esta población es morfológicamente similar en la forma celular, la vaina individual ornamentada, parte del ciclo de vida y medidas. En México se ha descrito por Montejano y colaboradores (2008) para aguas epicontinentales creciendo sobre rocas calizas. Esta misma especie ha sido reportada en el litoral marino brasileño a 6 m sobre el nivel del mar con células de 6-10  $\mu\text{m}$  de diámetro, forma celular semiesférica y vaina individual ornamentada por Crispino & Sant'anna (2006). Esta población es marina y debido a las diferencias de ambiente se considera dejarla como "cf.". Es un primer reporte para el litoral del Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta secas (14/04/2013) muestra C1398.

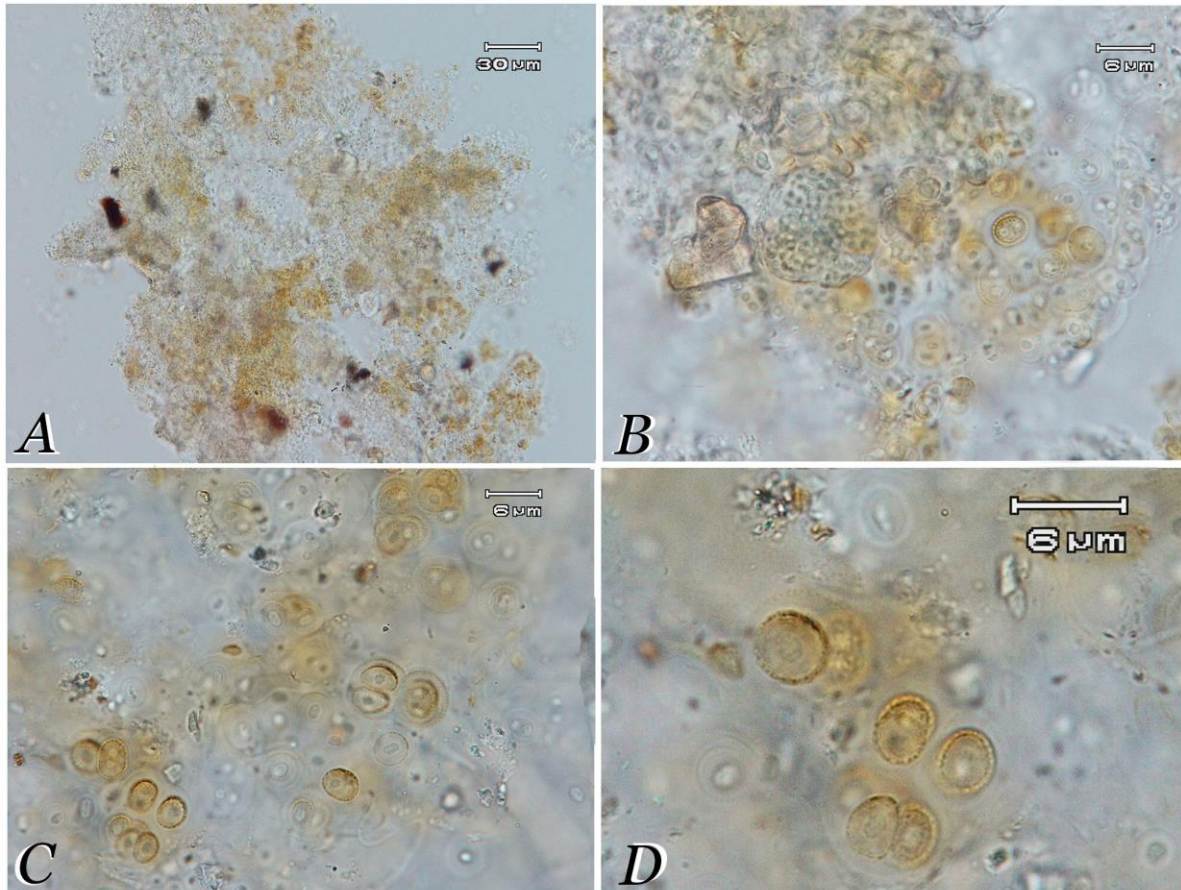


Figura 12. *Asterocapsa* cf. *divina*. A) crecimiento de las colonias sobre el sustrato, B) artrosporas, C) estadios de los artrocitos, D) ornamentación de la vaina y fisión celular.

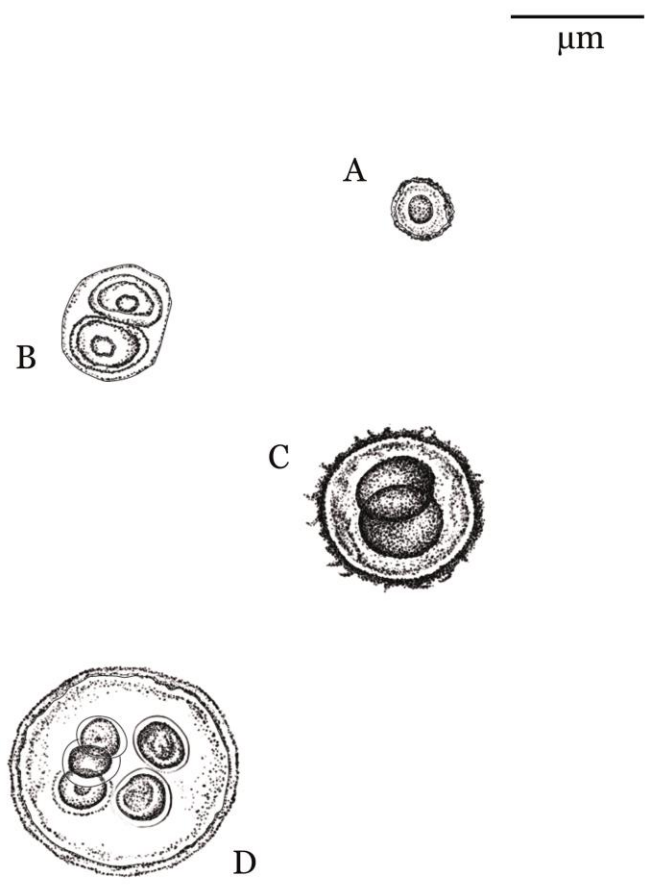


Figura 13. *Asterocapsa cf. divina*. A) artrospora, B) célula dividiéndose, C) ornamentación de la vaina individual, D) artrocitos y vaina común ornamentada. Escala 6  $\mu\text{m}$ .



## **Chroococcus Nägeli, 1849**

### **Chroococcus sp.**

(Figs. 4A-D, 15A-D)

Células solitarias o creciendo en pequeños grupos (Figs. 14A-B, 15C). Células de 2-3.5µm de diámetro de color púrpura oscuro, vaina firme, gruesa, de color claro a oscuro (Figs. 14C, D, 15A, B), fisión binaria en tres o más planos. Se le observó en diferentes estadios de división.

**Hábitat:** Intermareal en la plataforma rocosa ígnea, epífita en filamentos de *Scytonematopsis*.

**Notas:** Estas poblaciones coinciden con la morfología del género en Komárek & Anagnostidis (1999) en la forma celular, vaina y el patrón de división característico en dos o tres planos. Este morfógeno es muy similar a *Chroococcus minima* y *Chroococcus submarinus* pero en el primer caso es un organismo planctónico y en el segundo la diferencia de tamaño es muy significativa. Nuestro morfógeno es epífita. Por lo anterior se ha decidido dejar a esta población marina sin epíteto específico.

**Ocurrencia:** Colecta secas (18/3/2012), muestra C382, C384.

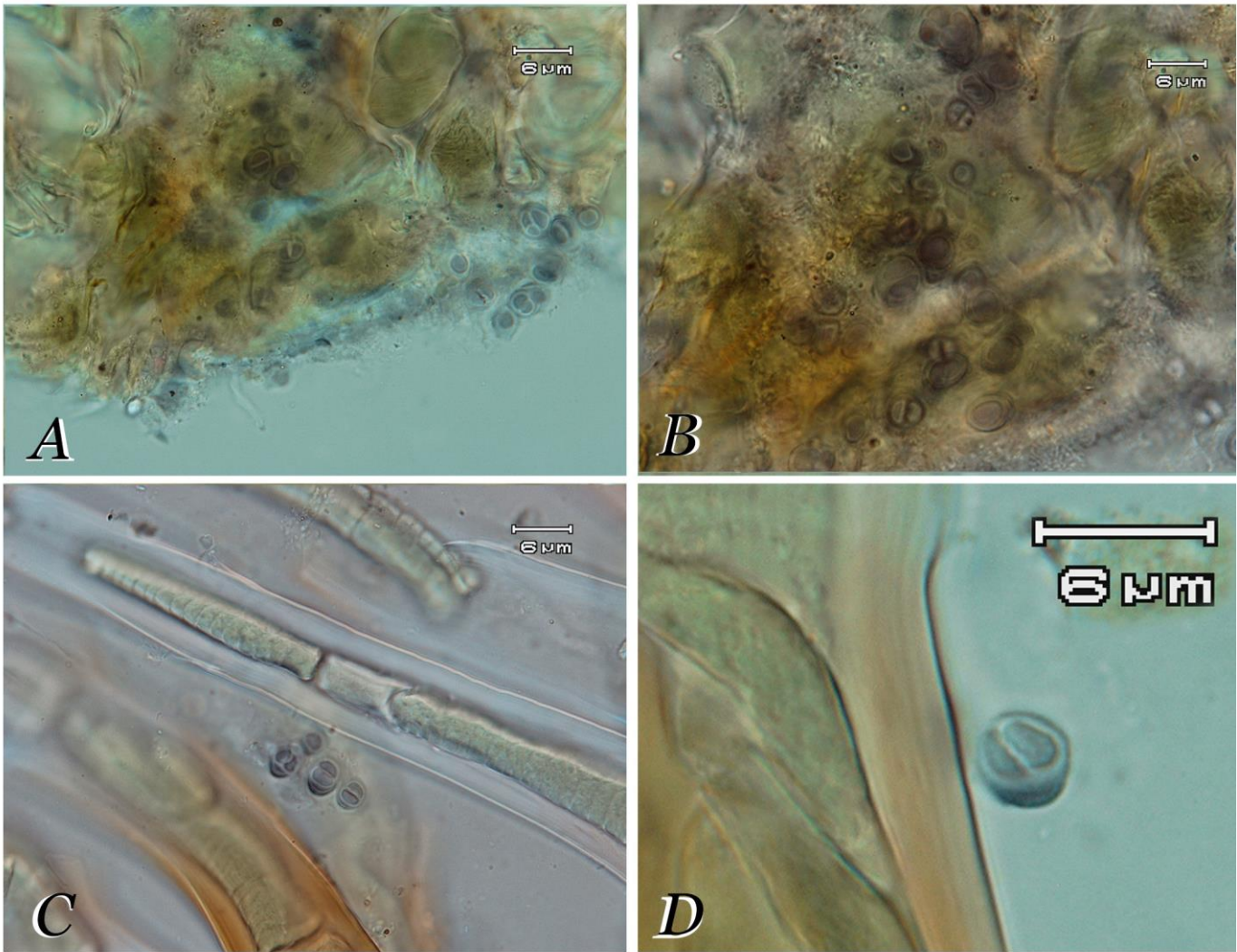


Figura 14. *Chroococcus* sp. A-B) células sobre el sustrato dividiéndose en hasta tres direcciones, B-D) detalle de la vaina celular y la división en varios planos, células adultas epifitando cianoprocariotas filamentosos.

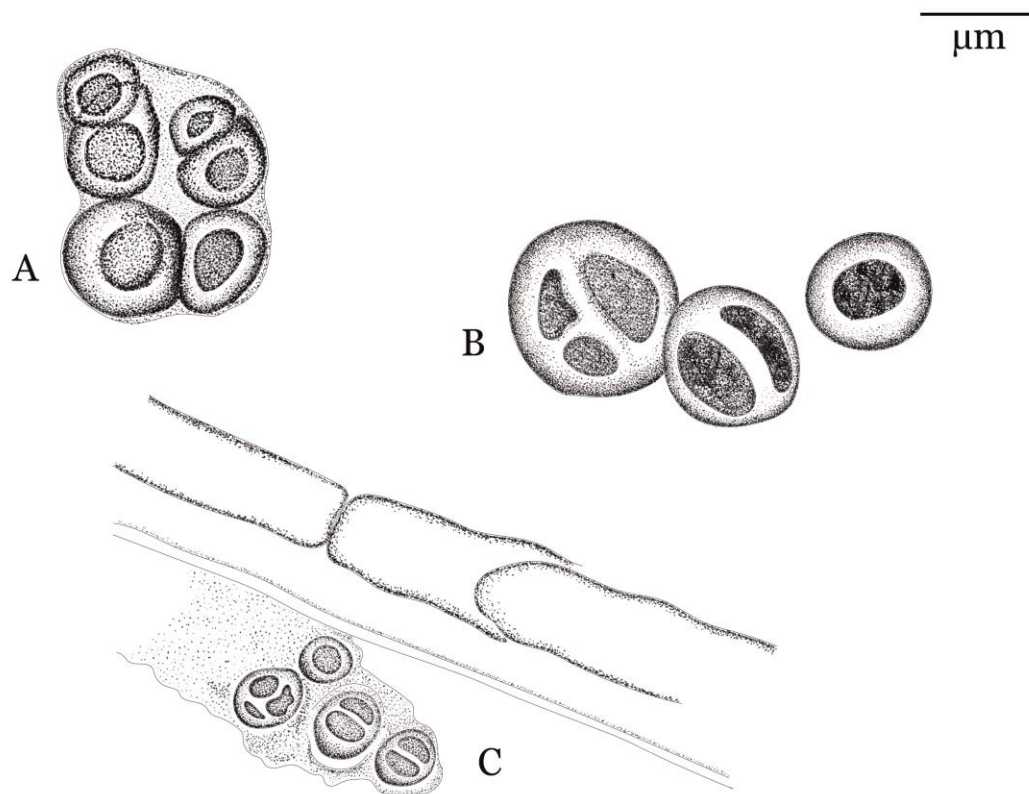


Figura 15. *Chroococcus* sp. A) células de diferente tamaño, B) células dividiéndose, C) epífita sobre vaina de filamentosa. Escala 6  $\mu\text{m}$ .



**Cyanosarcina L.Kováčik, 1988**

**Cyanosarcina thalassia Anagnostidis & Pantazidou 1991**

(Figs.16 A-D,17A-B)

Talo colonial irregular de 5-7  $\mu\text{m}$  de diámetro de color verde-azul y hasta purpura. Las colonias más pequeñas son de color azulado más claro (Figs.16.A, 17 A). Vaina común firme y hialina (Figs.16B,C,17B). Vaina individual delgada, firme y de color arena claro. Células semiesféricas a poliédricas de color verde-azul de 0.8-.2.3  $\mu\text{m}$  de diámetro. las células se dividen antes de alcanzar su tamaño máximo en 2 o 3 planos (Figs.16C,D,17B).

**Hábitat:** Intermareal en la plataforma rocosa, creciendo epífita sobre filamentos de *Scytonematopsis*.

**Notas:** Se asigna un epíteto específico a estas poblaciones ya que coinciden con la descripción morfológica y morfométrica, la forma de las células, etapas del ciclo de vida, colonias y el ambiente marino en las descripciones en Anagnostidis & Pantazidou (1991) y Komárek (1999). Primer reporte para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta secas ( 18/03/2012), muestra C393, C394.

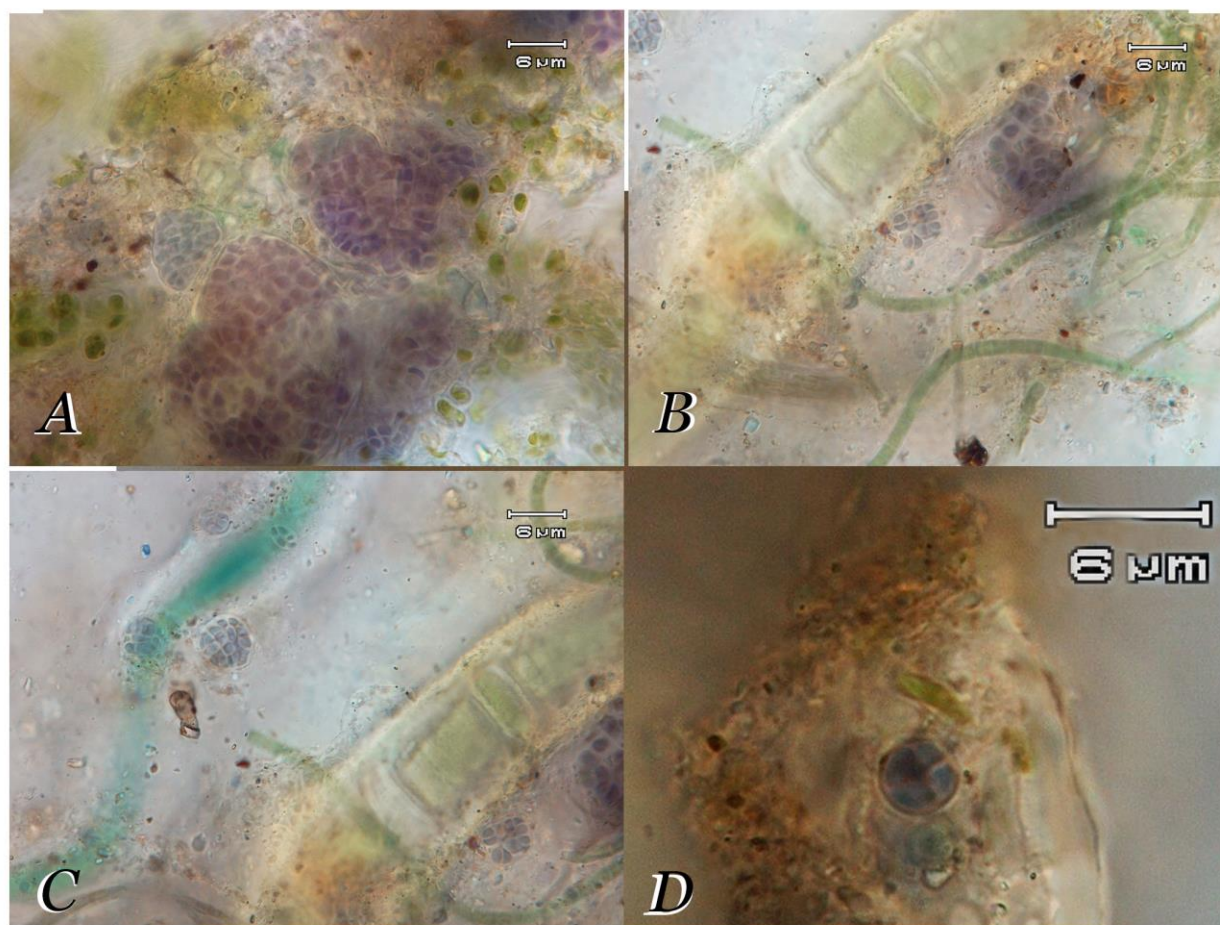


Figura 16. *Cyanosarcina thallasia*, A) vista de la colonia, B-D) diferentes estadios de reproducción y tamaños celulares.



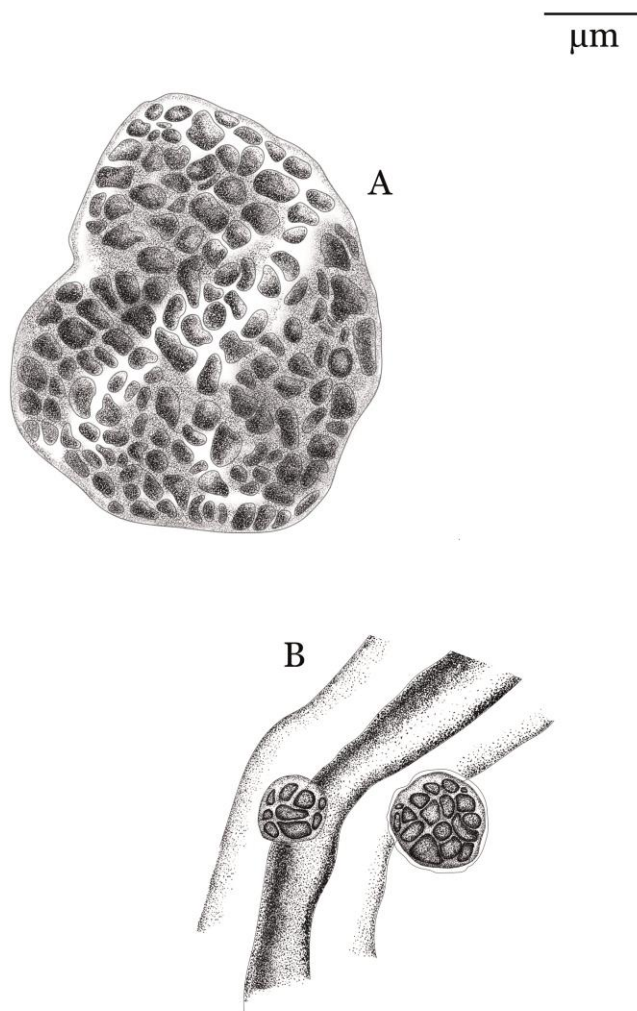


Figura 17. *Cyanosarcina thallasia*. A) talo gelatinoso expandido, B) colonias epífitas y en estadios más jóvenes. Escala 6  $\mu\text{m}$ .



***Pseudocapsa* Ercegović, 1925**

***Pseudocapsa* *maritima* Komárek 1956**

(Figs.18A-D,19A-D)

Colonias redondas de 9-11  $\mu\text{m}$  de diámetro (Figs.18A-B,19B) y con una vaina firme de color café claro plegada y ligeramente estratificada en los márgenes conteniendo entre 4 a 10 células poliédricas de color verde-azul claro de 2.-5  $\mu\text{m}$  de diámetro y arregladas mas o menos radialmente(Figs.18B,C,19A,B). Fisión binaria en uno o más planos.

**Hábitat:** Intermareal en la plataforma rocosa. Esta población es epífita.

**Notas:** En las figura 424 de Komárek (1999) la similitud con esta población es notable en cuanto a forma de las colonias y células. Las dimensiones celulares coinciden con este material y el contenido celular es parecido al descrito por Komárek (2005, 2009). Esta especie ha sido reportada para el Mar negro en Bulgaria y la Costa del Atlántico brasileño por Sant' Anna (1995). Esta propuesta es un primer reporte para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta secas (18/3/2012). Muestra C388.

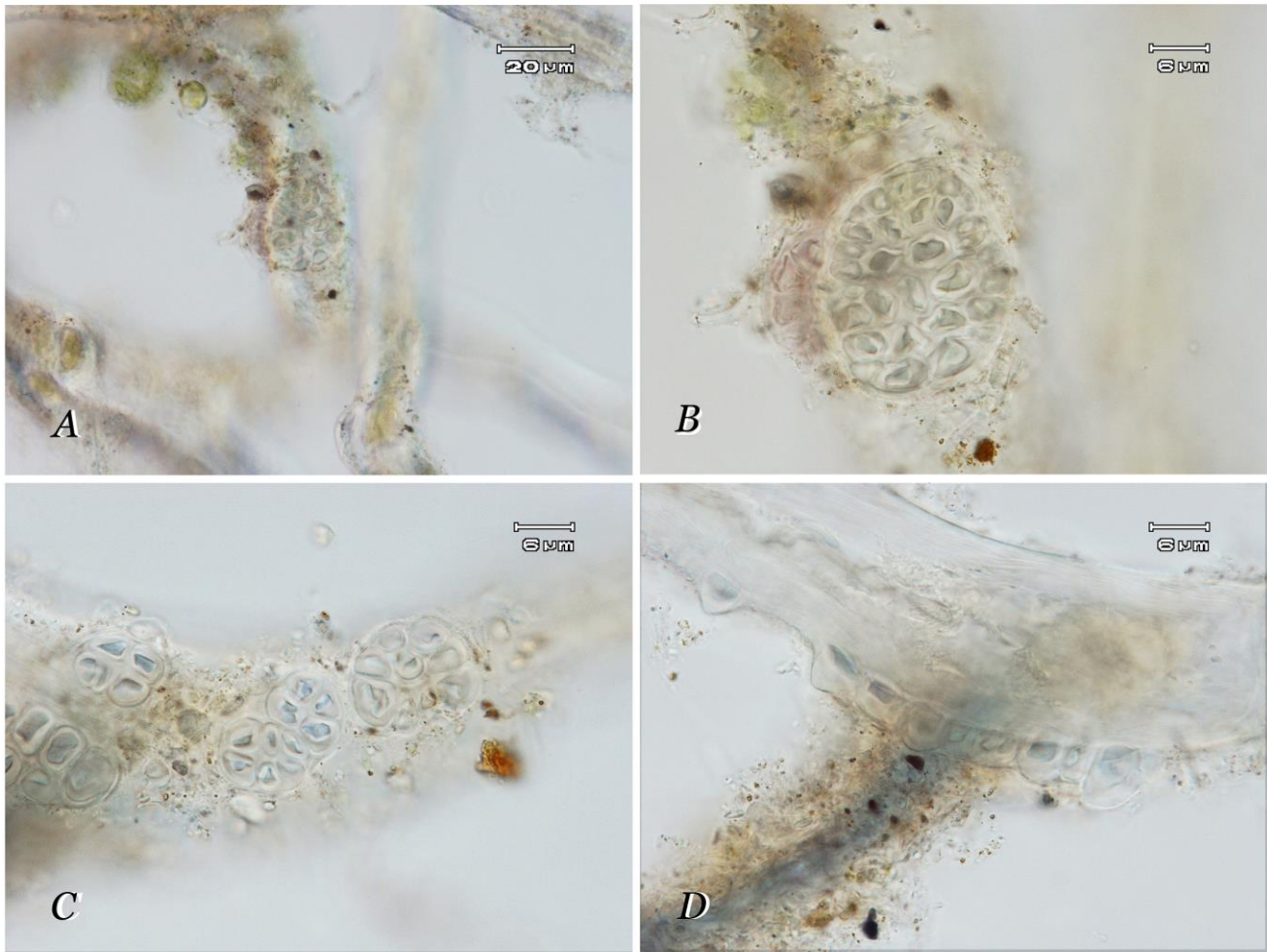
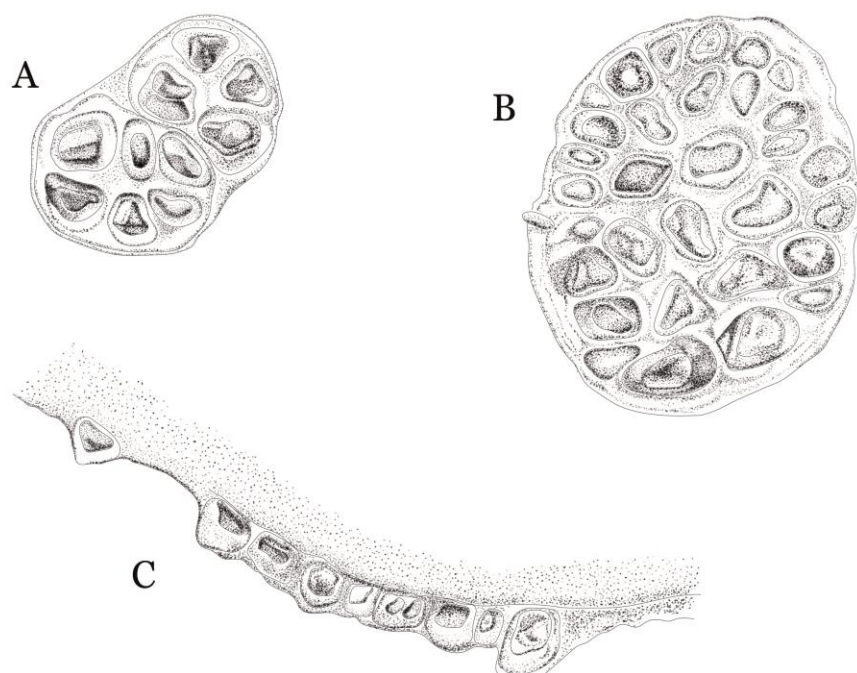


Figura 18. *Pseudocapsa marítima*. A) colonia semiesférica sobre filamento, B) detalle de la vaina celular común e individual, C) detalle de la forma y tamaño celular, D) células formando nueva colonia.



μm

Figura 19. *Pseudocapsa marítima*. A) talo con dos colonias dentro de vaina común, B) células creciendo de forma concéntrica, C) vista lateral de primeras etapas de la colonia. Escala 6 μm.



## Entophysalidaceae

### ***Chlorogloea* Wille, 1900**

#### ***Chlorogloea* sp.**

(Figs.20A-B, 21A)

Colonia esférica a semiesférica en el sustrato de 40 a 68  $\mu\text{m}$  de diámetro conteniendo subcolonias semiesféricas de 8-4  $\mu\text{m}$  de diámetro (Fig. 20A,21A). Vaina común hialina y no bien delimitada de color verdoso rodeando las células. Vaina individual firme de color verde claro a hialina. Células semiesféricas a esféricas de color verde brillante de 0.3-0.9  $\mu\text{m}$  sin vaina y de 1.5 a 1.16  $\mu\text{m}$  de diámetro con vaina (Figs.20B,21B). Fisión binaria en dos planos (Figs.20B), las células se dividen al llegar a su tamaño adulto.

**Hábitat:** Epilítica sobre plataforma intermareal de coladas de lava con costras de roca sedimentaria, formando biotapetes con otros cianoprocariontes e invertebrados.

**Notas:** La disposición de las colonias, forma celular semiesférica, coloración y las dimensiones de las células coinciden a nivel género en Wille (1900), y en las micrografías de cultivo en Silva & Pienaar (2000) y en Komárek & Anagnostidis (1999). Debido a que solo se estudió material de una muestra y no se cuenta con mas información no se hace la designación a especie. Primer reporte para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta: Secas (14/04/2013), muestra C1391.

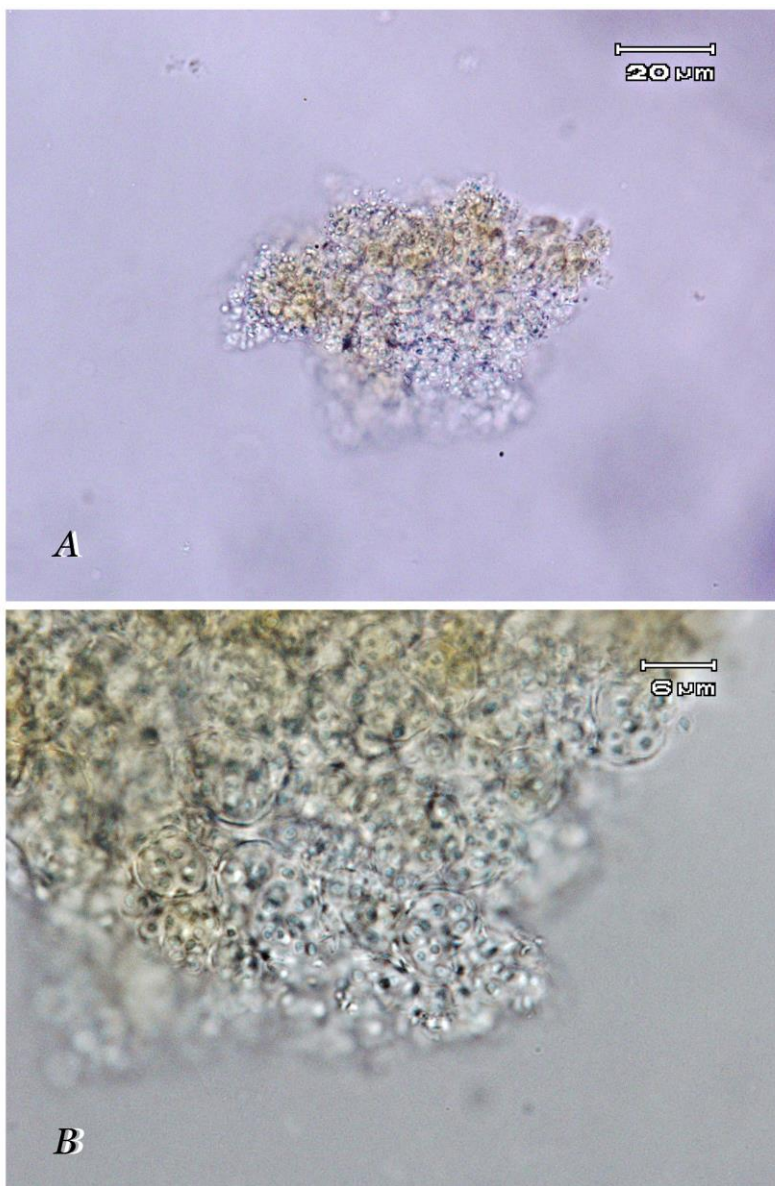


Figura 20. *Chlorogloea* sp. A) sección de colonia, B) subcolonias, vaina y células.



μm

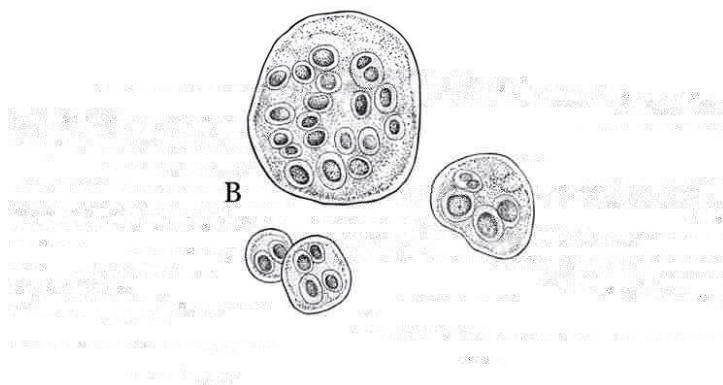
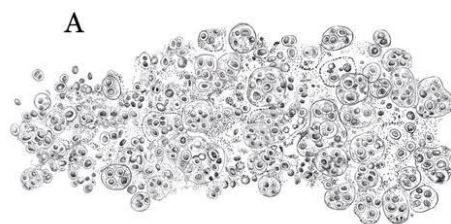


Figura 21. *Chlorogloea* sp. A) detalle de colonias agregadas, B) colonias, vaina individual, vaina común y células. Escala 6 μm.



### ***Entophysalis granulosa* Kützing 1843**

(Figs. 22A-C, 23A-C)

Talo costroso irregular de 40-60  $\mu\text{m}$  de largo (Fig.22A). Vaina común hialina y mas o menos difluente para cada pseudofilamento. Vaina individual firme y de color violeta oscuro (Figs.22B,23A,B). Células agregadas o en hileras de 2 -3.2 (4)  $\mu\text{m}$  de diámetro con vaina, de forma esférica a subesférica (Figs.22B-C,23C). División en los filamentos en un solo plano o más hasta alcanzar el tamaño adulto.

**Hábitat:** Marina en la plataforma rocosa de la zona intermareal, epifitando a *Kyrtuthrix* cf. maculans.

**Notas:** Se confirió a este material este epíteto por ser muy similar morfológicamente y morfométricamente a lo descrito en Kützing (1843), Geitler (1932) y Komárek (1999). Este material es parecido a la especie *E. granulosa* aunque difiere mayormente en la coloración de la vaina individual que es violeta oscuro pero el contenido celular en este espécimen si es verde pálido brillante. Reportada para las costas del Pacífico, Atlántico.

**Ocurrencia:** Secas (8/03/2015) ,muestra C1394.



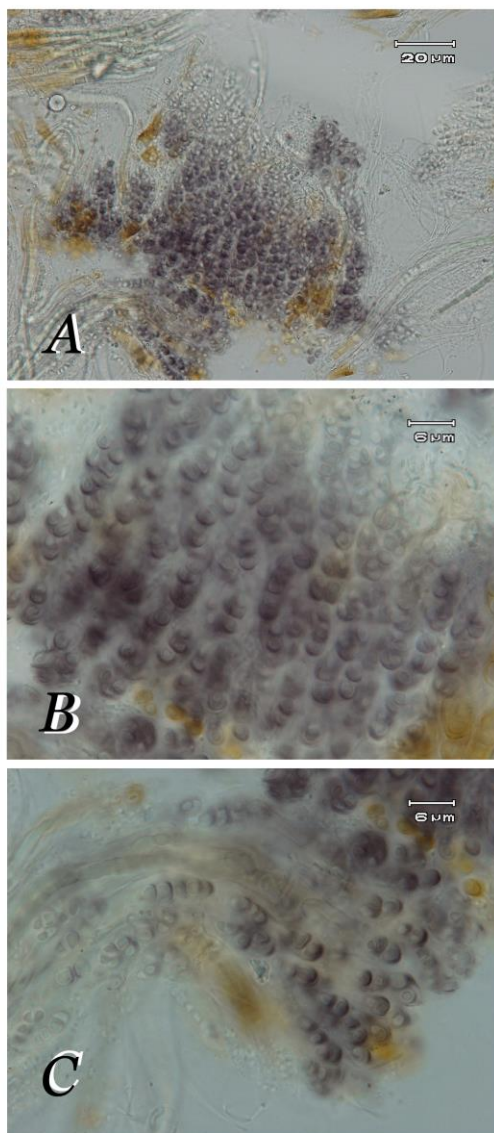


Figura 22. *Entophysalis granulosa*. A) detalle de células y pseudofilamentos, B) pseudofilamentos paralelos, C) vaina.



μm

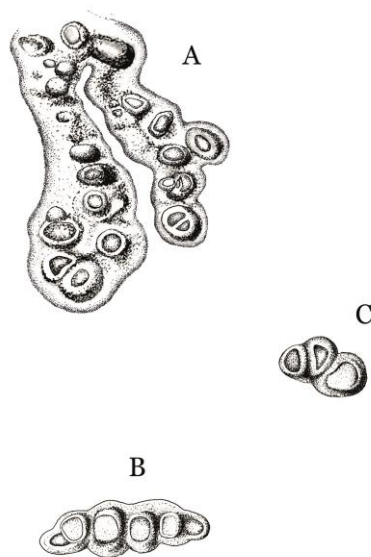


Figura 23. *Entophysalis granulosa*. A.) detalle de la forma celular y vaina del pseudofilamento, B) pseudofilamento. C) división celular. Escala 6 μm.



## **Entophysalis Kützing, 1843**

### **Entophysalis sp.**

(Figs. 24A-D, 25, 26A-B)

Colonia gelatinosa polarizada de 33 $\mu$ m de alto por 53 $\mu$ m de ancho (Figs.24A,B) con células formando pseudofilamentos (Figs.24B,C,26A,B). Vaina común de forma irregular y difluente conteniendo un solo pseudofilamento (Figs.24B,C,. 26A). Vaina individual firme de color muy oscuro (casi negro). Células de forma cilíndrica a ovoide de 1-.2.3  $\mu$ m de diámetro (Fig.25) y arregladas en hileras. División de las células en dos o tres planos al llegar a su tamaño máximo.

**Hábitat:** intermareal, epifítica sobre sustrato rocoso y creciendo epífita sobre filamentos de *Scytonematopsis* y *Kyrtuthrix* ( Figs. 24D, 25). Episámica en las arcillas retenidas por los filamentos de *Scytonematopsis* y *Kyrtuthrix*.

**Notas:** No se encontró en los manuales alguna referencia comparativa, pero esta población coincide en las características del género como son: talo polarizado, erecto perpendicularmente con respecto al sustrato, vaina común gelatinosa conteniendo células semiesféricas formando hileras con tendencia pseudofilamentosa de acuerdo con Geitler (1932) y Komárek (1999). Puede llegar a confundirse con *Chroococcus* debido a los patrones de división cuando se observan pocas células. Es probable que se trate de una nueva entidad taxonómica para este género.

**Ocurrencia:** Colecta secas (18/03/2012), muestra C390.

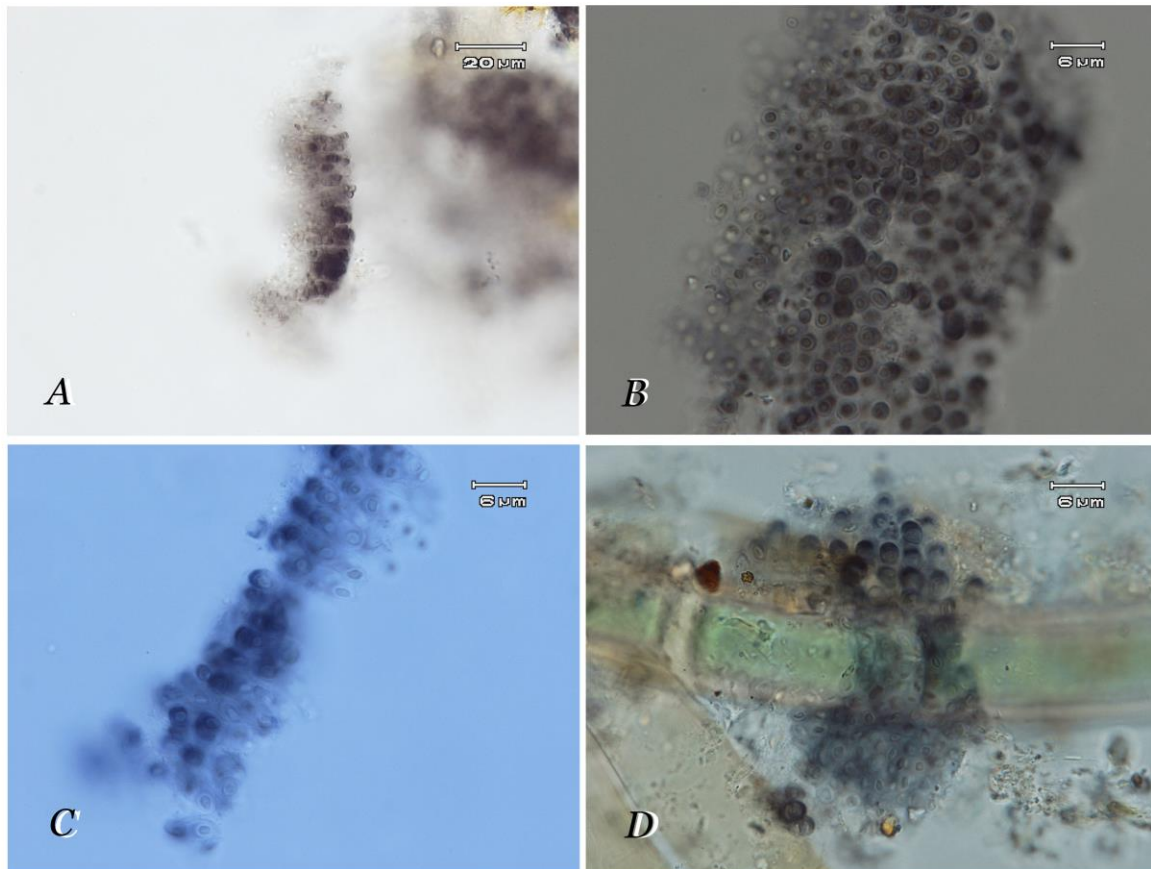


Figura 24. *Entophysallis* sp. A) colonia polarizada, B) colonia pseudofilamentosa, C) pseudofilamentos, D) células epifitando cianofita heterocistosa.



—  
μm

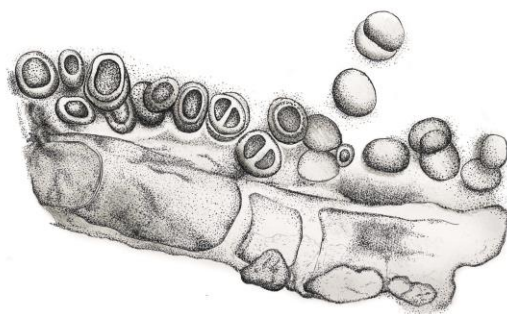


Figura 25 *Entophysalis* sp. Detalle de división celular. Escala 6 μm.



—  
μm

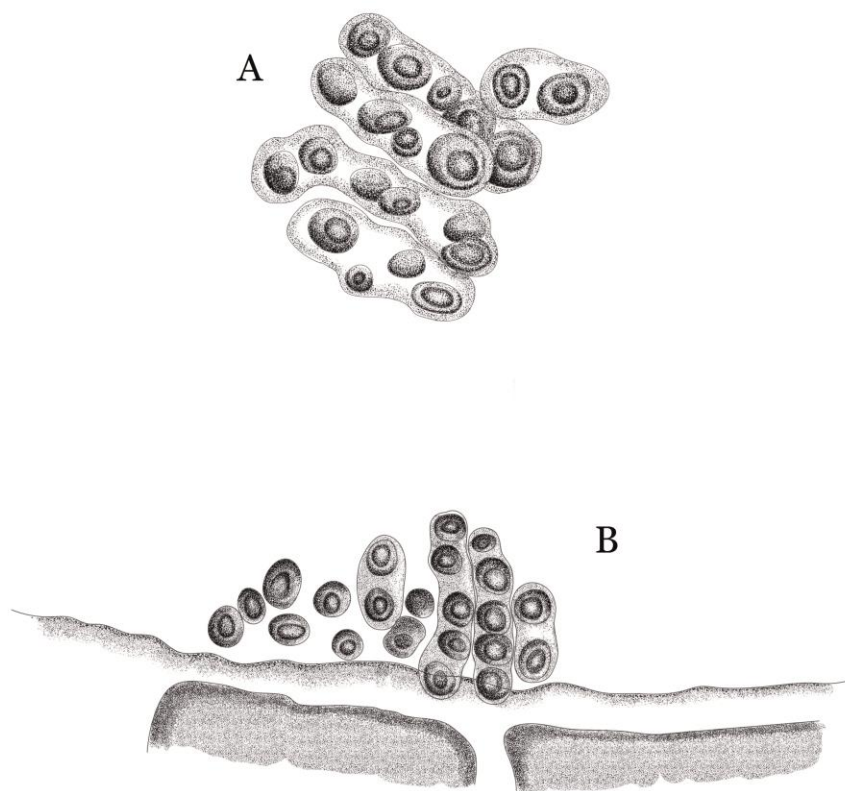


Figura 26. *Entophysalis* sp. A.) pseudofilamentos, B) colonia con vaina común epifitando a *Scytonematopsis*. Escala 6 μm.



## ***Lithocapsa* Ercegović, 1925**

### **cf. *Lithocapsa*.**

(Figs. 27A-C, 28A,B)

Talo polarizado perpendicularmente al sustrato con pseudofilamentos de forma columnar de 2.2-4.4  $\mu\text{m}$  de alto conteniendo cuatro células en hilera, ligeramente separados y arreglados paralelamente entre sí (Fig.27A,28). Vaina hialina firme y a veces de color oscuro. Células de 1- 1.3  $\mu\text{m}$  de diámetro con vaina y de 0.6-0.8  $\mu\text{m}$  sin vaina (Fig.28). La vaina es firme y semicircular en su parte apical de color verde oscuro hacia el púrpura. Fisión binaria en dos o tres planos cuando la célula alcanza su etapa adulta.

**Hábitat:** Intermareal, epífita sobre los filamentos de heterocistasas.

**Notas:** El material de esta población coincide con la descripción general del género aerofítico-epilítico *Lithocapsa* en Ercegović (1925); Geitler (1932); Komárek (1992) y en Komárek & Anagnostidis (1986, 1999); sobre todo con la forma del talo en empalizada, las filas paralelas y ligeramente separadas de células, vaina común gruesa y forma celular en esta población que es muy similar a *Lithocapsa fasciculata* reportada para las costas de Croacia en rocas calcáreas del mar Adriático, pero esta población es muy inferior en dimensiones celulares. Este es un género poco trabajado del cual existe escasa información, adicionalmente la población de este trabajo es epífita y sólo se registró para una muestra lo cual no permite hacer una distinción taxonómica adecuada hasta el momento, por lo tanto se propone el "cf." *Lithocapsa*. Esta población es un primer reporte para México.

**Ocurrencia:** Colecta secas ( 8/03/2015), muestra C400.

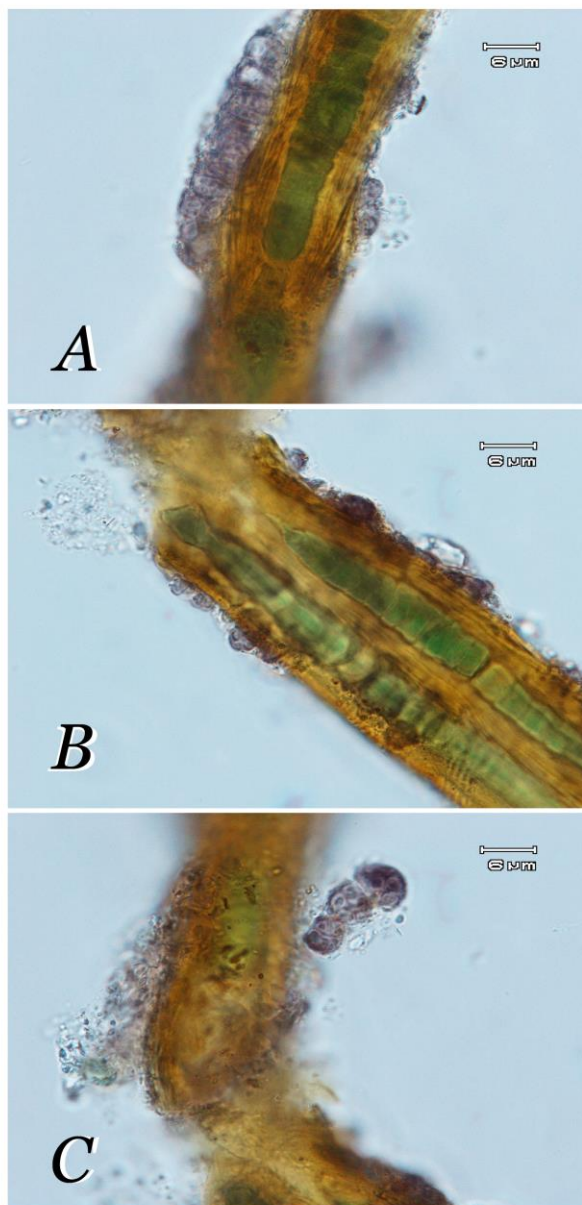


Figura 27. cf. *Lithocapsa*. A) talo con pseudofilamentos en empalizada ligeramente separados, B) detalle crecimientos jóvenes y vaina, C) división celular en dos y tres planos.





μm

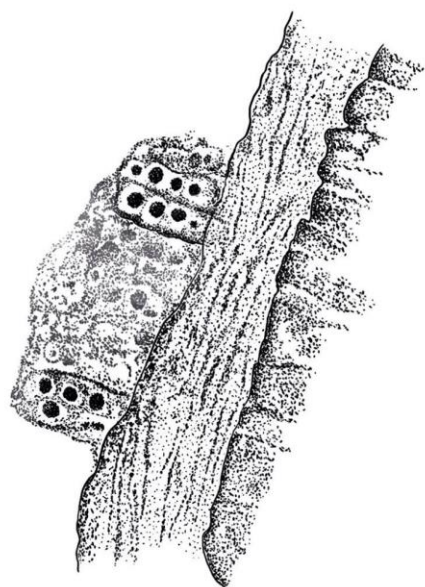


Figura 28. cf. *Lithocapsa*. Pseudofilamentos en empalizada, vaina gruesa y células en división. Escala 6 μm.



***Placoma Schousboe ex Bornet & Thuret, 1876***

***Placoma violacea* Setchell & Gardner 1918.**

(Figs. 29A-D, 30A)

Talo colonial rastrero con apariencia pseudoparenquimatosa (Figs.29A,B,30A). Pseudofilamentos arreglados mas a menos paralelamente con color verde brillante de 39-57  $\mu\text{m}$  de largo (Figs.29C-D, 30B). Vaina común firme, irregular y hialina envolviendo los pseudofilamentos de tres o cuatro células (Fig.29C). Vaina individual firme y de color claro en cada célula (Fig.29C). Células distantes entre sí, poliédricas, verde brillante de 0.5- 3  $\mu\text{m}$  de diámetro (Fig.29D), las células se dividen en plano perpendicularmente al pseudofilamento.

**Hábitat:** Marina en la plataforma rocosa de la zona intermareal. Epífita sobre *Scytonematopsis*.

**Notas:** Estas poblaciones coinciden con las descripciones de la especie en Setchell & Gardner (1918), Geitler (1932) y en Komárek & Anagnostidis (1999). Este material sin embargo tiene células con un diámetro por debajo del límite inferior al reportado. La forma de los pseudofilamentos con células no continuas y la forma celular poliédrica son muy diferentes a *Entophysalis* que tiene células redondeadas. Primer reporte para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta lluvias (18/10/2012), colecta secas (18/3/2012), muestras C388,C406 ,C1390.

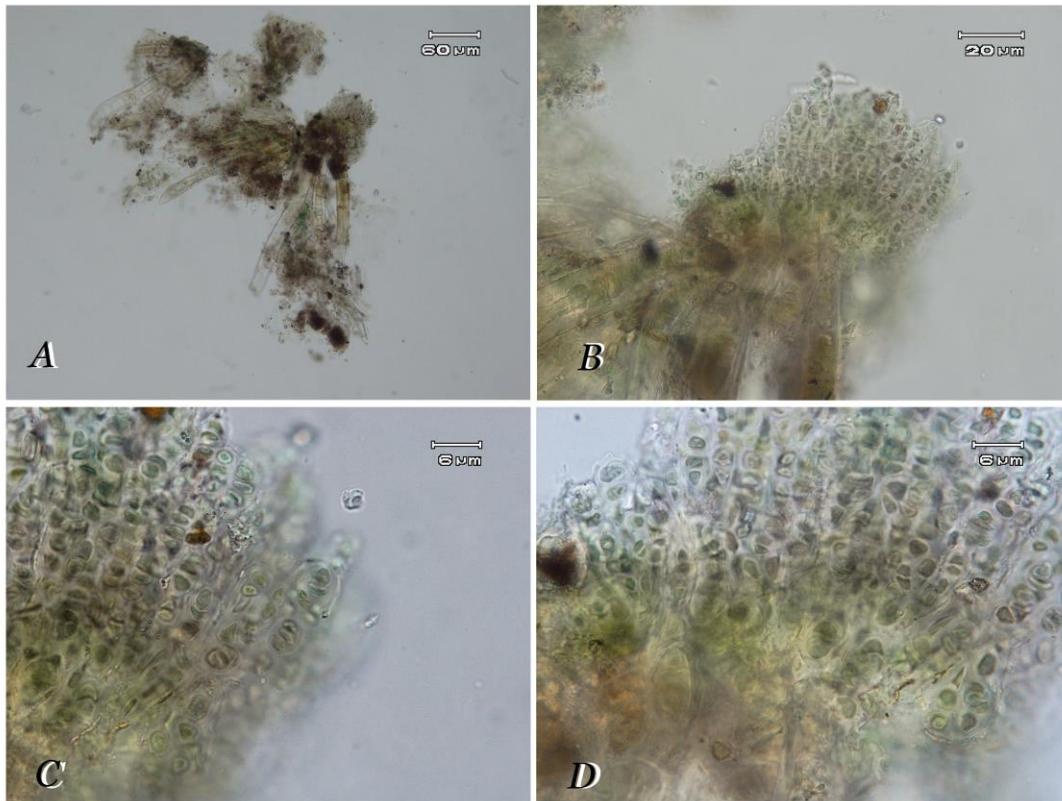


Figura 29. *Placoma violácea*. A) crecimiento epífita, B) detalle de la colonia creciendo sobre *Scytionematopsis*, C), Pseudofilamentos y detalle de vaina, D) forma celular y fisión celular.

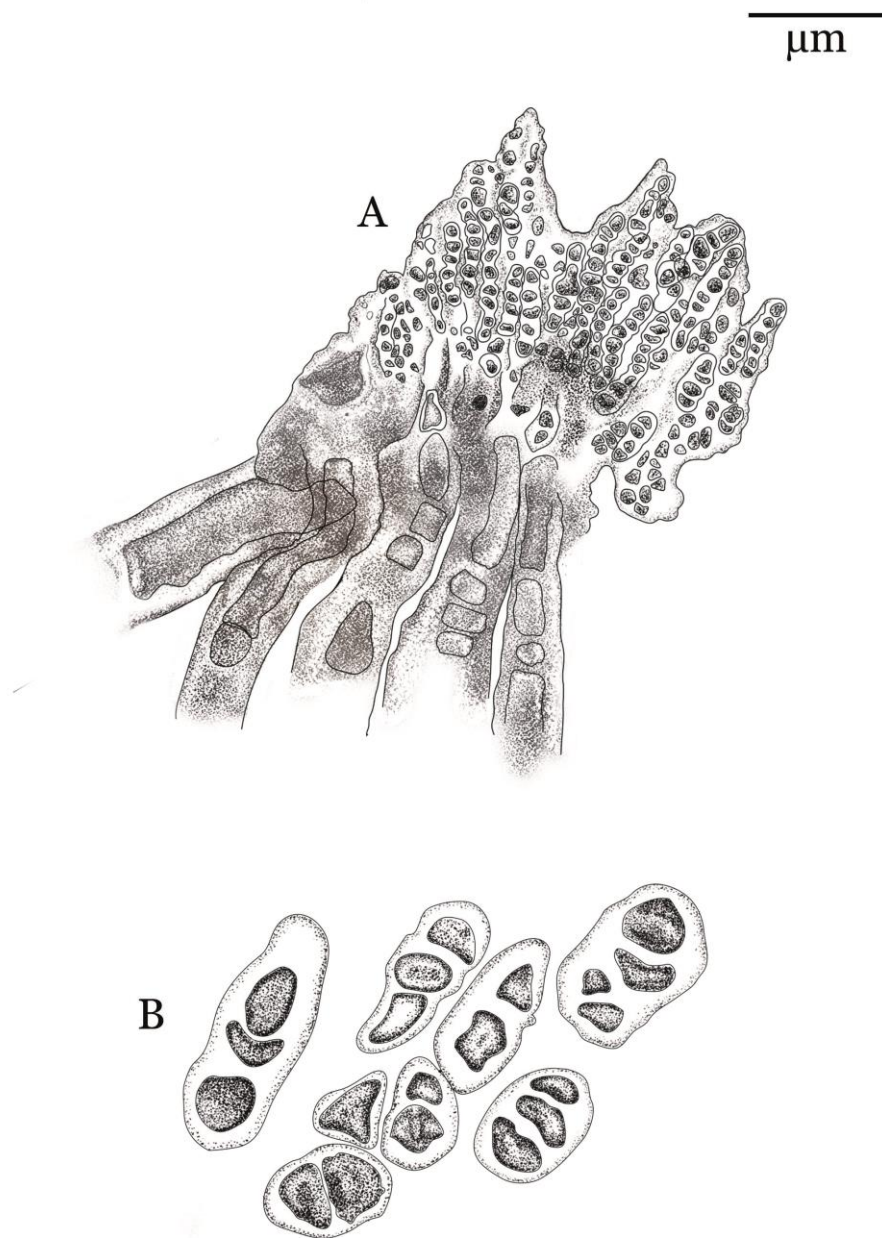


Figura 30. *Placoma violácea*. A) talo epífito gelatinoso, B) hileras de células poliédricas con su vaina. Escala, A) 20 µm, B) 6 µm.



## Pleurocapsales

***Dermocarpella* Lemmermann, 1907**

***Dermocarpella* cf. *gardneri* H.León-Tejera & G.Montejano 2000**

(Figs. 31A-C, 32A-B)

Células hemisféricas solitarias de color verde-violeta brillante de 3-6  $\mu\text{m}$  de alto con vaina y con un diámetro de 3-10  $\mu\text{m}$ , poro apical de 1  $\mu\text{m}$  de diámetro (Figs.31A-C,32A). Vaina firme gruesa de 2  $\mu\text{m}$  de ancho de color claro a hialina.(Figs.31C,D,32B).

**Hábitat:** Creciendo epífita sobre macroalgas y cianoprocariontes heterocistosos en la plataforma rocosa de la zona intermareal.

**Notas:** Esta población es muy similar morfológicamente a lo descrito en León Tejera *et al.* (2002) en forma hemisférica celular el poro apical, la coloración y la vaina, pero difieren en dimensiones celulares 9-17.5  $\mu\text{m}$  de alto y 17-22  $\mu\text{m}$  de diámetro que son muy superiores a nuestras medidas. Debido a las diferencias morfométricas con estas poblaciones se asigna como "cf.". No se observó célula basal ni baeocitos. Primer reporte para el golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta secas (18/3/2012), muestra C382, C389, C406.

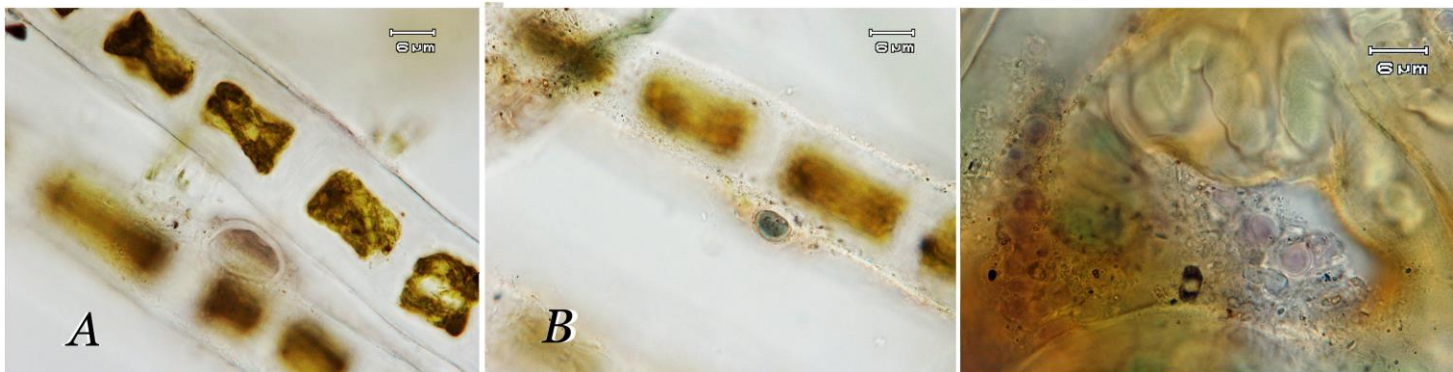


Figura 31. *Dermocarpella* cf. *gardneri*, A-B) células con la forma hemisférica sobre macroalga y cianoprocarionte heterocistoso, C) detalle de colonias y división celular.

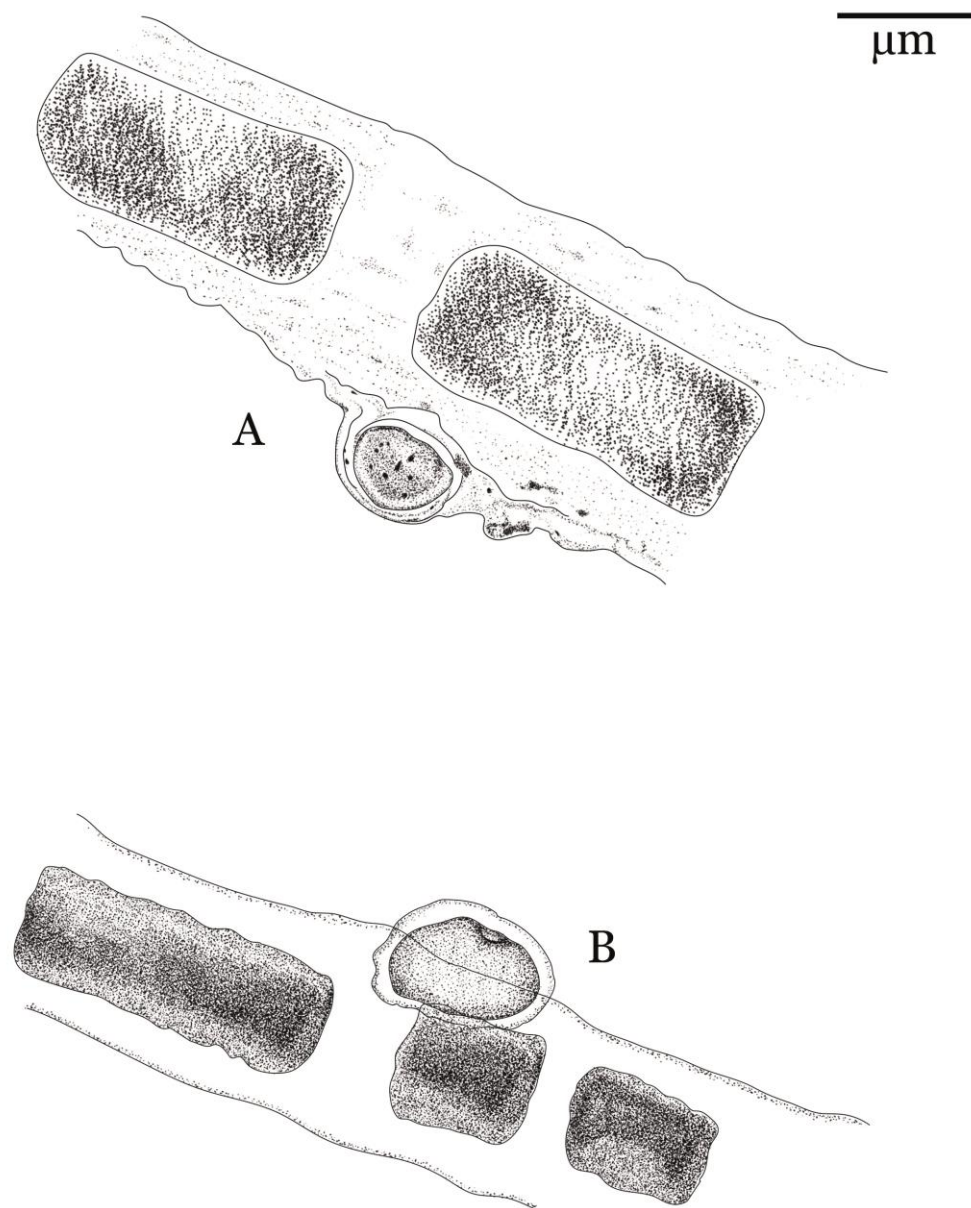


Figura. 32. *Dermocarpella cf. gardneri*, A-B) células maduras con su poro apical. Escala 6  $\mu\text{m}$ .



**Xenococcus Thuret in Bornet et Thuret, 1880.**

**Xenococcus cf. acervatus Setchell & N.L.Gardner**

(Figs.33A-D, 34)

Talo granuloso, gelatinoso y alargado de forma cuadrangular de 15-51µm de largo con células creciendo agregadas sobre filamentos de *Calothrix* sp. (Figs. 33A-B,34). Vaina común hialina y difluente. Vaina individual firme y de color dorado a blanco.(Figs.33C-D). Células de color azul-violeta muy juntas de 1.3-3 µm de diámetro, semiesféricas y algunas piriformes. No se observaron claramente ni baeocitos ni endosporas.

**Hábitat:** Marina en la zona intermareal, epífita sobre *Calothrix aestuorii*.

**Notas:** Esta población coincide en morfología, en la división en dos planos, forma celular, coloración celular y hábito epífita, pero el diámetro mayor de nuestras células se encuentra en el extremo inferior de lo reportado para la especie según Komárek & Anagnostidis (1999) y Ulcay (2015) que además la reporta como *Dermocarpa acervata*. Debido a la escasa información taxonómica, las diferencias morfométricas y la diferencia de hábitat se considera como "cf.". Komárek y colaboradores (1999) comentan su distribución en pozas salobres de marisma en La Bahía de San Francisco, Mar Mediterráneo, Turquía, Islas Canarias, Antillas, Brasil, Sry Lanka y Japón; también ha sido reportada por Steinke (2003) en manglares de Sudáfrica. Primer reporte para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta secas ( 8/03/2015), muestra C1421



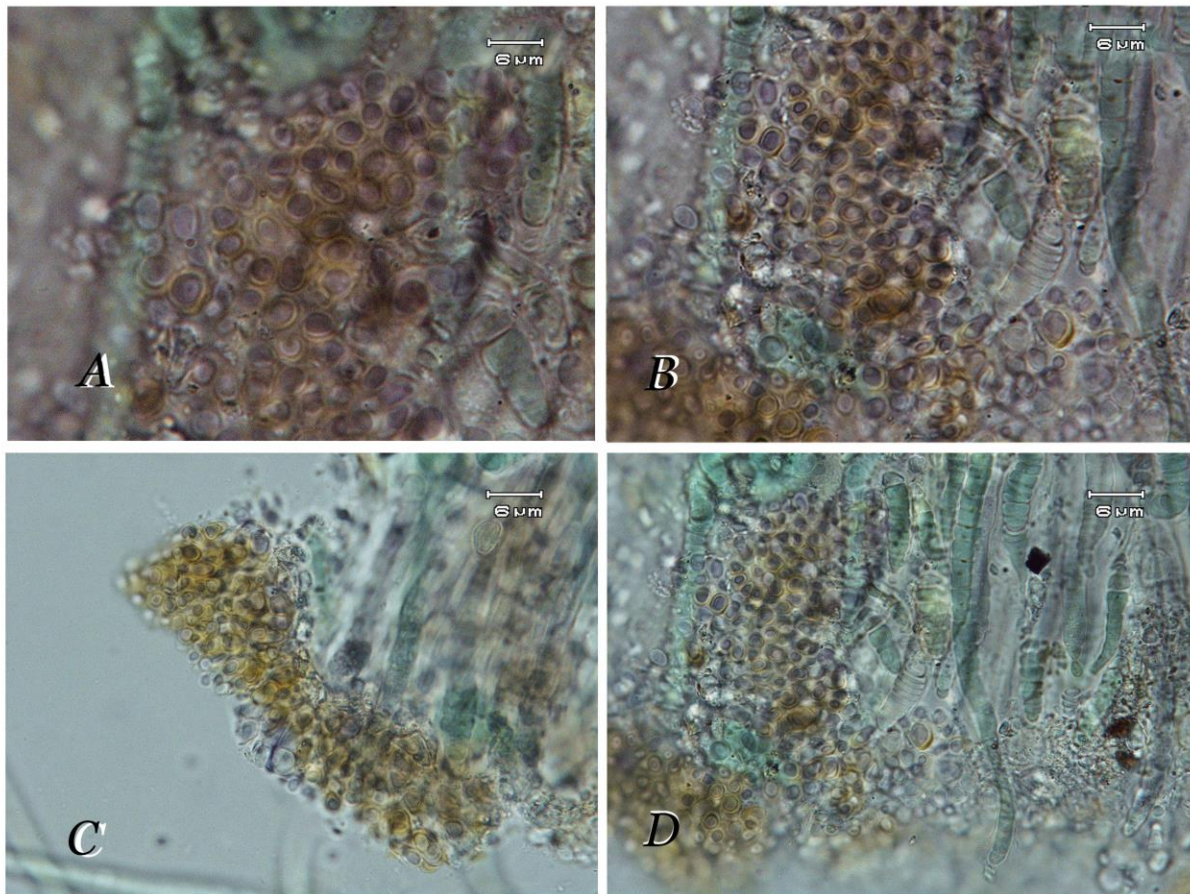


Figura 33. *Xenococcus acervatus*. A-B) forma de la colonia y de las células, vaina celular y células adultas posiblemente con baeocitos, C-D) crecimiento del talo epifitando a *Calothrix*.



μm

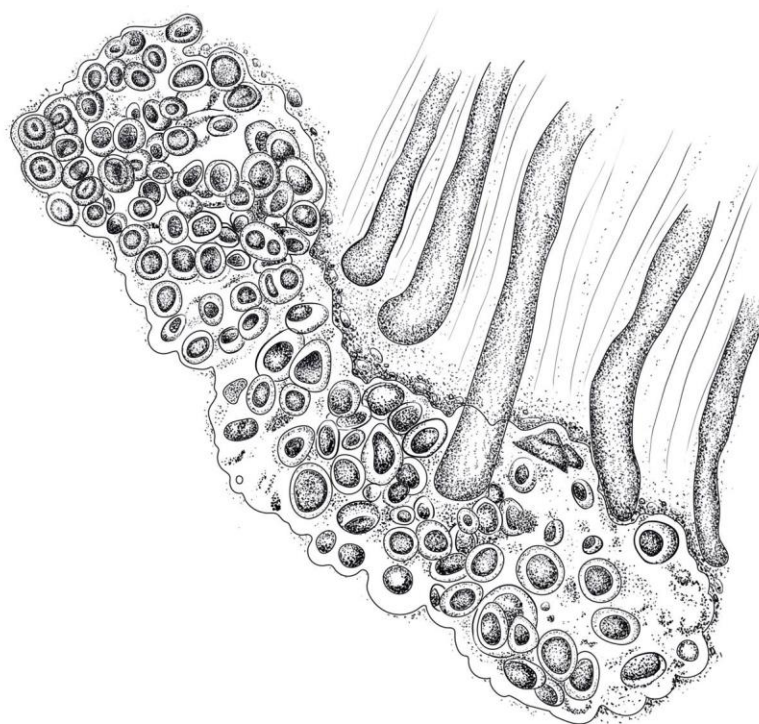


Figura 34. *Xenococcus acervatus*. Colonia con su vaina común, vaina individual y células. Escala 6 μm.



***Xenococcus* sp.**

(Figs.35A-B,36)

Colonia con células juntas, dispersas sobre el sustrato de forma irregular. Células de color verde oscuro de diferentes tamaños, redondas a piriformes de 0.5-3(4)  $\mu\text{m}$  de diámetro con vaina delgada y firme. Fisión en dos planos (Figs.35A-B,36).

**Hábitat:** epilítica en la zona intermareal entre macroalgas y sedimentos.

**Notas:** La revisión, aunque difícil debido a que el sustrato es del mismo color que este morfotipo, permitió distinguir células piriformes y de diferentes dimensiones y la división celular, se considera que se trata del género ya que coincide con los discutido anteriormente en Komárek (2009).

**Ocurrencia:** Colecta secas (18/3/2012), muestra C398.

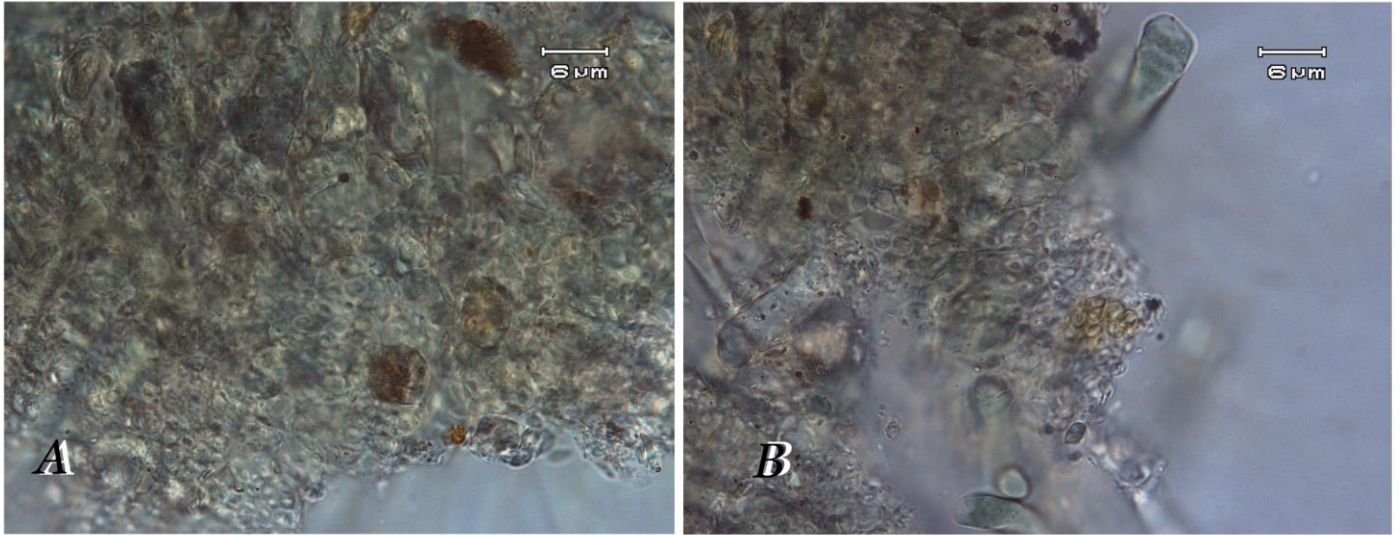


Figura 35. *Xenococcus* sp. A) crecimiento de las células de varios tamaños sobre el sustrato, B) detalle de la vaina celular y fisión celular.



\_\_\_\_\_  $\mu\text{m}$



Figura 36. *Xenococcus* sp. Talo con células de diferente talla, división celular. Escala 6  $\mu\text{m}$ .



***Hyella* Bornet et Flahault, 1886.**

***Hyella caespitosa* Bornet & Flahault 1888**

(Figs.37A-G,38,39A-C,40A-B)

Talo con pseudofilamentos endolíticos de 50  $\mu\text{m}$  de largo divaricados y de color verde oliva (Figs.39A,C) con células endolíticas de forma irregular de 2.5- 6- $\mu\text{m}$  de ancho y de 3-14- $\mu\text{m}$  de largo (Figs37A-B,38), vaina delgada, firme y hialina alrededor de las células. Células superficiales de color verde-azul brillante a opaco de (2)3-6  $\mu\text{m}$  de diámetro con vaina formando pseudofilamentos de 41-89  $\mu\text{m}$  de largo (Figs.37C-F,40A-B) con vaina común difluente, hialina y envolviendo el pseudofilamento en toda su extensión. Fisión en múltiples planos antes que la célula alcance su tamaño adulto. Las células que crecen sobre el sustrato se dividen por fisión múltiple produciendo baeocitos de color verde brillante de 2-3  $\mu\text{m}$  de diámetro (Figs.37G,39B,40B).

**Hábitat:** Marina en la zona intermareal creciendo sobre y dentro sustrato de carbonato de calcio biogénico en pozas de marea con microinvertebrados.

**Notas:** Las ilustraciones y descripciones de los manuales tradicionales como en Bornet & Flahault (1888), Ercegovic (1929) y en Komárek & Anagnostidis (1999) coinciden con estas poblaciones en la forma de las células, forma de los pseudofilamentos endolíticos, superficiales, la formación y liberación de baeocitos y la morfometría reportada. Por lo anterior se reportan estas poblaciones con su epíteto específico correspondiente. Komárek *et al.*1999 comentan que es probable que se distribuya en los mismos ambientes en todo el mundo.

**Ocurrencia:** Colecta secas ( 18/03/2012), llluvias (18/10/2012), muestras C1390, C1388.

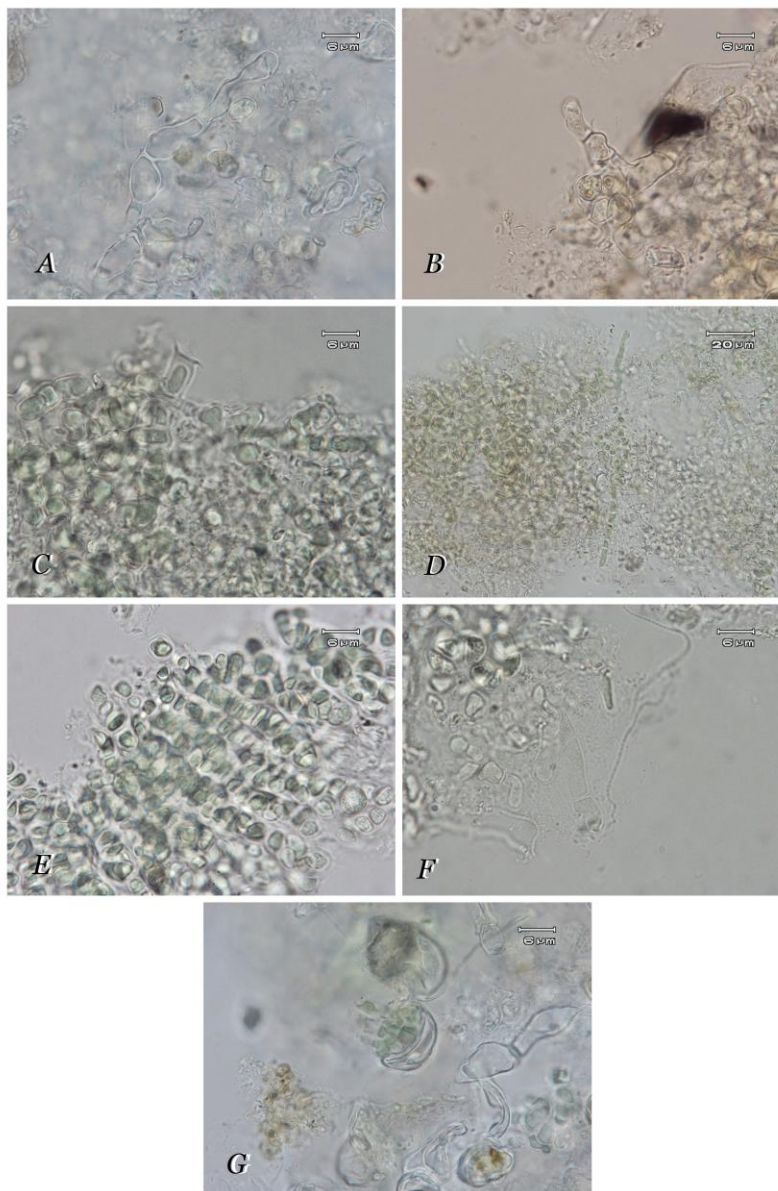


Figura 37. *Hyella caespitosa*, A-B) células endolítica, C-F) células superficiales, G) división celular y liberación de baeocitos.

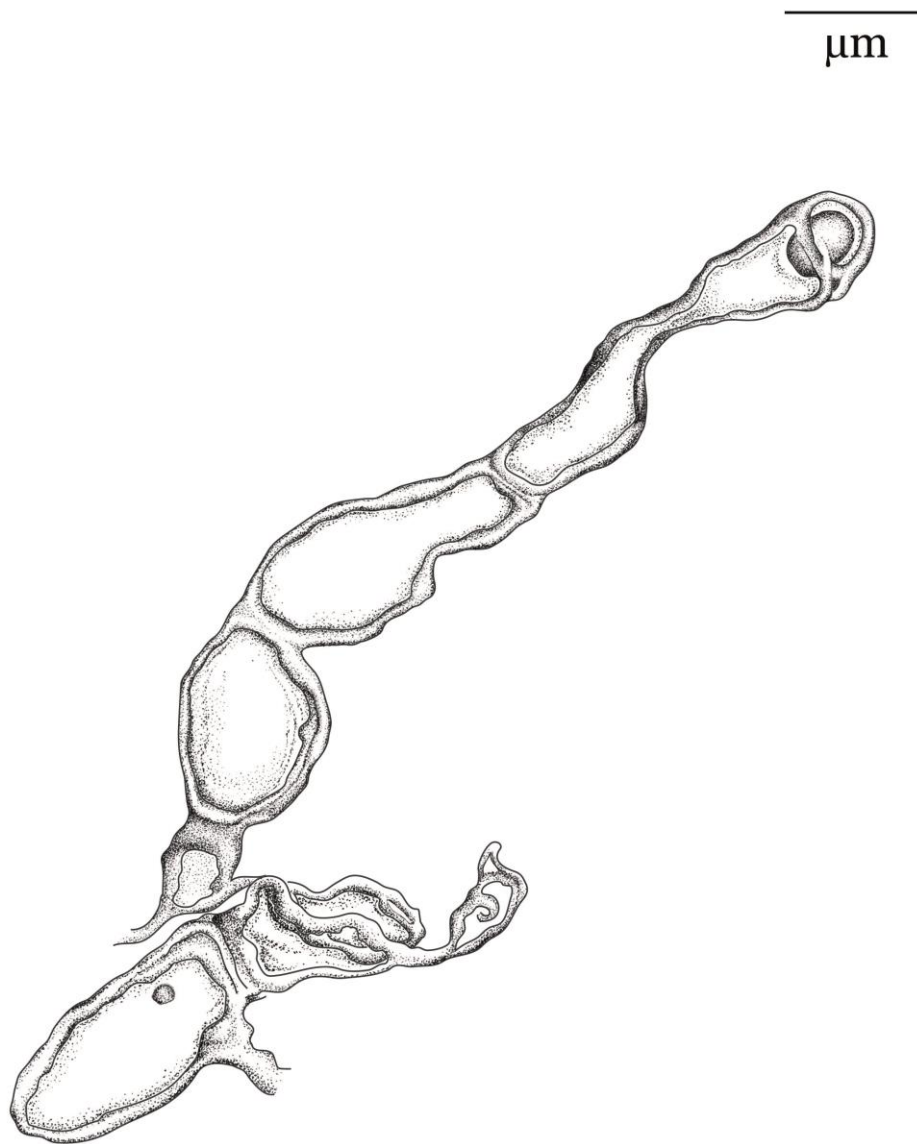


Figura 38. *Hyella caespitosa*. Pseudofilamento endolítico. Escala 6 µm.



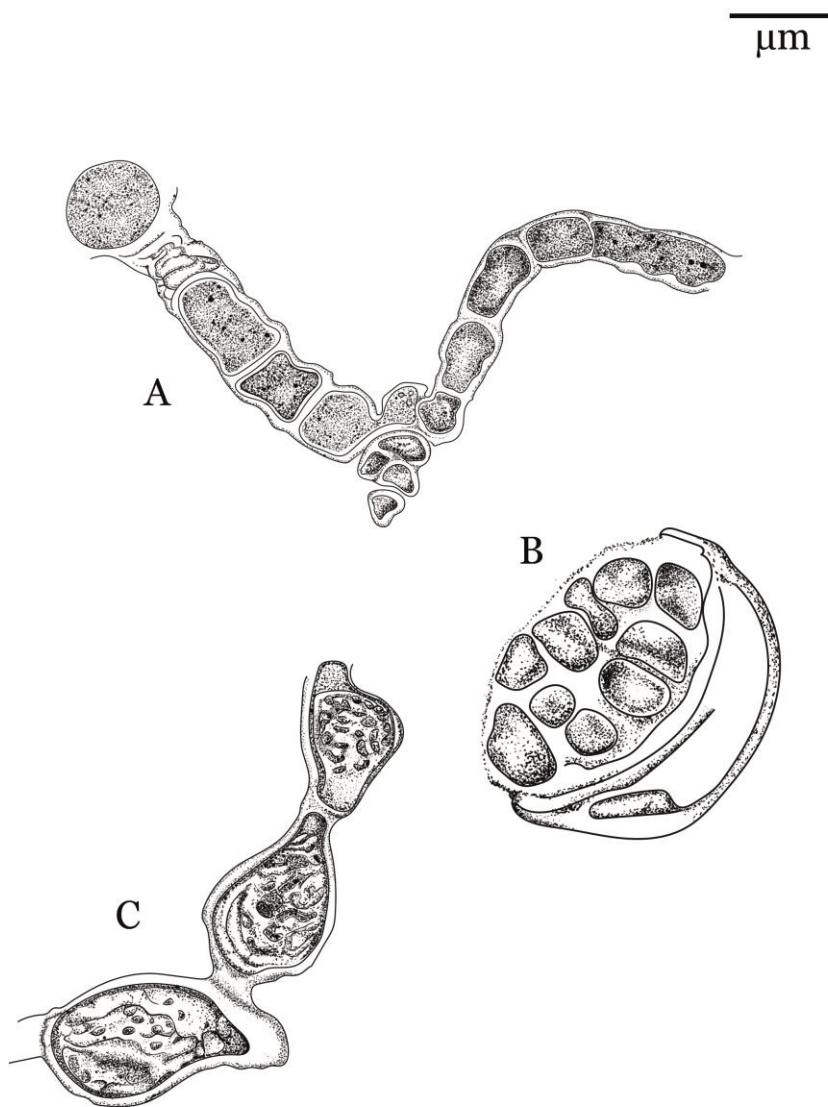


Figura 39. *Hyella caespitosa*, A) pseudofilamento de superficie, células irregulares, B) célula con baeocitos, C) detalle de contenido celular y vaina. Escala 6  $\mu\text{m}$ .



μm

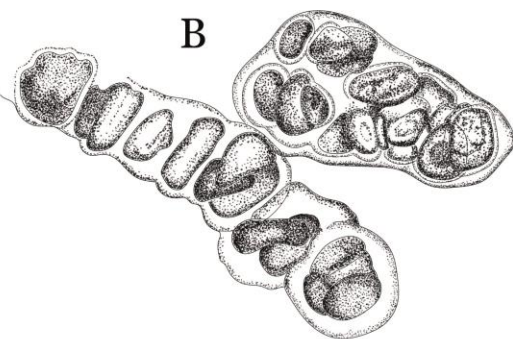
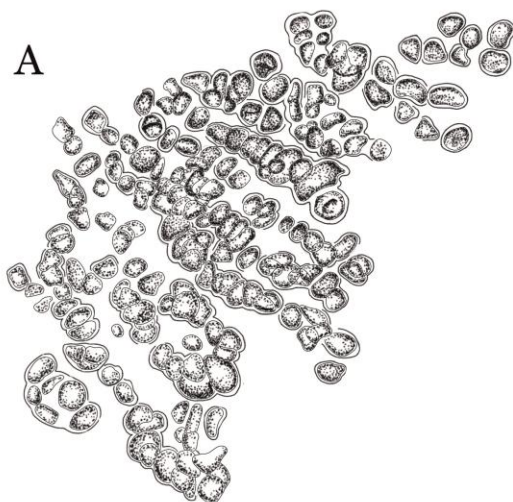


Figura 40. *Hyella caespitosa*, A) pseudofilamentos superficiales, B) detalle de pseudofilamento con vaina común e individual, vista de los planos de división. Escala, A)30 μm B)6 μm.



## Oscillatoriales

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

***Blennothrix lyngbyacea (Kützing ex Gomont) Anagnostidis et Komarek 1988***

(Figs. 41A-F, 42A-D)

Talo compuesto de fascículos enredados formando un tapete amplio y trenzado (Figs.41A,B). Filamentos de 7-12  $\mu\text{m}$  de diámetro, enredados, curvados y con dos y hasta 5 tricomas con terminaciones caliptradas dentro de una vaina hialina (Figs.41D-F,42A,B). Tricomas uniseriados torcidos, poco constreñidos y a veces ligeramente curvados (Figs. 41C,D). Ápice caliptrado y con ornamentaciones en forma de pelo (Figs.41F,42C). Vaina común hialina, más o menos difluente. Células más anchas 4-6  $\mu\text{m}$  que largas 0.9-1.9  $\mu\text{m}$ , con gránulos de reserva de color verde-azul opaco a brillante. Hormogonio isopolar con los extremos redondeados (Figs.41E,42D).

**Hábitat:** Sobre plataforma rocosa ígnea en la zona intermareal, creciendo como tapete en pozas de marea.

**Notas:** Esta población coincide con la descripción de Kützing (1843), Gomont (1842) y Komárek (2015) en donde se encontraron coincidencias morfológicas como la vaina común que alberga varios filamentos lo cual es distintivo del género (Fig. 42C), la morfometría, la coloración, la caliptra ornamentada, la forma del crecimiento en tapetes y hábitat. Aunque el largo y el diámetro de las células y tricoma en esta población está en el límite inferior al reportado, se asigna un epíteto específico a esta población por las coincidencias



morfológicas descritas en los autores anteriores. Podría confundirse con *Oscillatoria* pero esta no tiene vaina común.

**Ocurrencia:** Colecta secas (8/03/2015), muestra C1423.

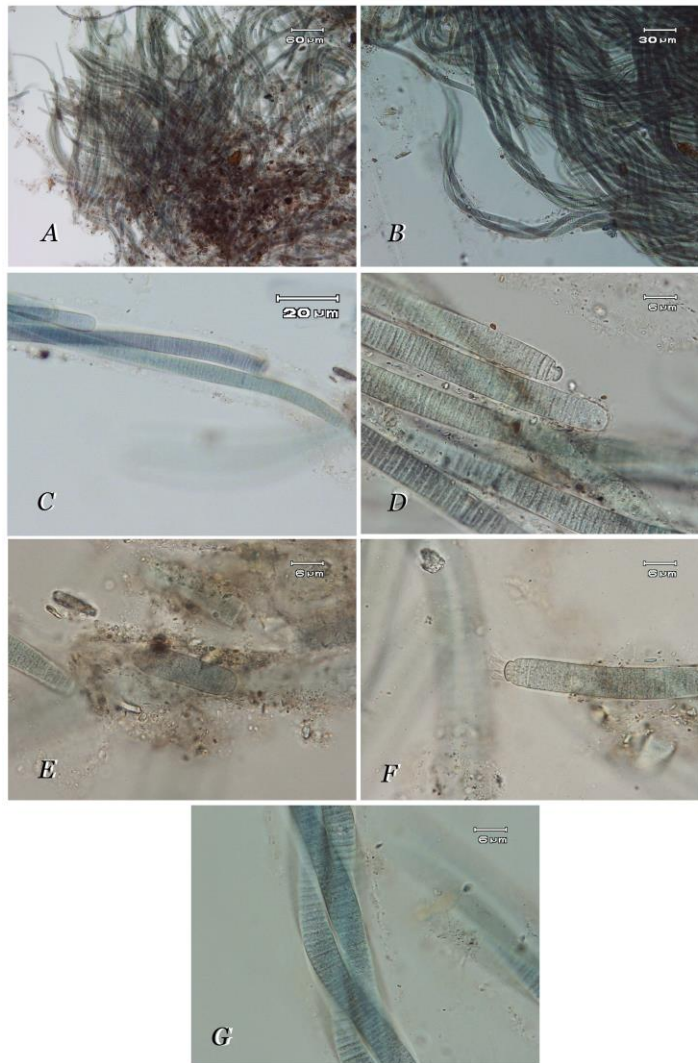


Figura 41. *Blennothrix lyngbyacea*. A-B) talo con filamentos enredados en forma de tapete, C-G) tricomas en una vaina común, D-F) ápices caliptrados y con ornamentaciones, E) hormogonio isopolar.

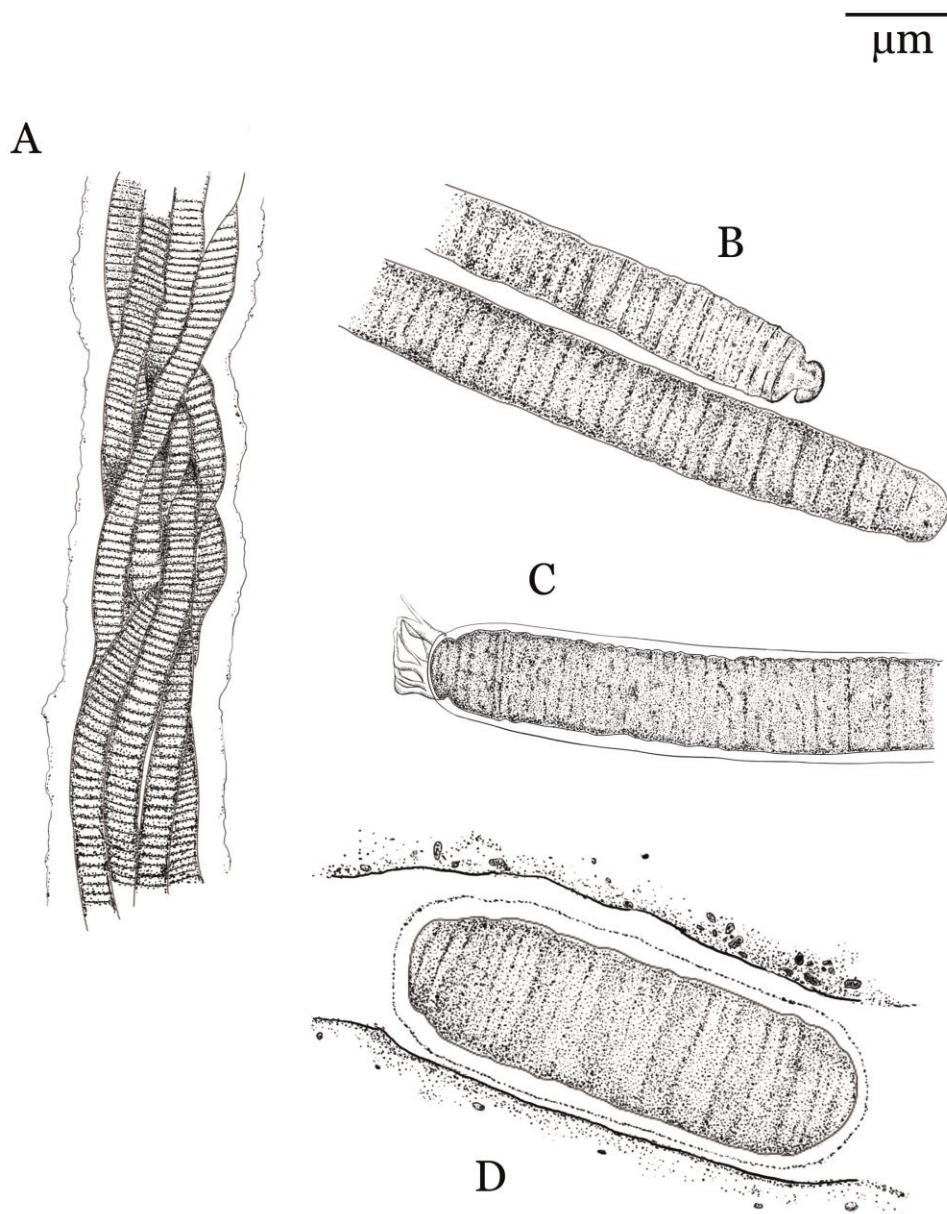


Figura 42. *Blennothrix lyngbyacea*. A) filamentos en una vaina común, B) filamentos caliptrados y células, C) caliptra con prolongaciones en forma de pelo, D) homogonio. Escala, A) 20 $\mu$ m, B-D) 6 $\mu$ m.



***Oscillatoria* Vaucher ex Gomont, 1892.**

***Oscillatoria* sp.**

(Figs. 43A-D,44A,B)

Talo enmarañado con filamentos rectos, aplanados de color verde brillante (Figs.43A-B,44A). Vaina muy delgada o inexistente. Células de 4.7  $\mu\text{m}$  de ancho por 1.7  $\mu\text{m}$  de largo (Figs.43C,45B). Atenuación suave que termina en una caliptra hemisférica de color claro (Figs.43C,44B). Se observó el hormogonio isopolar caliptrado.

**Hábitat:** Intermareal creciendo entre micro moluscos y *Scytonematopsis crustacea*.

**Notas:** Coincidiendo a nivel género con Gomont (1892), Komarek (2005) este organismo posee filamentos isopolares (solo se observó en el hormogonio) células más anchas que largas, vaina inexistente y arreglo enmarañado. Aunque este material estaba muy deshidratado difiere claramente con otros géneros como *Lyngbya* en donde se presenta una vaina individual relativamente ancha o *Phormidium* que presenta en general células isodiamétricas, mientras que en estas poblaciones se presentan células de tipo *Oscillatoria*. No teniendo evidencia para poner a este material epíteto específico se propone asignarle "sp".

**Ocurrencia:** Colecta secas, muestra C388.

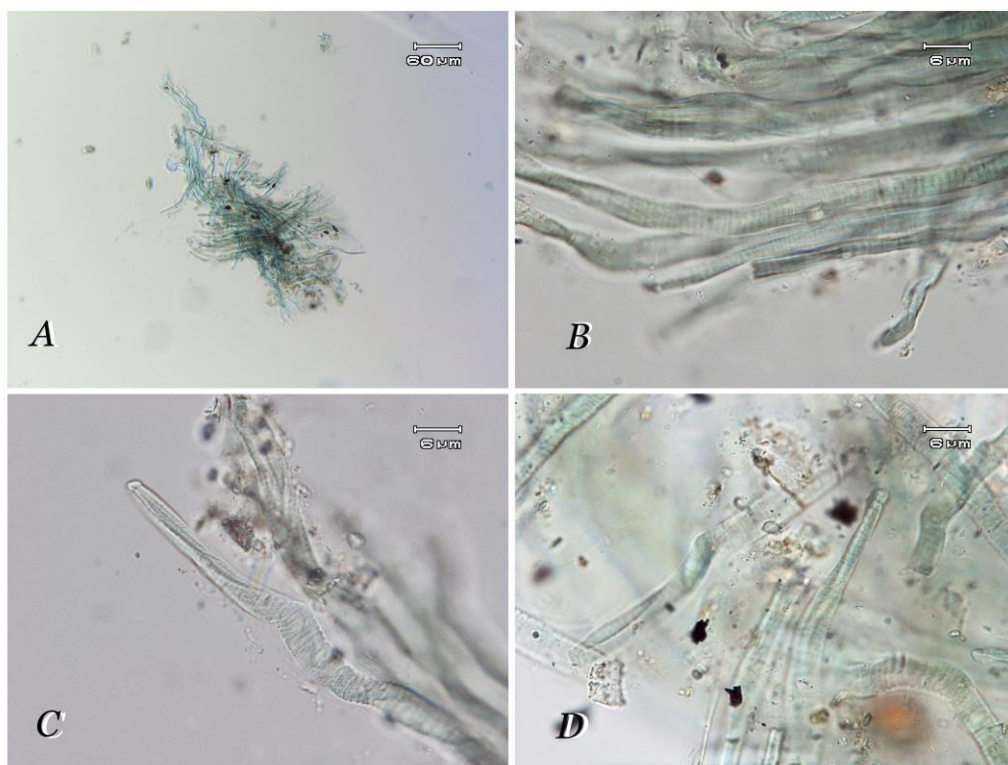
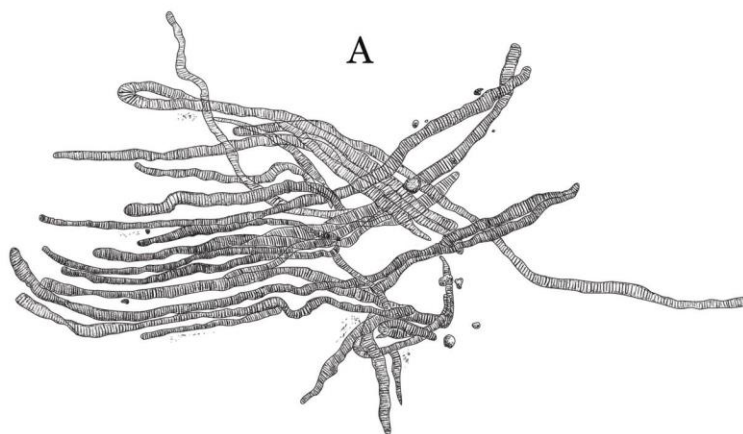


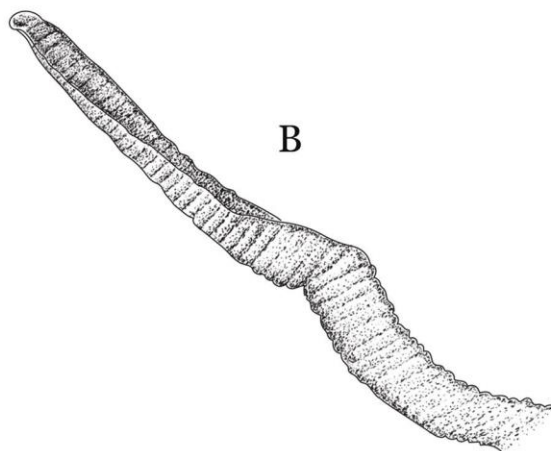
Figura 43. *Oscillatoria* sp. A-B) aspecto del talo y filamentos, C-D) células y terminaciones caliptradas.



μm



A



B

Figura 44. *Oscillatoria* sp. A) talo y filamentos, B) células, terminaciones caliptradas.  
Escala, A) 60 μm, B) 6 μm.





## ***Phormidium* Kützing ex Gomont**

### ***Phormidium* cf. *ambiguum* Gomont 1892**

(Figs. 45A-D; 46A-D)

Talo creciendo como tapete verdoso y enredado (Figs.45A-B,46B). Filamentos curvados de 4.0-5.0  $\mu\text{m}$  de diámetro. Tricomas uniseriados y curvados suavemente (Figs.45C,46C). Vaina delgada, firme y de color hialino a café claro (Fig.46C). Células mas o menos isodiametricas de 2.1-3.5  $\mu\text{m}$  de ancho por 2.6-3.9  $\mu\text{m}$  de largo con numerosas granulaciones (Figs.45C,D,46B), hormogonio isopolar (Fig. 46A).

**Hábitat:** Intermareal, epilítica y epizooica creciendo sobre restos de bivalvos y algas coralinas costrosas junto a *Scytonematopsis*, balanos y otros micro moluscos.

**Notas:** Existe coincidencia morfológica con Gomont (1893), Geitler (1932), Silva (2000) y Komárek (2005) en la morfometría celular reportada en este trabajo (1.5-3-4  $\mu\text{m}$ ), forma celular isodiametricas, crecimiento, la forma de los filamentos además de las granulaciones intracelulares y coloración. Difiere en las dimensiones del filamento que en nuestra población están en el límite inferior. Al no tener mas información y haber solo trabajado con una muestra se asigna como "cf."

**Ocurrencia:** Colecta secas (18/3/2012), muestra C407.

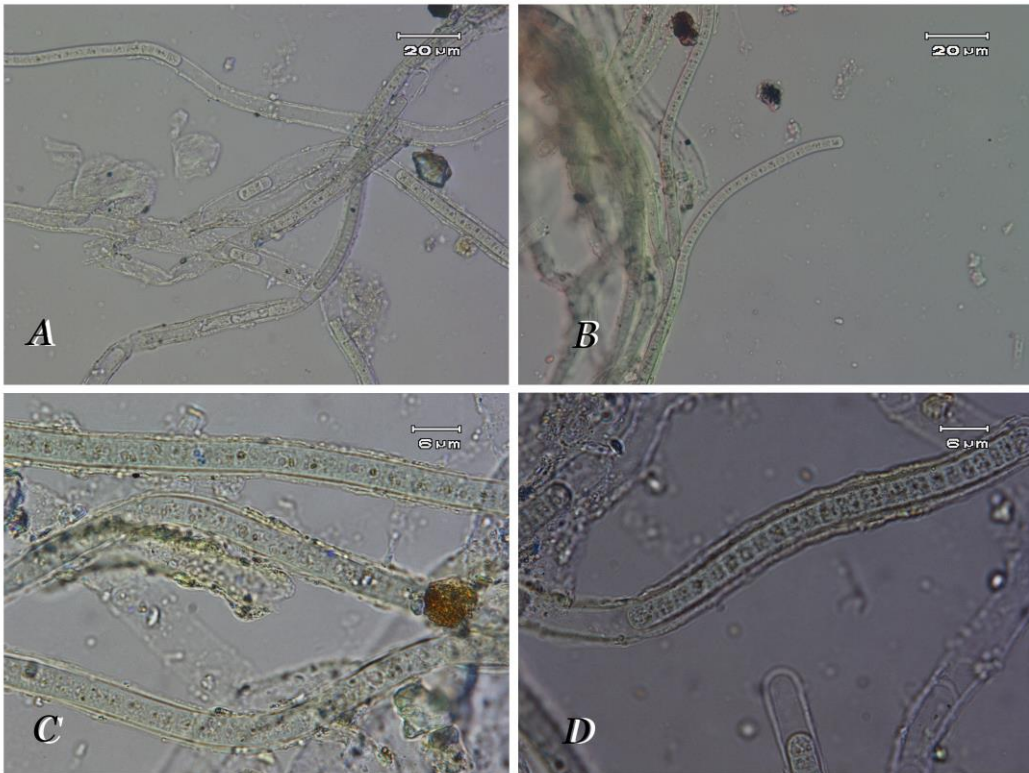


Figura 45. *Phormidium* cf. *ambiguum*. A-B) vista del talo y homogonios, C-D) forma de las células, vaina e inclusiones celulares.



μm

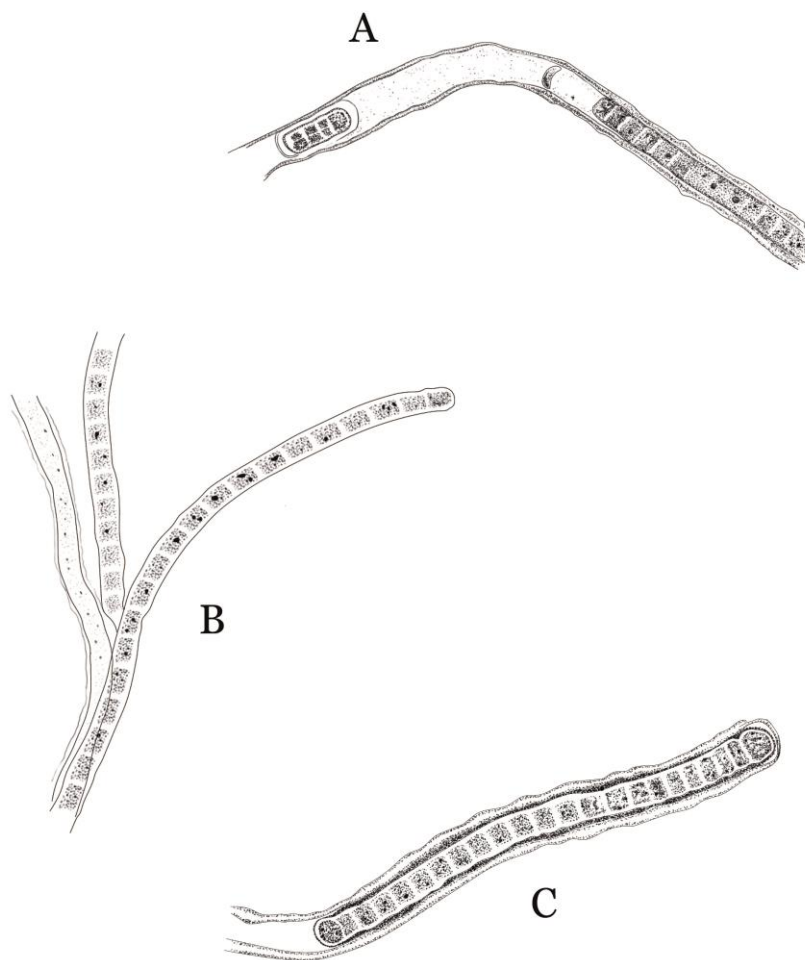


Figura 46. *Phormidium* cf. *ambiguum*. A) filamento con hormogonios, B) células cuadrangulares, C) célula apical redondeada, granulaciones y vaina. Escala, A) 20 μm, B) 6 μm.



***Hormoscilla*, Anagnostidis et Komárek, 1988**

***Hormoscilla* sp.**

(Figs. 47A, B, 48)

Filamentos cortos solitarios y dispersos sobre el sustrato ocupando un área de 5-7  $\mu\text{m}$  de diámetro, curvados, más delgados en la terminación (Figs.47A,B). Vaina delgada, blanquecina a hialina. Célula en forma de barril de 0.3-0.9  $\mu\text{m}$  de ancho por 0.2-0,3  $\mu\text{m}$  de largo (Figs.47B,48). Reproducción por fisión binaria perpendicular al eje principal del filamento.

**Hábitat:** Intermareal (intermareal) creciendo epífita sobre la vaina de cianoprocariontes heterocísticos.

**Notas:** De acuerdo con Komárek (2009) y (Komárek & Komárková-Legnerová, 2007) la forma de las células y los filamentos solitarios son consistentes a esta propuesta. No se contó con abundante material pero fue suficiente para determinar el género. Esta población también es parecida a la de Sant' Anna (1995) que reporta este género con filamentos solitarios y células en forma de barril, pero difiere con esta población en sus tricomas que son de 4-6  $\mu\text{m}$  de diámetro, los de esta población son mucho menores a este intervalo. Es un primer reporte de este raro género para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta secas (18/03/2012), muestra C394.

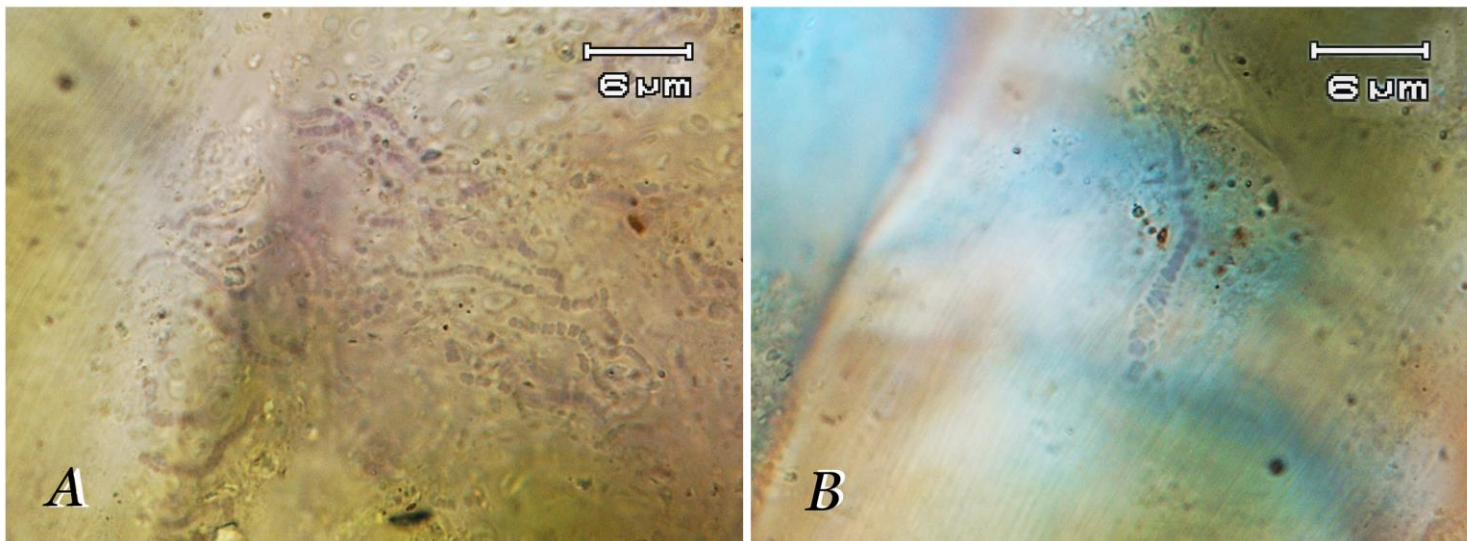


Figura 47. *Hormoscilla* sp. A) crecimiento de filamentos rastreros sobre la vaina de *Scytonematopsis*, B) vista de las células y la vaina.



$\mu\text{m}$

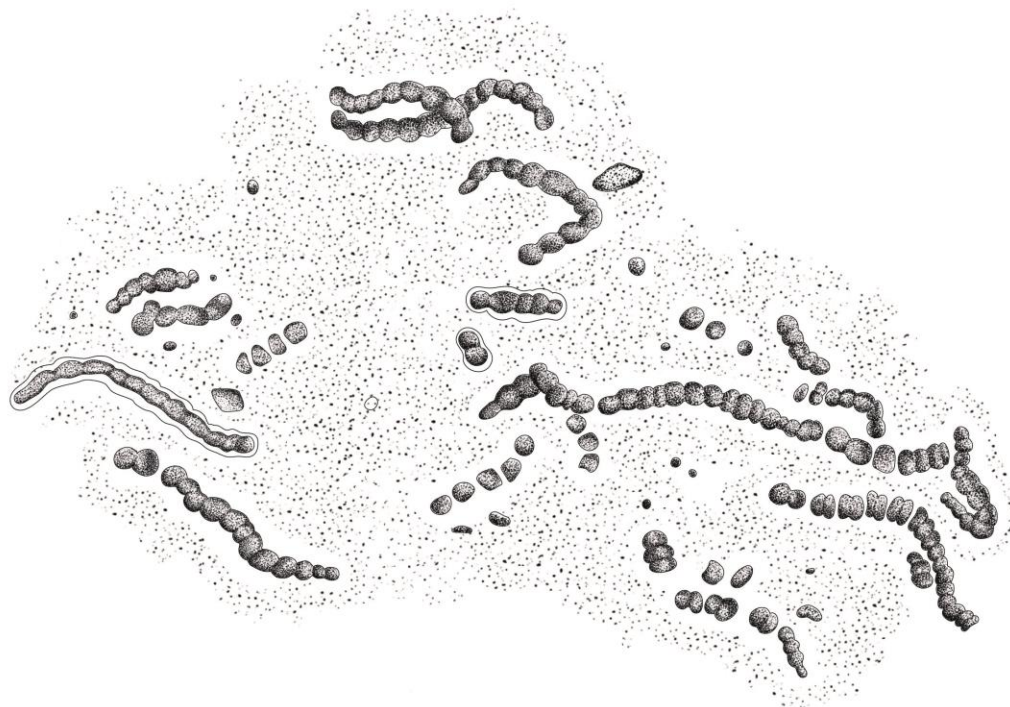


Figura 48. *Hormoscilla* sp. Detalle de los filamentos y células. Escala 6  $\mu\text{m}$ .



## Nostocales

### Scytonemataceae

***Kyrtuthrix* Ercegović, 1929**

***Kyrtuthrix* cf. *maculans* (Gomont) I. Umezaki 1958**

(Figs.49A-D,50A-F,51,52A-C)

Talo cespitoso, erecto a rastrero creciendo perpendicular al sustrato carbonatado de 74-203  $\mu\text{m}$  de alto (Figs.49A, 50A-C, 51). Filamentos isopolares en forma de U verde olivo con un lazo (loop) en la base. Filamentos de (3) 6-9  $\mu\text{m}$  de diámetro (Figs.49C-D,50F,52A). Tricomas uniseriados y muy constreñidos hacia los septos, atenuados mas o menos abruptamente y con células apicales más pequeñas pero del mismo color que el resto del tricoma (49C, 50F, 52B-C). Células en forma de barril y frecuentemente con forma de cono truncado de color verde brillante de 1-2.6  $\mu\text{m}$  de ancho por 1.6-2.7  $\mu\text{m}$  de largo (Figs.49C,50F,52B). Heterocitos intercalares en forma de barril de 5  $\mu\text{m}$  de ancho por 3.5  $\mu\text{m}$  de largo (Figs.50F,52B). Vaina colonial hialina, firme y de color marrón-dorado hacia la parte terminal superior (Fig.50D-E,51).

**Hábitat:** Intermareal (intermareal), epilítica adherida fuertemente a la roca y ligeramente dentro del sustrato hacia la parte basal de los filamentos. Creciendo sobre roca sedimentaria calcárea y entre conchas de moluscos y material orgánico.



**Notas:** Reportes de esta especie en el mundo incluyen a Umezaki (1961), Sant' Anna (1985), Silva (1999), Silva-Pienaar (2000), Montoya (2003), Crispino & Sant'anna (2006) y Komarek (2013); en México, las poblaciones registradas anteriormente en Playa Muñecos (González-Resendiz *et al.*, 2014) corresponden con la descripción registrada en las poblaciones del presente trabajo. Adicionalmente en costas mexicanas ha sido reportada para el Pacífico (León-Tejera *et al.*, 2005 y González-Resendiz *et al.*, 2015), dichas poblaciones difieren con respecto de estas sobre todo en que el tamaño de la colonia, del filamento y diámetro de las células que son menores en nuestro caso. Esta especie se ha registrado siempre en ambientes marinos. El género *Kyrtuthrix* sólo tiene dos especies descritas *K. dalmática* y *K. maculans* ambas especies son morfológicamente muy parecidas pero difieren en algunos casos sólo en el tipo de crecimiento euendolítico en *K. dalmática* y epilítico o parcialmente endolítico en *K. maculans*. Estas poblaciones son morfológicamente más parecidas a *K. maculans* por tanto consideramos poner "cf." *maculans*. Primer reporte para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Secas (18/3/2012), lluvias (18/10/2012), muestras C390, C1393.



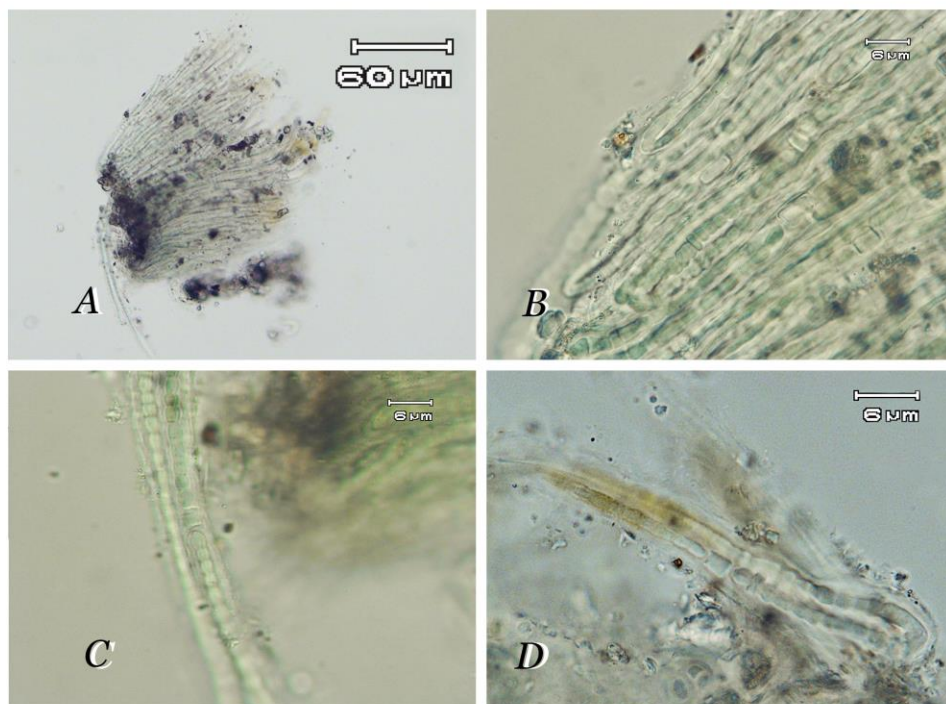


Figura 49. *Kyrtothrix cf. maculans*. A-B) talo, C) filamentos con alas y heterocitos intercalares, D) células y vaina, E) filamento plegado completo con atenuación.

.

.

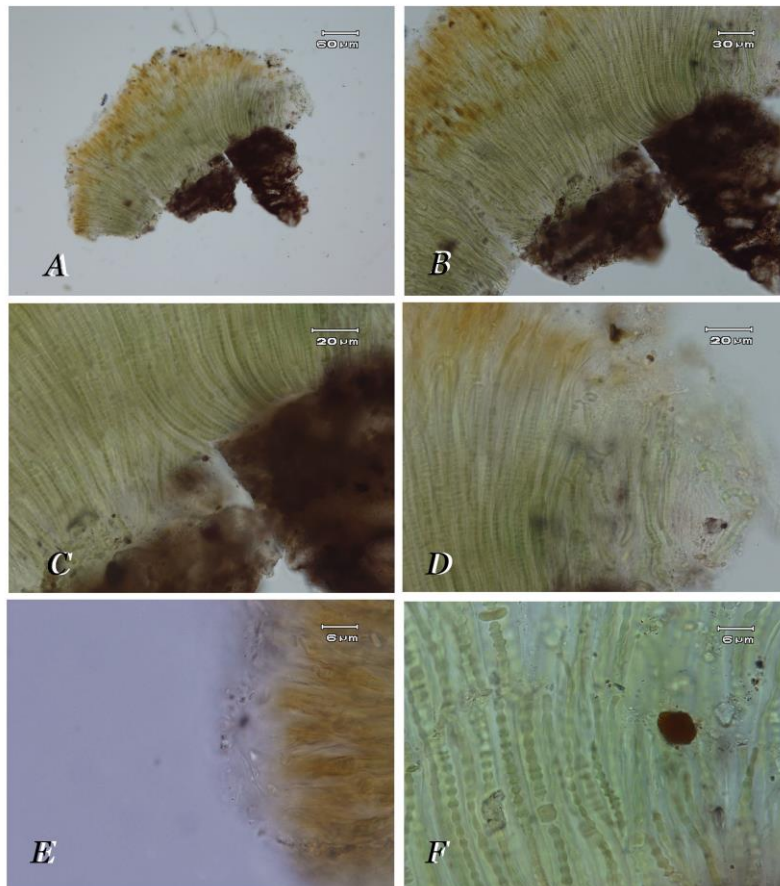


Figura 50. *Kyrtothrix cf. maculans*. A) talo creciendo perpendicular al sustrato, B) filamentos inmersos ligeramente en el sustrato en su parte basal, C) detalle de la forma de células truncadas, heterocitos y vaina, D) asas (loops) en la base de los filamentos, E) vaina común en la parte superior del talo, F) células en forma de cono truncado.



μm

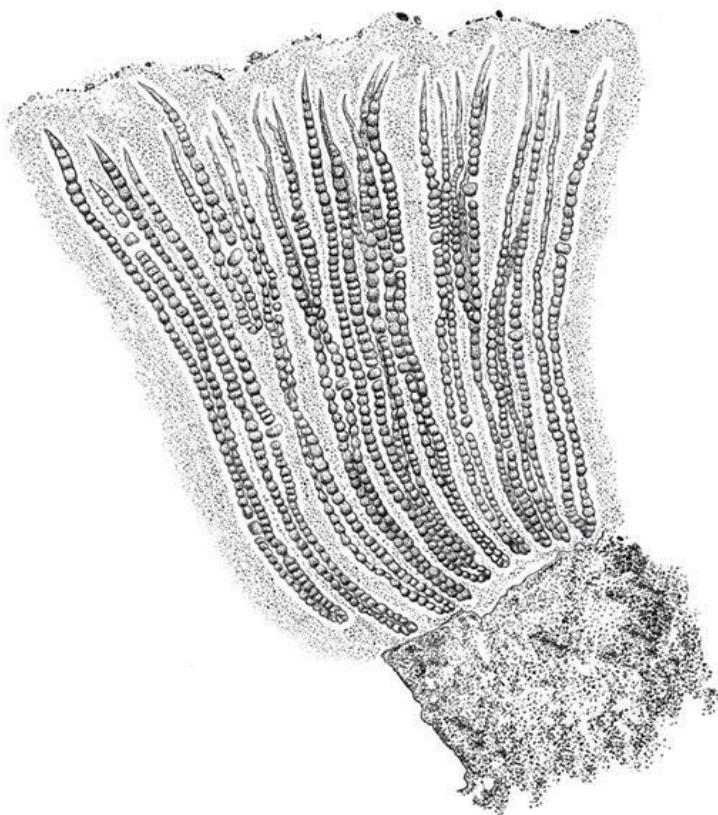


Figura 51. *Kytuthrix cf. maculans*. Talo adherido a la roca. Escala 20 μm.

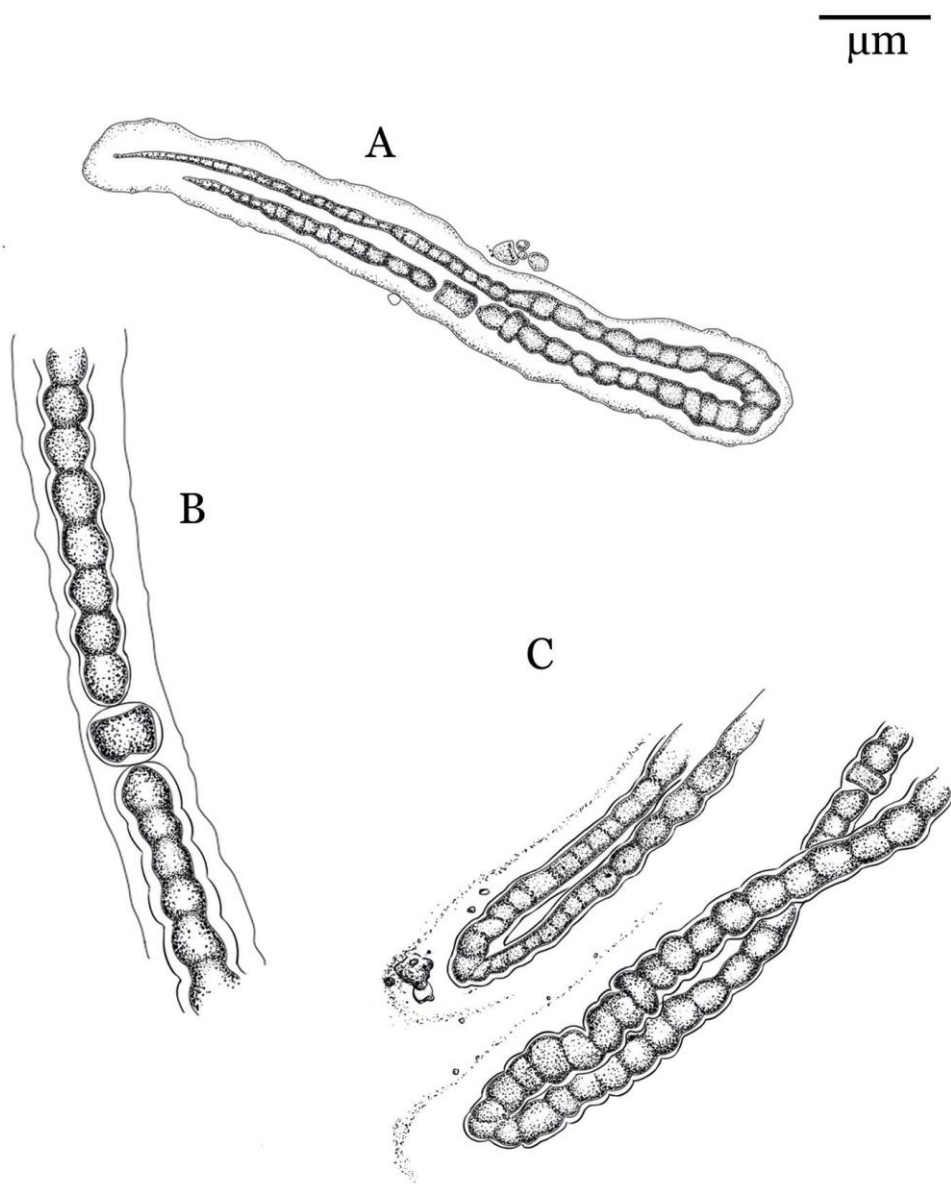


Figura 52. *Kyrtothrix* cf. *maculans*, A) filamento completo con vaina, B) heterocito, células truncadas y vaina, C) detalle de los tricomas. Escala 6  $\mu\text{m}$ .



***Petalonema* Berkeley ex Correns 1889.**

***Petalonema* cf. *incrustans* (Kützting 1849).**

(Figs.53A-F,54A-C)

Tapete cespitoso, esponjoso, grueso y de color verde azul (Figs.53A,54A). Filamento isopolar de color verde-azul brillante de 8-16  $\mu\text{m}$  de diámetro que al plegarse forma lazos (loops), (Figs. 53B-E, 54C). Pueden presentar ramificación geminada falsa simple o en pares (Fig.53C). Tricomos verde brillante, curvados y rectos cuando forman parte de ramas o lazos (Fig.53E,54A). Vaina firme de color ocre claro a dorado oscuro, estratificada, cerrada en forma de túnel y ensanchada en los ápices (Figs.53F,54B). Células en forma de barril de color verde-azul intenso, muy constreñidas hacia los septos de 3-6  $\mu\text{m}$  de ancho y de 2-4  $\mu\text{m}$  de largo (Figs.53E, 54C). Heterocitos intercalares en forma de barril color café claro (Figs.53E,54C). Hormogonio isopolar de 18-23  $\mu\text{m}$  de largo color verde oliva y con heterocitos en sus extremos (Fig.53D). Se observó que los lazos se desarrollan con heterocitos en ambos extremos del lazo; según González-Resendiz (com. pers. 2016) se podrían considerar unidades de reproducción.

**Hábitat:** Epilítica en la zona supramareal y intermareal-alta, sobre roca sedimentaria en morro rocoso de origen ígneo extrusivo, en el arco del morro con radiación solar indirecta.

**Notas:** Estas poblaciones son morfológicamente similares a *Scytonema incrustans*, que Komárek en 2012 separa y propone como entidad. *P. Incrustans*. y que Komárek (2013) reporta para ambientes epicontinentales. Para México, González-Resendiz *et al.*, (2015), hace anotaciones taxonómicas similares a poblaciones registradas para las costas del pacífico y morfológicamente estas



poblaciones coinciden con estas en dimensiones celulares y del filamento, ramificaciones falsas en pares, la forma del crecimiento de cojinete, vaina estratificada, forma celular y la disposición de los lazos. Aunque González-Resendiz la asigna como *Petalonema* sp., en este trabajo se asigna "cf." para el epíteto específico *incrustans*, porque aunque tiene parecido morfológico con las poblaciones reportadas por Komárek (2013), difiere en ambiente y la morfometría de estas poblaciones está en el límite inferior de lo anotado por este autor. Primer reporte para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta secas: (18/03/2012, 01/03/2014, 14/04/2013, 8/3/2015)

muestras: C385,C389,C393,C400,C401,C405,C1127.

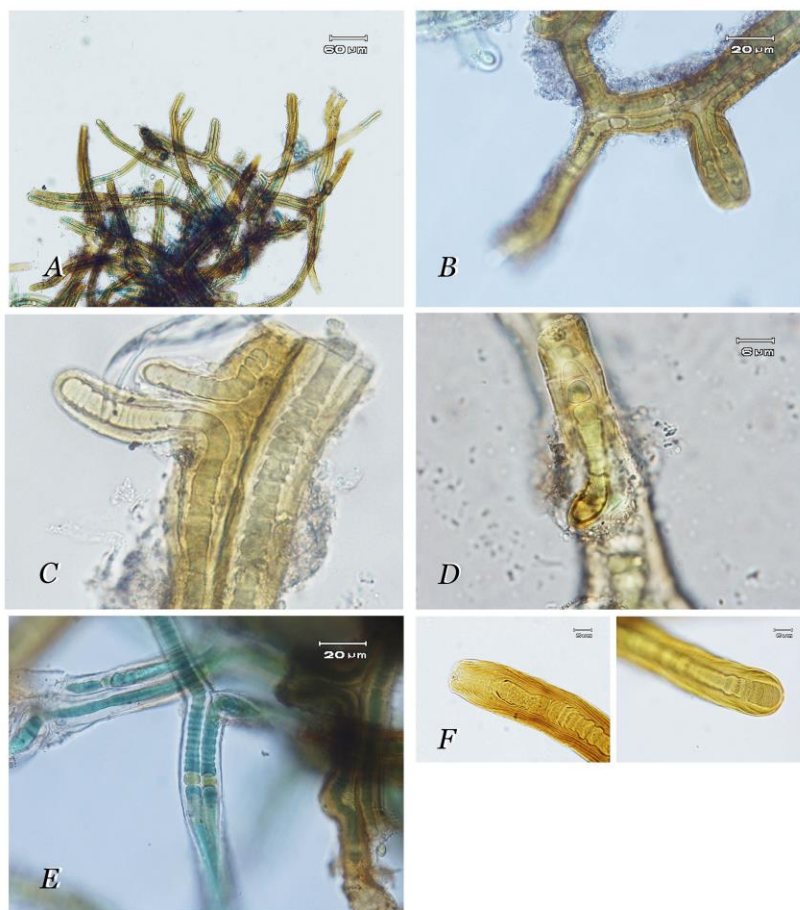


Figura 53. *Petalonema cf. incrustans*. A) sección de talo con los filamentos enredados y lazos, B) detalle de loop con heterocitos laterales, C) ramificación falsa geminada, D) detalle de hormogonio isopolar, E) heterocitos en pares, F) vaina en forma de túnel estratificada y ápice del filamento.

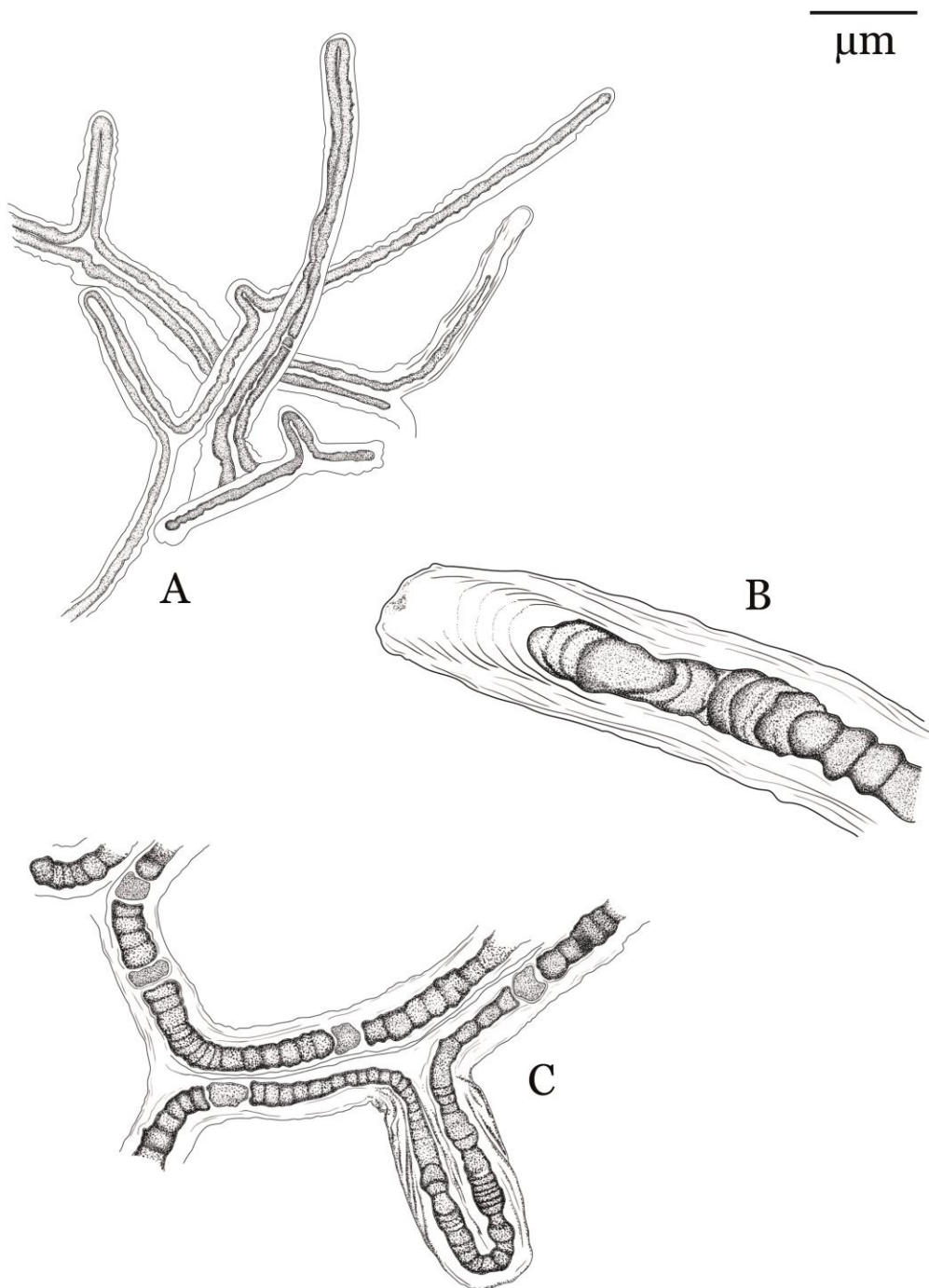


Figura 54. *Petalonema cf. incrustans*. A) detalle del talo, B) detalle de la vaina estratificada y célula apical, C) asas y heterocitos. Escala, A) 60  $\mu\text{m}$ , B) 6  $\mu\text{m}$ , C) 20  $\mu\text{m}$ .





**Scytonematopsis E.I. Kiseleva 1930.**

**Scytonematopsis crustacea (Thuret ex Bornet & Flahault) Koválik & Komárek**

**1988**

(Figs.55A-G,56,57A-C)

Talo cespitoso postrado, a veces rastrero de 340-650 $\mu$ m de alto (Figs.55A,56). Filamentos adultos verde-azul brillante, isopolares, arreglados paralelamente y firmemente adheridos al sustrato de 9.5 a 20  $\mu$ m de diámetro (Figs.55C,57A). Tricomas rectos, uniseriados a veces curvados y con células constreñidas hacia los septos (Figs.55E,56). Atenuación suave con células hialinas formando un pelo largo (Figs.55F-G,57C). Heterocitos intercalares en forma de barril a semiesféricos, de color café claro (Figs.55C,57A). Vaina individual firme, gruesa, estratificada de color café a hialina (Fig.55E). Células en forma de moneda o barril de color verde-azul brillante 7.5-9 $\mu$ m de ancho por 1-3 $\mu$ m de largo (Figs.55C-E,57A). Reproducción por hormogonios isopolares (Fig.55D).

**Hábitat:** Intermareal, epilítica sobre roca sedimentaria en la plataforma de roca ígnea extrusiva. Epizooica creciendo sobre balanos y otros micro invertebrados sésiles. Impórtate estructurador de las comunidades algales.

**Notas:** Nuestro material coincide en morfología general y a nivel especie con lo descrito para *Calothrix crustacea* en Bornet.& Flahault (1886), Komárek (2005) y con las poblaciones reportadas como "cf." para el Pacífico mexicano por González-Resendiz (2015). En todos los casos se trata de organismos epilíticos de toda zona intermareal y presentan algún grado de variabilidad morfológica sin perder los caracteres importantes de la especie. El género ya fue reportado para Playa Muñecos por González-Resendiz (2014) por lo anterior se asigna un



epíteto específico a este conjunto de poblaciones. Primer reporte para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta secas, lluvias (18/03/2012,18/10/2012,14/04/2013,8/3/2015),  
muestras: C382, C388. C390, C404, C406, C1388, C1396, C1119, C1420 ,  
C1421, C1413.

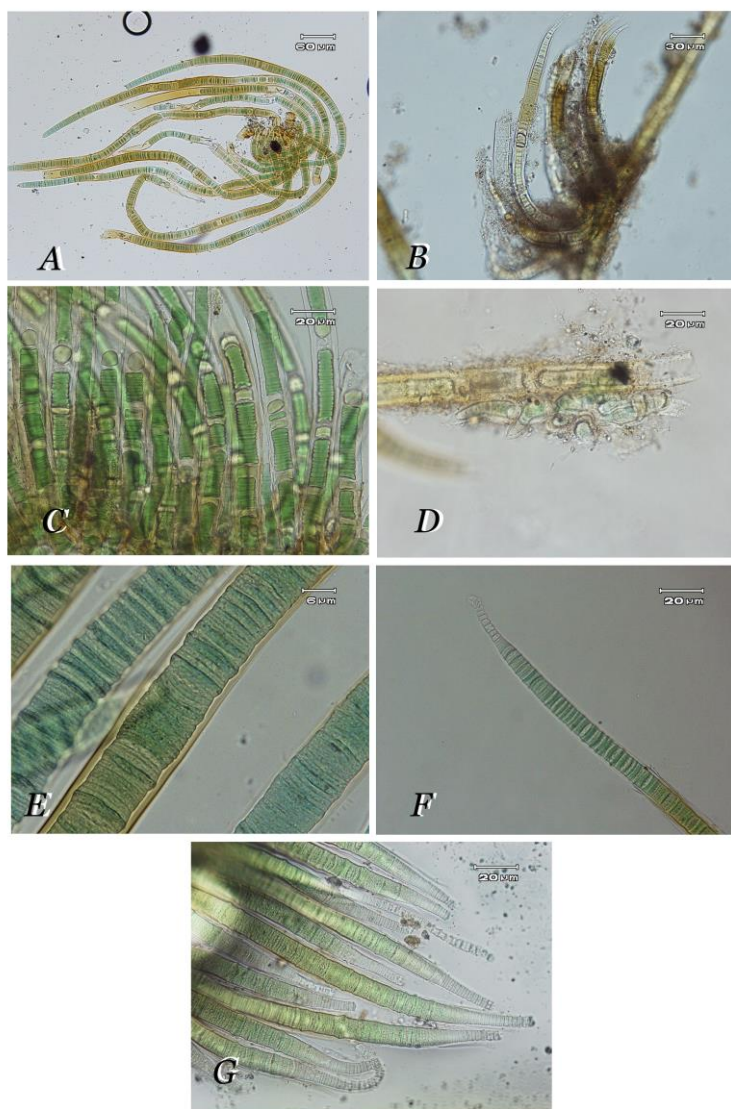


Figura 55. *Scytonematopsis crustacea*. A-B) talo color verde brillante con isopolaridad, C) heterocitos intercalares y células, D) hormogonios, E) vaina estratificada, F-G) atenuación del filamento.



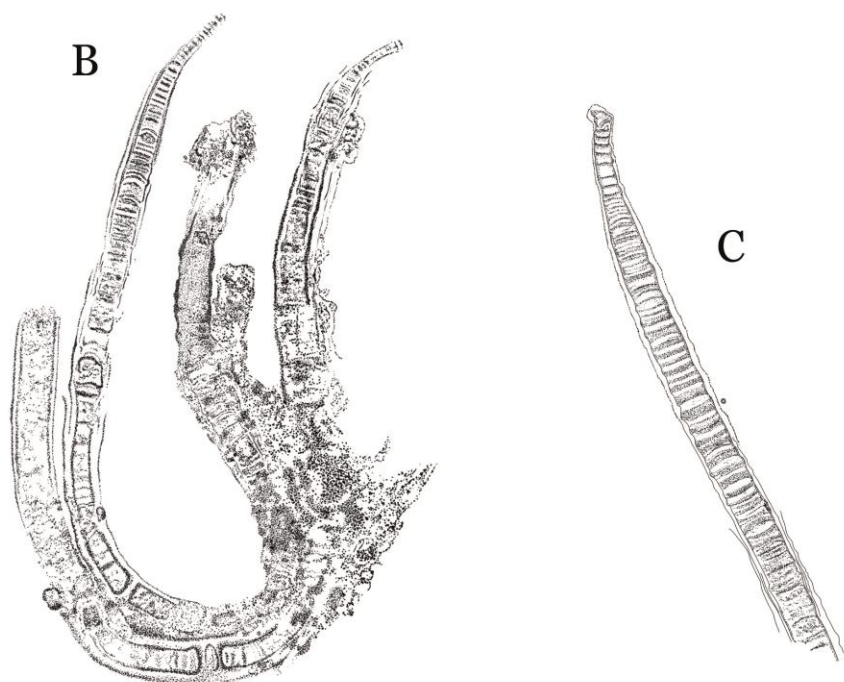
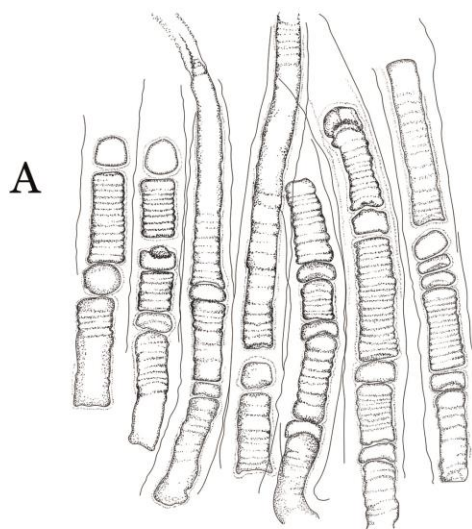
$\mu\text{m}$



Figura 56. Talo de *Scytonematopsis crustacea*. Escala 60  $\mu\text{m}$ .



μm



C

Figura 57. *Scytonematopsis crustacea*. A) filamentos con heterocitos intercalares, B) filamentos isopolares, 52C) atenuación. Escala, A) 20μm, B) 30 μm, C) 6 μm.



## Rivulariaceae

### ***Calothrix* Agardh ex Bornet et Flahault, 1886**

#### ***Calothrix* cf. *confervicola* C.Agardh ex Bornet & Flahault 1886.**

(Figs.58.A-F,59A-D)

Talo cespitoso, erecto o semipostrado de 130-179  $\mu\text{m}$  de alto (Fig.58A). Filamentos heteropolares de 2- 5.5  $\mu\text{m}$  de diámetro agrupados paralelamente y ligeramente en forma radial, parte basal a veces creciendo dentro del sustrato arcilloso (Figs.58B-E,59A). Tricomos rectos, uniseriados y ligeramente constreñidos hacia los septos. Atenuación aguda que termina en un pelo muy largo formado de células hialinas (Fig.58C-F,59C,D). Vaina individual hialina, firme, delgada y estratificada. Heterocitos basales semiesféricos y muy juntos entre sí (Fig.58D,59B). Células verde-azul opaco más anchas que largas de 2-3.8  $\mu\text{m}$  de ancho por 0.9.- 1.5  $\mu\text{m}$  de largo con gránulos de reserva (Figs.58C-E). No se observaron hormogonios.

**Hábitat:** En la plataforma rocosa ígnea de la zona intermareal.

**Notas:** Este material coincide a lo propuesto por Bornet & Flahault (1885), De Toni (1907), Tilden (1910), Geitler (1932) Umezaki (1961) y en Komárek (2013) en la forma de crecimiento erecto característico del género, heterocitos basales, ausencia de vaina común, las atenuaciones con pelo muy largo y células más anchas que largas. Sin embargo las dimensiones de estas poblaciones están muy por debajo de las medidas de los autores anteriores por lo cual se asigna como "cf".

**Ocurrencia:** Colecta secas (18/03/2012), muestras C398, C905.

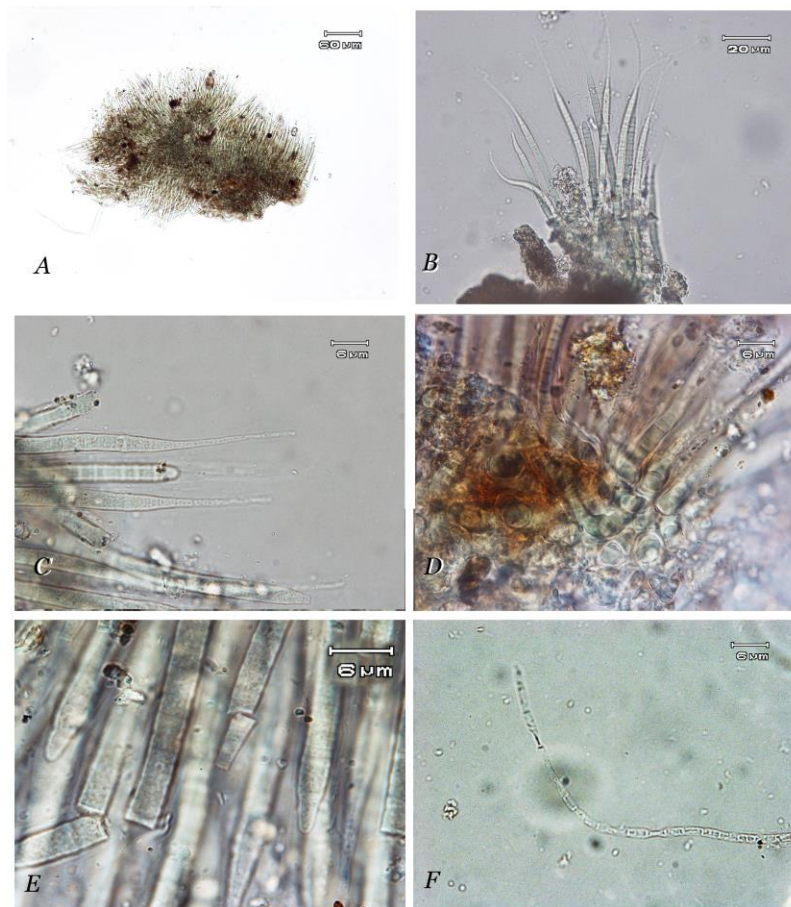


Figura 58. *Calothrix* cf. *confervicola*. A) .talo erecto, B-C) filamentos atenuados, D) heterocitos basales, E.) células, F) células hialinas del pelo terminal.

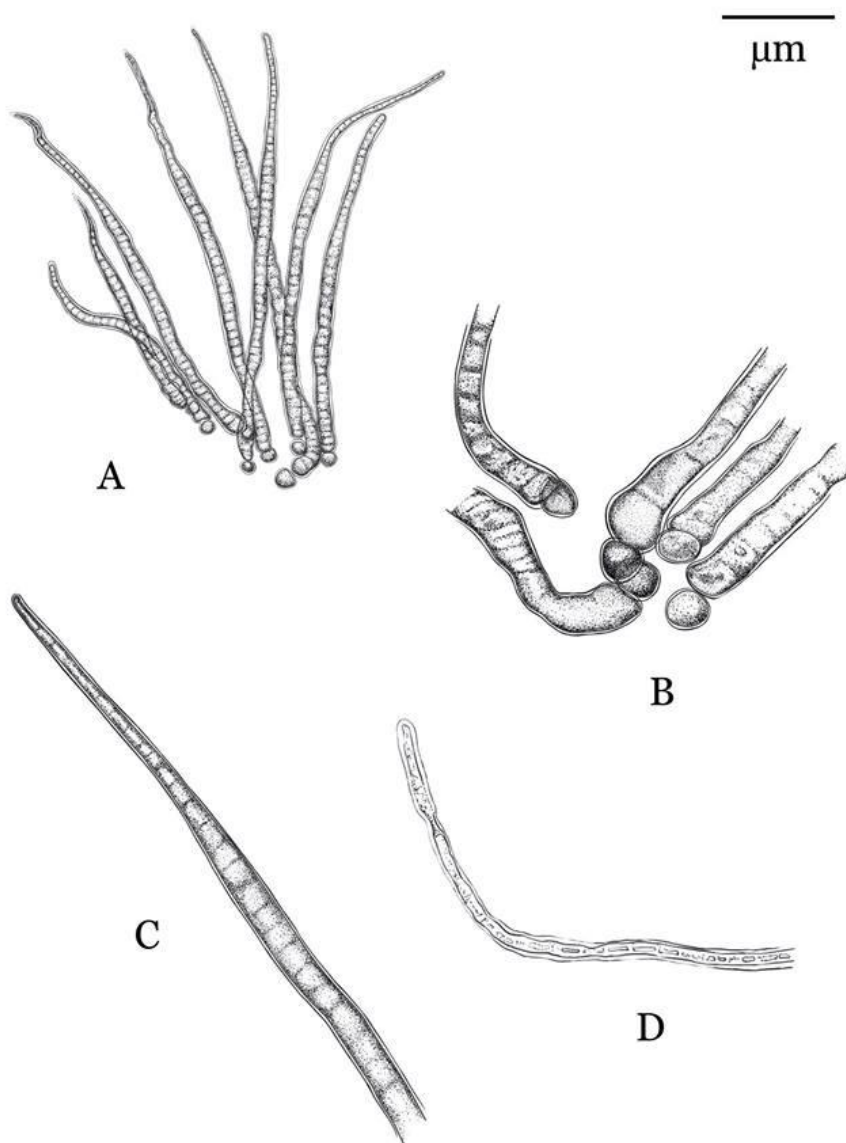


Figura 59. *Calothrix cf. confervicola*. A) talo erecto, B) detalle de heterocitos basales, C) atenuación del filamento, D) células del pelo terminal. Escala, A) 20  $\mu\text{m}$ , B-D) 6  $\mu\text{m}$ .





### ***Calothrix aestuarii* Gayral & Mazancourt 1958.**

(Figs.60A-C,61A-B)

Talo erecto y mas o menos perpendicular al sustrato de entre 70- 95  $\mu\text{m}$  de alto arreglado más o menos radialmente (Fig.60A). Filamentos heteropolares de color verde-azul brillante de 3.7-4.8 $\mu\text{m}$  de diámetro (Figs.60B,61B). Tricomas cilíndricos uniseriados, constreñidos hacia los septos, atenuados abruptamente y sin pelo terminal. Vaina delgada, firme y de color café claro (Figs. 60C, 61A). Heterocitos semiesféricos, basales y del mismo color del filamento. Células con forma semiesférica a discal de 2.3-5  $\mu\text{m}$  de ancho por 2.7-4  $\mu\text{m}$  de largo de color verde-azul brillante (Figs.60C,61A,B). Hormogonios del mismo color que los filamentos adultos(Fig.61A).

**Hábitat:** Epífita sobre talos de *Scytonematopsis* y *Rivularia* en la Intermareal

**Notas:** Esta población pertenece al grupo de *Calothrix* sin pelo terminal y es muy similar en morfología y dimensiones a *Calothrix aestuarii* marina en Gayral & Mazancourt (1958) y en Komárek (2013, Fig. 302). Se asigna un epíteto específico y se reporta por primera vez para el Golfo de México.

**Ocurrencia:** Colecta secas, lluvias (18/10/2012, 8/03/2015), muestras C830, C1421.

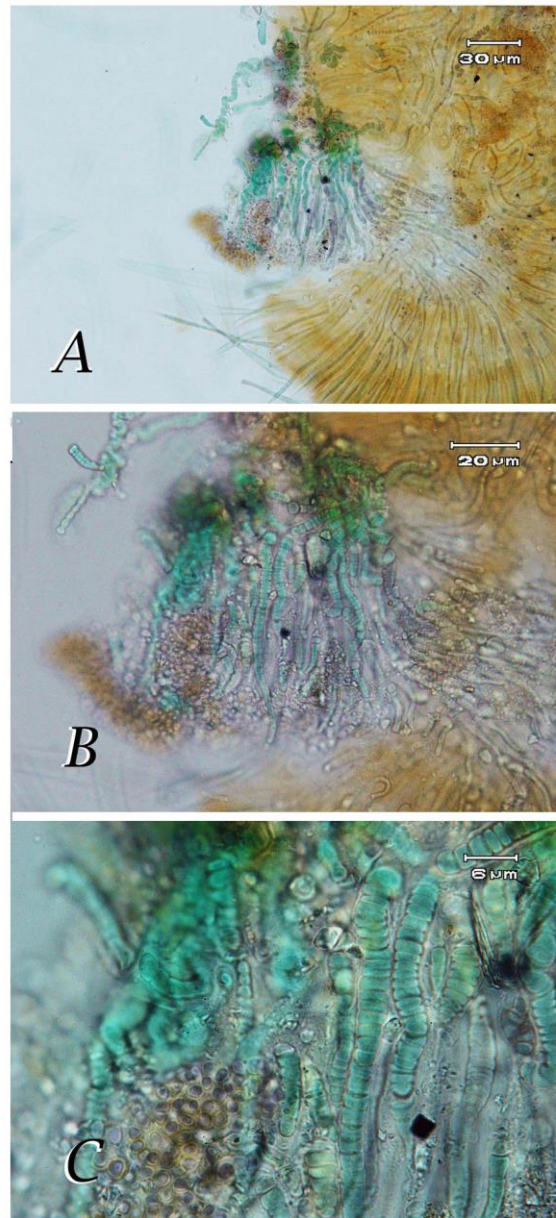
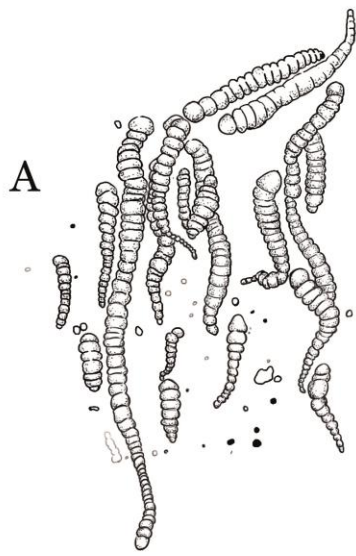
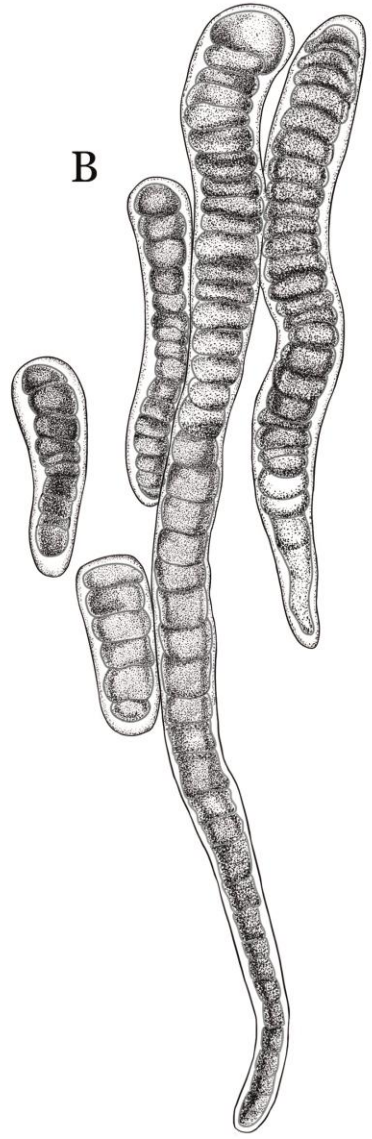


Figura 60. *Calothrix aestuarii*. A) talo epifitando a *Rivularia*, B) vista de los filamentos, C) detalle de vaina, células, heterocitos y atenuaciones.



A

μm



B



Figura 61. *Calothrix aestuarii*, A) detalle de los tricomas, B) filamentos de diferentes dimensiones y homogonios y vaina individual. Escala, A) 20 μm, B) 6 μm.



***Isactis Thuret ex Bornet et Flahault 1886***

***Isactis.cf. plana Thuret ex Bornet et Flahault 1886***

(Figs.62A-F,63A-D)

Talo plano rastrero de 135-17  $\mu\text{m}$  de alto de color verde oscuro con filamentos dispuestos paralelamente (Figs.62A-C,63A). Filamentos heteropolares de 5-7  $\mu\text{m}$  de diámetro (Fig.62E) con atenuación abrupta y con una prolongación en forma de pelo (Figs.62D,63D). Vainas individuales planas, hialinas e intercaladas en paralelo entre filamento y filamento (Figs.62E,63C). Tricomas rectos o ligeramente flexuosos de color verde oliva. Células de 1.6  $\mu\text{m}$  de ancho por 3  $\mu\text{m}$  de largo de color verde-azul opaco. Heterocito basal de 5-3  $\mu\text{m}$  de ancho a 4-2  $\mu\text{m}$  de largo de color verde claro (Figs.62F,63B).

**Hábitat:** Marina en la zona intermareal (intermareal) sobre plataforma de roca ígnea con insolación indirecta en costras de roca sedimentaria.

**Notas:** De acuerdo con Komárek (2013), Bornet & Flahault (1886); Geitler 1932 Fig. 418) esta población coincide a lo descrito por su forma de crecimiento, tener vainas individuales aplanadas e intercalando los filamentos, no poseer vaina común y ser de ambiente marino. Por otra parte las dimensiones registradas son muy inferiores a los autores aproximadamente por 5 micras de diferencia en el ancho del tricoma, por esta razón se asigna a este material el "cf."

**Ocurrencia:** Colecta secas (18/03/2012). Muestra C388.

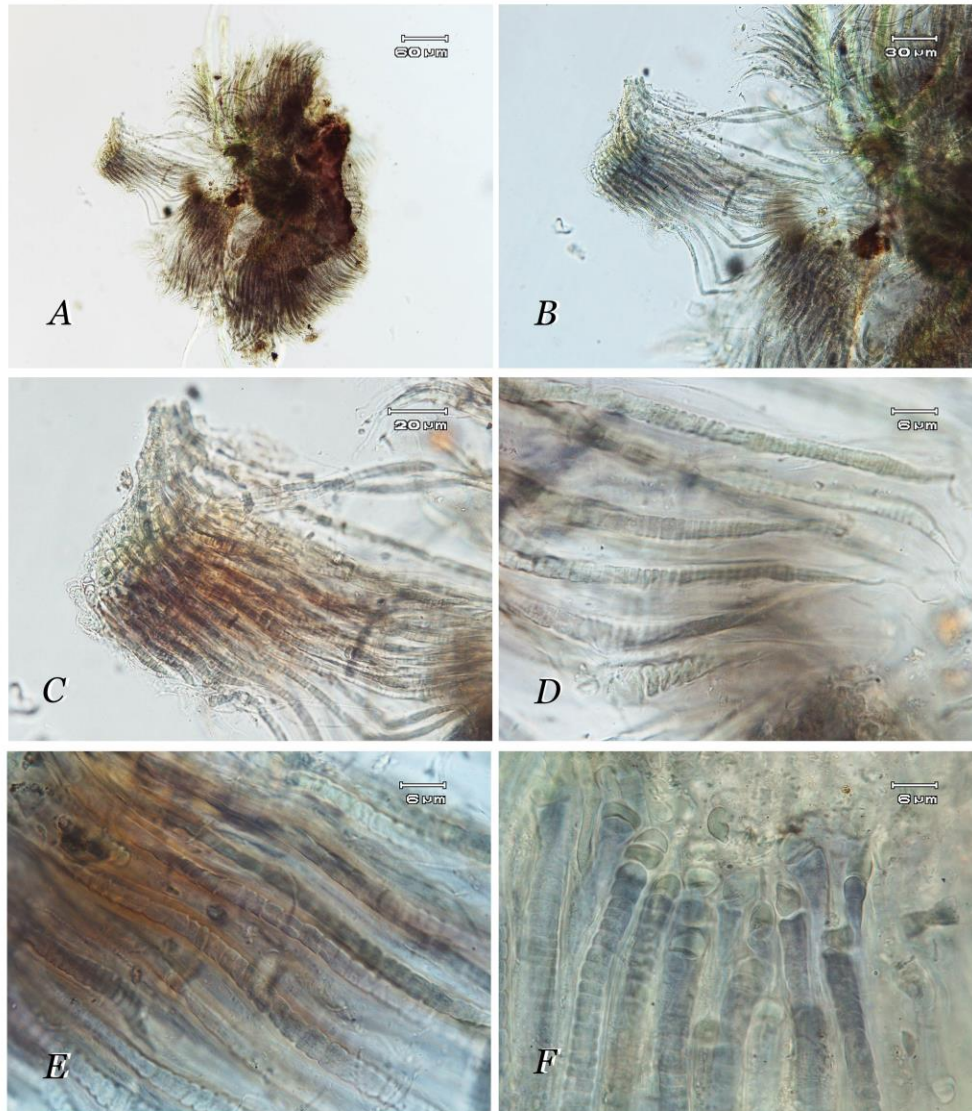


Figura 62. *Isactis cf. plana*. A) crecimiento del talo, B) vista de los tricomas con vaina aplanada, C) detalle del arreglo de los filamentos, D) atenuación de los filamentos, E) vainas superpuestas. F) células y heterocitos.

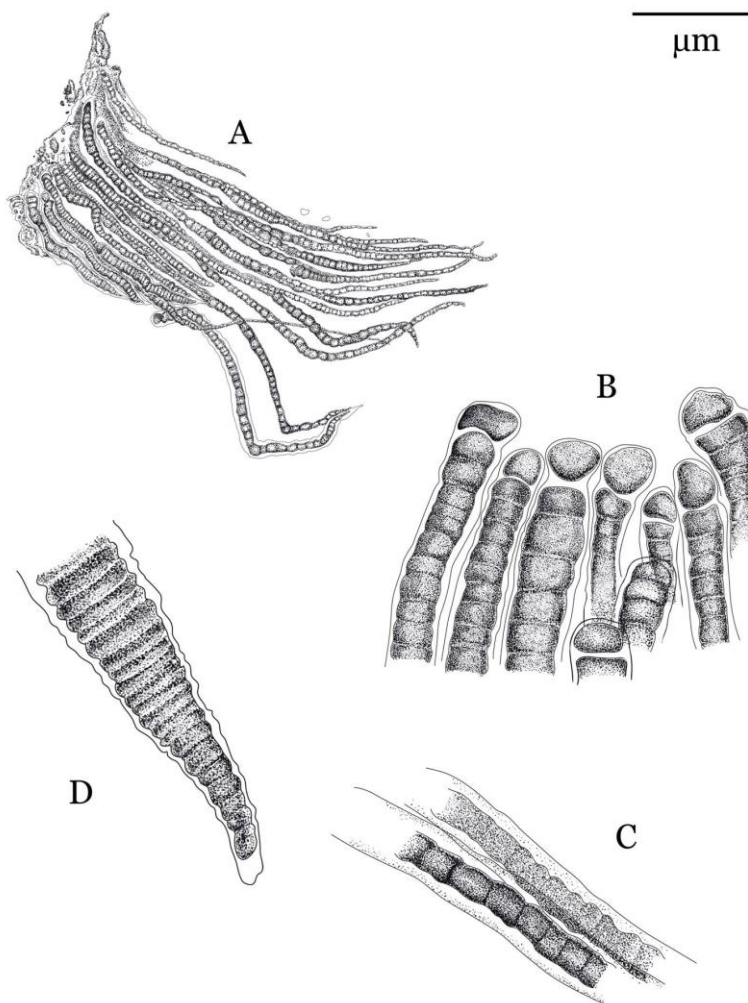


Figura 63. *Isactis* cf. *plana*, A) detalle del talo y filamentos, B) heterocitos y detalle de células, C) vainas intercaladas y planas, D) atenuación del filamento. Escala, A) 60  $\mu\text{m}$ , B-D) 6  $\mu\text{m}$ .



***Rivularia* [Roth] C. Agardh ex Bornet et Flahault 1886**

***Rivularia* cf. *atra* Roth ex Bornet & Flahault 1886**

(Figs.64A-D,65 A-D)

Talo formado por colonias de forma hemisférica de color verde claro en colonias jóvenes a verde oscuro en talos más maduros de 45-235µm de diámetro (Figs.64A,65A). Filamentos heteropolares de color verde grisáceo orientados con su atenuación hacia la parte superior y el heterocito hacia la parte basal y dispuestos radialmente e intercalados con respecto a la vertical (Fig.64B,65B). Tricomas uniseriados, rectos, ligeramente constreñidos a constreñidos de color gris verdoso y con células más anchas que largas con atenuación suave formando un pelo terminal compuesto de células hialinas isodiamétricas (Figs.64C,65B). Heterocito basal, semiesférico, de 4.9-5 µm, de color café claro (Figs.64C,65D). Vaina común de color verde oscuro de forma hemisférica y marrón dorado a hialina hacia la periferia (Figs.64B,65A). Vaina individual hialina y abierta hacia la parte terminal con un penacho de color marrón dorado. (Fig.65C). Células en forma de moneda más anchas que largas de color verde opaco de 1.5 - 3.4 µm de ancho por 1.5- 2 µm de largo (Figs.64C,65C). Hormogonios de color verde-dorado creciendo en las periferia de las colonias y saliendo de la vaina individual abierta de los filamentos.(Figs.64D,65D).

**Hábitat:** Epilitica adherida a costras de roca sedimentaria en plataforma rocosa de origen ígneo extrusivo en la zona intermareal.

**Ocurrencia:** Colecta secas (18/03/2012), lluvias (18/10/2012), secas ( 8/3/2015), muestras: C382, C406, C830, C905, C1388, C1396, C1421.



**Notas:** De acuerdo con la morfología y morfometría previamente estudiada en Bornet & Flahault (1885), De Toni (1907), Tilden (1910) Komárek (2005).y Crispino & Sant' Anna (2006). Estas poblaciones tienen un parecido notable en la forma de las colonias, células, la atenuación y apertura de la vaina en forma de penacho, pero presentan variaciones importantes en las dimensiones del filamento y celulares a los descrito en los autores anteriores. Se propone para este grupo de poblaciones el "cf. *atra.*"



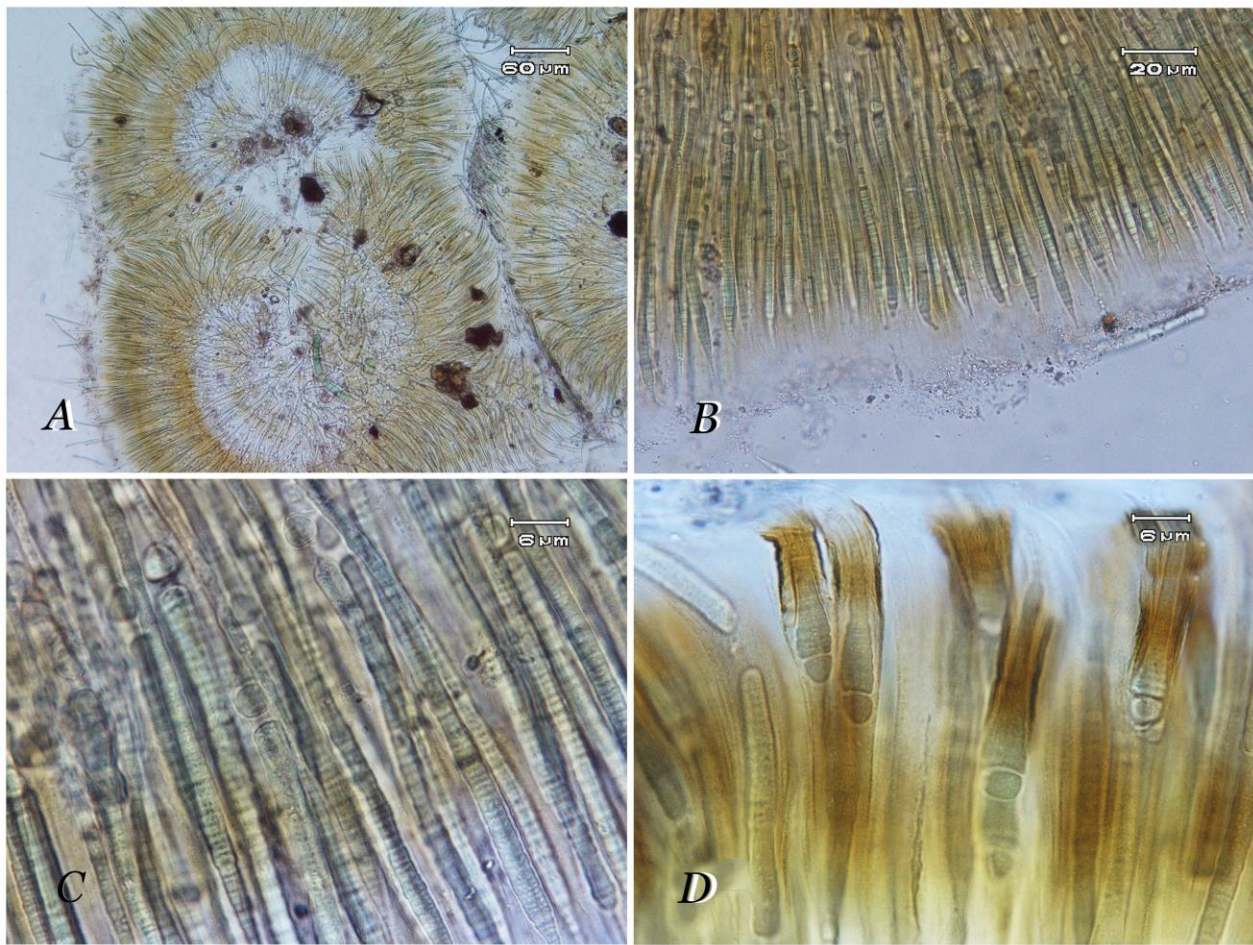


Figura 64. *Rivularia* cf. *atra*. A) talo. B) filamentos con atenuación y vaina común, C) células y heterocitos, D) hormogonios heteropolares saliendo de la vaina individual y común.

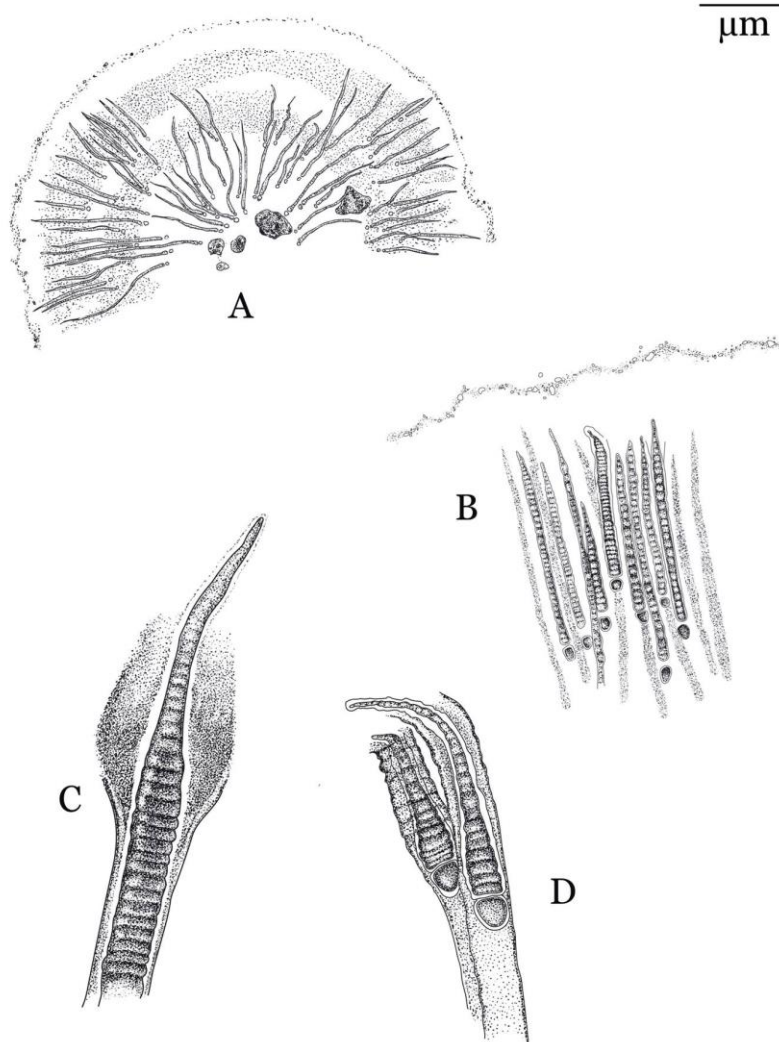


Figura 65. *Rivularia* cf. *atra*. A) talo hemisférico extendido, B) detalle de los filamentos paralelos entre sí e intercalados, C) atenuaciones y vaina en forma de penacho abierto, D) hormogonios.  
Escala, A) 60  $\mu\text{m}$ , B) 20  $\mu\text{m}$ , C-D) 6  $\mu\text{m}$ .



## VII DISCUSIÓN

Podemos considerar que este trabajo tiene dos aportaciones principales al conocimiento de los cianoprocariontes en una región poco estudiada del país como es la costa veracruzana. Por un lado contribuye al conocimiento del inventario de este grupo tanto en la localidad como en el estado de Veracruz y por otro presenta las primeras descripciones morfológicas de 27 taxones.

Con relación al estado del conocimiento de cianoprocariontes bénticos en las zonas supramareal e intermareales del litoral veracruzano, se puede evidenciar que es prácticamente desconocido, ya que con este estudio detallado de una sola localidad donde se determinaron 27 morfoespecies de once familias y cinco órdenes, aumentó en un 77.4% el número de taxones del inventario conocido (55 taxones). En particular de las 27 morfoespecies descritas, 24 constituyen nuevos reportes para el estado de Veracruz y aún para el Golfo de México. Esto podría indicarnos que la riqueza taxonómica de este grupo tanto en el estado de Veracruz como en el Golfo de México, podría ser mucho mayor a la reportada hasta el momento.

Previo a la realización de este estudio, para el inventario del estado de Veracruz, los órdenes que registraban mayor riqueza eran *Oscillatoriales* con doce especies y *Nostocales* con once especies, mientras que de acuerdo a los resultados de este trabajo en Playa Muñecos tenemos que aunque hubo un aumento general en el número de taxones, los órdenes más diversos son ahora *Chroococcales* y *Nostocales* con 16 spp y *Oscillatoriales* con 15 spp. De acuerdo con esto es claro que este estudio contribuyó en especial a un aumento en el conocimiento del Orden *Chroococcales* ya que la riqueza taxonómica conocida pasó de 5 a 16 especies. Muy posiblemente esto puede



deberse a que como la mayor parte de las Chroococcales son de talla muy pequeña y crecen como epífitas se distribuyen espacialmente en toda la zona intermareal sobre otras algas o cianoprocariontes, son difíciles de detectar en estudios florísticos de macroalgas que han sido hasta este momento la principal fuente de registros de este grupo de organismos.

Respecto al conocimiento de los cianoprocariontes nostocales de la zona intermareal y supramareal tropical en México se ha visto que son uno de los componentes mas conspicuos de estas zonas; sin embargo se tienen pocos estudios previos, uno para Playa Muñecos, de González-Resendiz *et al.* (2014) donde se reportaron a nivel género seis taxones y dos estudios para el Pacífico de González-Resendiz *et al.* (2013, 2015) donde registraron ocho taxones. En esta tesis se determinaron para la zona supra e intermareal siete especies de Nostocales coindiendo con lo reportado a nivel de género por dichos autores: *Calothrix*, *Kyrtuthrix*, *Scytonematopsis* y *Petalonema*. González-Resendiz y colaboradores. (2013, 2015) reportan para el Pacífico *Brasilonema* sp., *Ophiothrix* sp., *Myochrotes* sp. y *Hassallia littoralis* que no han sido reportadas en este trabajo, ni previamente en el Golfo de México. En este trabajo no se registraron morfotipos similares a estos cuatro taxa lo cual puede deberse a que se registraron únicamente en la franja de la supramareal la cual está mejor representada en la zona estudiada del Pacífico a diferencia de Playa Muñecos que tiene una supramareal menos desarrollada y/o a que Huatulco está en una región geográfica totalmente distinta. *Petalonema* cf. *incrustans* es la única especie que coincide en presentarse en la zona supramareal tanto en estos estudios del Pacífico como en el nuestro.

Esto podría indicar que el componente de cianofitas hererocistas es probablemente común en la zona intermareal en distintas regiones, pero que



su composición y riqueza puede estar influenciada por las características geográficas, geológicas y/o ambientales particulares como tipo de sustrato, altitud, o la fuerza del oleaje sobre los crecimientos de estas algas en las localidades estudiadas

Acerca de la distribución espacial por zonas de marea tenemos que: en la zona intermareal y la franja supramareal de Playa Muñecos encontramos una distribución de cianoprocariontes heterogénea. La mayoría de las especies (16 spp) se encontró en las zonas intermareal media y baja; en la intermareal alta se presentan menos especies (3 spp) y en la supramareal solo dos especies. Pocas especies se encuentran en solo una zona y la mayoría se presenta en varias zonas de la plataforma rocosa y morro (ANEXO II). Esto se debe a que no todas las especies tienen los mismos intervalos de tolerancia a los factores ambientales que afectan en mayor grado a la zona supra eintermareal como son la insolación, desecación y exposición al oleaje. Por ejemplo, hallamos a *Petalonema* cf. *incrustans* en la supramareal y la intermareal alta en condiciones de sombra en oquedades pero con alta radiación solar en la periferia de sus microambientes, lo que explicaría la tolerancia por más tiempo a condiciones de poca humedad pudiendo dar soporte a otros taxones de Syneccococales y Chroococcales. Para el caso de Oscillatoriales, como en lo reportado para esta demarcación en González-Resendiz *et al.* (2014) estos taxones están restringidos a las pozas en la intermareal media y baja. Al estar sumergidos algunos de ellos, no están adheridos al sustrato sino que están enredados en macroalgas o unidos a los sedimentos. Los taxones heterocistosos están adheridos directamente sobre la superficie, en las fisuras y depresiones de las rocas. Aunque sobre la plataforma la radiación solar es directa durante casi todo el día, estos taxones están expuestos a insolación de media a baja por estar creciendo en estos microhábitats (pozas de marea y oquedades),



conservando una humedad alta y condiciones físico-químicas mas o menos constantes dentro de las mismas. El orden Chroococcales presentó solo dos taxones episámicos creciendo en cristales o gránulos muy pequeños (*Entophysallis* y *Asterocapsa*). La mayoría de los géneros cocoides, al ser epífitos, tuvieron la misma distribución espacial que las heterocistas epilíticas sobre las que crecen comúnmente. En las pozas de marea de la zona intermareal media y baja, hay sedimentos biogénicos de calcita, allí encontramos distribuida a *Hyella* creciendo como endolítica. Este taxón crece muy bien en los clastos aunque estos no estén sedimentados firmemente y cambien de posición constantemente debido el movimiento del oleaje. Resumiendo sobre los hábitos de crecimiento de los cianoprocariontes en esta localidad, tenemos que estos son muy heterogéneos (ANEXO II). Las formas filamentosas del orden Nostocales se encontraban creciendo de forma epilítica y en pocas ocasiones como epífitas (*Calothrix aestuarii*). Los filamentos de Oscillatoriales formaban marañas o tapetes, crecían como agregados episámicos o se enredaban con las heterocistas. La mayoría de los taxa de Chroococcales epifitan a filamentos de heterocistas epilíticas principalmente *Scytonematopsis crustacea*, *Petalonema* cf. *incrustans* y *Kyrtuthrix* cf. *maculans*. El hábito endolítico solo lo presentó *Hyella* cf. *caespitosa* y el euendolítico solo *Kyrtuthrix* cf. *maculans*.

Lo anterior podría apoyar la idea que se considere a los cianoprocariontes filamentosos heterocistas de la mayor importancia y dominantes en la estructura de estas comunidades en la zona supra e intermareal rocosa, tal como lo mencionan González-Resendiz *et al.* (2015) y Montoya (2003) para el Pacífico mexicano y peruano respectivamente. Los filamentos heterocistas forman el componente estructurador sobre el que crecen o epifitan otros grupos de cianoprocariontes, sus formas ramificadas y



vainas retienen la humedad y resisten a la desecación que se produce al bajar el nivel de marea y quedar expuestas a la insolación, son cruciales para las formas cocoides y otros cianoprocariontes muy pequeños ya que al estar firmemente adheridos a la roca por medio de mucilagos resisten el impacto del oleaje incluso muy fuerte. Los filamentos de Nostocales también retienen cantidades muy importantes de sedimentos que son hábitat de los géneros episámicos reportados en este trabajo; estos sedimentos que se adhieren o depositan alrededor de las vainas podrían estar influyendo en la cantidad y tipo de sedimentos en estos microhábitats. Adicionalmente es preciso comentar que estos filamentos representan también diversas funciones para protistas y microinvertebrados desde su sostén, hasta fuente de alimento de pequeños gasterópodos, equinoideos y otros microinvertebrados que al dejar sus exoesqueletos en las paredes, plataformas rocosas y pozas de marea; probablemente son importantes también como sustrato para géneros de cianoprocariontes euendolíticos como *Kyrtuthrix* y endolíticos como *Hyella* en este estudio.

Con respecto a la problemática taxonómica de los cianoprocariontes, ésta se encuentra actualmente generando muchos cambios en el sistema de clasificación. Por una parte los caracteres morfológicos que se consideran para la delimitación y determinación de este grupo de organismos son pocos, comparándolos con los de las algas eucariontes. Por otro lado, a partir de información de marcadores moleculares se han detectado grupos morfológicamente similares que tienen origen polifilético, reflejando convergencias en representantes de varios géneros y aún familias (Komárek *et al.*, 2014). Otro aspecto de esta problemática es la falta de taxónomos especialistas en esta área y que para México, debido a la falta de programas de apoyo y financiamiento adecuados tanto públicos como privados resulta



en la ausencia de trabajos de especialistas para este importante grupo de algas.

Para el estudio taxonómico de cianoprocariontes en las zonas litorales tropicales de México un dilema importante es la poca o casi inexistente literatura o claves especializadas para organismos bénticos marinos tropicales. Es verdad que utilizar claves, monografías, artículos así como micrografías e ilustraciones y otros documentos tradicionales para latitudes templadas y aguas epicontinentales, nos proveyo de una gran herramienta para realizar la caracterización morfológica de las muestras procesadas en este trabajo. Sin embargo, no es posible realizar la determinación taxonómica a nivel especie solamente con estos documentos ya que los morfotipos estudiados no necesariamente se parecen a los reportados para zonas templadas por tratarse de poblaciones de taxones que fueron caracterizados en latitudes remotas a México y creciendo en sitios con características ambientales muy diferentes. Por esta razón no se les asignó un epíteto específico a algunas de las morfoespecies de esta obra.

La tarea de caracterizar la morfología de las cianofitas es difícil, salvo excepciones de organismos marinos relativamente muy estudiados en la literatura como por ejemplo *Kyrtuthrix maculans*. En general se contó con pocas referencias como claves, descripciones, fotografías o ilustraciones de este grupo para zonas marinas tropicales, que hayamos podido utilizar en la tarea taxonómica tradicional para determinar la mayoría de nuestras poblaciones marinas. Sin embargo con esta documentación hemos podido determinar morfotipos semejantes a descripciones de géneros poco comunes o "raros" a nivel mundial como *Lithocapsa* y *Hormoscilla* y que representan el primer reporte del género para todo el litoral costero mexicano.





Esta primera aproximación en el conocimiento de este grupo para la localidad de Playa Muñecos es un precedente y referencia importante ya que se describe morfológica y espacialmente una parte de la biodiversidad de cianoprocariontes marinos bénticos, se reporta un número de especies relevante para una localidad, aumentando en 77.4% el número de especies de este grupo para la supra y intermareal veracruzana y adicionalmente tenemos 24 nuevos reportes de especies para el País.

Se espera que este trabajo sea de utilidad a los ficólogos y otros profesionales que necesiten conocer a los cianoprocariontes de esta localidad geográfica tan particular por su origen geológico. Es de suma importancia ampliar este tipo de trabajos de caracterización morfológica de cianoprocariontes hacia otros puntos del estado de Veracruz y del extenso litoral de México, ya que la taxonomía tradicional sigue siendo una de nuestras mejores herramientas para estimar y conocer la diversidad que tenemos en nuestro País.

Adicionalmente y no menos importante de mencionar sería el deseo que en el futuro se puedan complementar estos estudios taxonómicos tradicionales con el uso de otros criterios como son los marcadores moleculares, y de ser posible intentar desarrollar cultivos o la caracterización ecofisiológica de las especies más importantes, en lo que podríamos denominar estudios con aproximación polifásica. Todo ello contribuiría a generar información tanto sobre la diversidad taxonómica de nuestros litorales así como contribuir con datos que ayuden a ratificar o rectificar el posicionamiento sistemático de estos taxones.



## VIII REFERENCIAS

Aboal M., Asencio A. D., López-Jiménez E, (2003). Morphological, ultrastructural and ecological study of *Asterocapsa divina* Komárek (Chroococcaceae, Cyanobacteria) from a cave of Southeastern Spain .*Journal: Algological Studies* , vol. 109,no. 1, pp. 57-65.

Abed, R. M., Zein, B., Al-Thukair, A., & de Beer, D. (2007). Phylogenetic diversity and activity of aerobic heterotrophic bacteria from a hypersaline oil-polluted microbial mat. *Systematic and applied microbiology*, 30(4), 319-330.

Agard, Karl Adolf. 1824. *Systema Algarum Lunde*, Berlingianis 312 pp

Barrie, F. R., Buck, W. R., Demoulin, V., Greuter, W., Hawksworth, D. L., Herendeen, P. S., & Prud'homme Van Reine, W. F. (2012). *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Melbourne Code)*.

Anagnostidis, K., & Pantazidou, A. (1991). Marine and aerophytic *Cyanosarcina*, *Staniera* and *Pseudocapsa* (Chroococcales) species from Hellas (Greece). *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, 141-157.

Becerra Absalón Itzel 2014. Sistemática de la Familia Scytonemataceae. Tesis de de Doctorado pp:101

Bornet, E., & Flahault, C. (1885). Tableau synoptique des nostochacées filamenteuses hétérocystées. C. Syffert.

Bornet, E., & Flahault, C. (1888). Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France (Vol. 1).

Carta geológica mexicana 5a edición (1992). 22/02/2014, de Instituto de Geología de la UNAM Sitio web:<http://www.geologia.unam.mx/igl/index.php/difusion-y-divulgacion/212-carta-geologica-de-la-republica-mexicana/495-carta-geologica-de-la-republica-mexicana-5a-edicion>.

Charpy, L., Casareto, B. E., Langlade, M. J., & Suzuki, Y. (2012). Cyanobacteria in coral reef ecosystems: a review. *Journal of Marine Biology*.

Chu, H. J. (1952). Some new Myxophyceae from Szechwan province, China.

Crispino, L. M. B., & Sant'anna, C. L. (2006). Cianobactérias marinhas bentônicas de ilhas costeiras do Estado de São Paulo, Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, 29(4), 639.

De Los Ríos, A., Grube, M., Sancho, L. G., & Ascaso, C. (2007). Ultrastructural and genetic characteristics of endolithic cyanobacterial biofilms colonizing Antarctic granite rocks. *FEMS microbiology ecology*, 59(2), 386-395.



De Marsac, N. T. (2003). "Phycobiliproteins and phycobilisomes: the early observations." *Photosynthesis Research* 76(1-3): 193-205.

De Toni J. B. (1907) Myxophyceae, Eds. Aquilles Forti, *Sylloge Algarum Omnium*, , Vol. V.

Desikachary T.V. (1959). Cyanophyta. University of Madras, Botany Department. Academy press, New York and London. Indian council of agricultural research, New Delhi.

Dvořák, P., Poulíčková, A., Hašler, P., Belli, M., Casamatta, D. A., & Papini, A. (2015). Species concepts and speciation factors in cyanobacteria, with connection to the problems of diversity and classification. *Biodiversity and Conservation*, 24(4), 739-757.

Ercegović, A. (1925). Litofitska vegetacija vapnenaca i dolomita u Hrvatskoj. *Acta Botanica Croatica*, 1(1), 64-114.

Flores Davis J.G.I. (1975), Estudio florístico estacional de las algas marinas macroscópicas en los alrededores de la Playa Paraíso, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias, Escuela de Biología, Universidad Veracruzana. pp: 75

Flores, E.; Muro-Pastor, A. M.; Meeks, J. C.; BE Herrero, A. y Flores, E, (2008): Gene transfer to cyanobacteria in the laboratory and in nature. *Cyanobacteria: Molecular Biology, Genomics and Evolution*: 45-57

Frémy, P. (1934). Les cyanophycées des côtes d'Europe: avec 66 planches. Imprimerie R. Jacqueline.

García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (Adaptada para la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 246 pp

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

Geitler, L. (1932). Cyanophyceae. In: *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Ed. 2. (Rabenhorst, L. Eds) Vol. 14, pp. 673-1196, i-[vi]. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft.

Gomont, M. (1892 '1893'). Monographie des Oscillariées (Nostocacées Homocystées). Deuxième partie. - Lyngbyées. *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Série 7* 16: 91-264, pls 1-7.

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



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

González-Resendiz, L., León-Tejera, H. P., Díaz-Larrea, J., Alba-Lois, L., & Segal-Kischinevsky, C. (2013). *Hassallia littoralis* sp. nov. (Cyanobacteria, Microchaetaceae) from Mexico's marine supralittoral based on morphological and molecular evidence. *Phytotaxa*, 137(1), 35-47.

Guiry, M. D. (2012). How many species of algae are there?. *Journal of Phycology*, 48(5), 1057-1063.

Huerta M., L. y M. A. Garza Barrientos. (1964). Algas marinas de la Barra de Tuxpan y los arrecifes Blanquilla y Lobos. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.* 13(1-4): 5-21.

Huerta-Múzquiz, L., M. E. Sánchez-Rodríguez y M. L. Chávez-Barrera. (1977). Algas marinas de Isla de Enmedio, Veracruz. In: *Mem. V. Congr. Nac. Oceanogr. México, D.F.* pp. 314-325.

Hoffman, L. (1999). Marine cyanobacteria in tropical regions: diversity and ecology. *European Journal of Phycology*, 34(4), 371-379.

Humm, H. J. (1962) , *Marine Algae from the Gulf Coast of Texas and Mexico*, Publ, Institute of Marine Science, Texas University 8:265

Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1995). Nomenclatural novelties in chroococcalean cyanoprokaryotes.

Komárek, J. (1992). *Diversita a moderní klasifikace sinic (Cyanoprokaryota)* [Diversity and modern classification of Cyanobacteria (Cyanoprokaryota)]. Inaugural dissertation not published.

Komárek, J. (2012). Nomenclatural changes in heterocytous Cyanoprokaryotes (Cyanobacteria, Cyanophytes). *Fottea*, 12(1), 141-148.

Komárek, J. (2013). Cyanoprokaryota 3. Teil/ 3rd Part: Heterocytous genera. - In: Budel, B., Gartner, G., Krienitz L., & Schagerl, M. (eds): *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/3*, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 1130 pp.

Komárek, J. y Anagnostidis, K. (2005). Cyanoprokaryota 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. In: Budel B., Krienitz L., Gartner G. & Schagerl M. (eds): *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2*, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 759 pp

Komarek, J., & Anagnostidis, K. (1986). Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2-Chroococcales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 73(2), 157-226.



Komárek, J., & Komárková-Legnerová, J. (2007). Several rare freshwater planktic Cyanobacteria (Cyanoprokaryotes) from reservoirs in South America. *Hoehnea*, 34(1), 49-58.

Komárek, J., and K. Anagnostidis. (1999). Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. In H. Ettl, G. Gärtner, H. Heynig, and D. Mollenhauer (Eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/1, Gustav Fischer Verlag, Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm, Germany. 548 pp.

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

Kützing & Friedrich, T. (1843) *Phycologia generalis, oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange* (part II) F.A. Brockhaus, Leipzig, pp. 143–458.

León Tejera H, Pérez Estrada C, Montejano G, Serviere Zaragoza E. (2011). Biodiversity and temporal distribution of Chroococcales (Cyanoprokaryota) of an arid mangrove on the east coast of Baja California Sur, Mexico. *Fottea* 11(1): 235–244

Leon-Tejera, H., Gold-Morgan, M., & Montejano, G. (2009). Benthic Cyanoprokaryota (Cyanobacteria) of the Gulf of Mexico. . In book: *Gulf of Press*, Editors: Darryl L. Felder & David K. Camp, pp. 47-56.

León-Tejera, H., & Montejano, G. (2000). *Dermocarpella* (Cyanoprokaryota/Cyanophyceae/Cyanobacteria) from the pacific coast of México. *Cryptogamie Algologie*, 21 (3), 259-272.

Liebes, S. M. (1992). *An Introduction to Marine Biogeochemistry*. John Willey & Sons.

Margulis, L. (1970). *Origin of eukaryotic cells: evidence and research implications for a theory of the origin and evolution of microbial, plant, and animal cells on the Precambrian earth*. New Haven: Yale University Press.

Mayz-Figueroa, J. (2004). "Fijación biológica de nitrógeno." *Revista Científica UDO Agrícola* 4(1): 1-20.

Montejano G., (1998) .*Taxonomía de Cyanoprokaryota (Cyanophyta/Cianobacteria) epífitos del orden Chroococcales de la región Central de México*. Tesis Doctoral. Fac Ciencias, UNAM 271 pp.

Montejano, G., León-Tejera, H., & Hindák, F. (2008). New observations on the life cycle of *Asterocapsa divina* (Cyanoprokaryota, Chroococcaceae). *Algological Studies*, 126(1), 65-71.

Montoya-Terreros, H. (2003) *Poblaciones naturales y de cultivo del alga marina*



Kyrtuthrix maculans Gomont) Umezaki (Cyanophyta, Scytonemataceae), primer registro para la flora peruana. *Arnaldoa* 10 (1): 7-18.

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

Oren, A., Komárek, J., & Hoffmann, L. (2009). Nomenclature of the Cyanophyta/Cyanobacteria/Cyanoprokaryotes: What has happened since IAC Luxembourg?. *Algological Studies*, 17-26.

Ortega, M., J. Godínez-Ortega y G. Garduño. (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

Rippka, R., et al. (1979). "Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria." *Microbiology* 111(1): 1-61.

Sant'Anna, C. L. (1995). Cyanophyceae marinhas bentônicas do parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. *Hoehnea*, 22, 197-216.

Crispino, L. M. B., & Sant'anna, C. L. (2006). Cianobactérias marinhas bentônicas de ilhas costeiras do Estado de São Paulo, Brasil. *BRAZILIAN JOURNAL OF BOTANY*, 29(4), 639.

Rodríguez, M. E. S. (1980) Ficoflora del sustrato rocoso dentro de las costas del Golfo de México, México.

Schirrmeister, B. E., Antonelli, A., & Bagheri, H. C. (2011). The origin of multicellularity in cyanobacteria. *BMC evolutionary biology*, 11(1), 1.

Schopf, J. W. (2000). The fossil record: tracing the roots of the cyanobacterial lineage. *The ecology of cyanobacteria*, Springer: 13-35.

Schopf, J. W. (2014). Geological evidence of oxygenic photosynthesis and the biotic response to the 2400-2200 Ma "Great oxidation event". *Biochemistry (Moscow)*, 79(3), 165-177.

Setchell, W. A., & Gardner, N. L. (1918). New Pacific Coast Algae. Univ. Calif. Publ. Bot, 3, 466-466.

Silva, S. M., & Pienaar, R. N. (2000). Benthic Marine Cyanophyceae from Kwa-Zulu Natal,-South Africa.



Stanier, R. (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 and evolutionary microbiology* 28(2): 335-336.

Steinke, T. D., Ward, C. J., Lubke, R. A., & Sym, S. D. (2003). The distribution of algae epiphytic on pneumatophores of the mangrove, *Avicennia marina*, at different salinities in the Kosi System. *South African journal of botany*, 69(4), 546-554.

Tilden, J.E. (1910). Minnesota algae. Volume 1. *The Myxophyceae of North America and adjacent regions including Central America, Greenland, Bermuda, The West Indies and Hawaii*. Vol. 8 pp. i-iv, 1-328, pls I-XX. Minneapolis.

Ulçay, S., Taskin, E., Kurt, O., & Öztürk, M. (2015). Marine benthic Cyanobacteria in Northern Cyprus (Eastern Mediterranean Sea). *Turkish Journal of Botany*, 39(1), 173-188.

Umezaki, I. (1961) The marine blue-green algae of Japan. *Memoirs of the College of Agriculture, Kyoto University* 83: 1-149.

Vitek, P., et al. (2010). "Microbial colonization of halite from the hyper-arid Atacama Desert studied by Raman spectroscopy." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 368(1922): 3205-3221.

Wille, N. (1900). Algologische Notizen I-VI. *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne* 38(1): 1-27.

Whitton BA, Potts M (2000) Introduction to the cyanobacteria. In: Whitton BA, Potts M (eds) *The ecology of cyanobacteria: their diversity in time and space*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 1-11.

Zanchett, G. and E. C. Oliveira-Filho (2013). "Cyanobacteria and cyanotoxins: from impacts on aquatic ecosystems and human health to anticarcinogenic effects." *Toxins* 5(10): 1896-1917.



## IX ANEXOS

### ANEXO I

#### Especies reportadas en publicaciones y en este trabajo para Veracruz México

(Sin.=sinónimo, en negrita los reportes en este trabajo)

	Taxones	Localidades	Referencias
<b>Synecoccales</b>			
1	<i>Schizothrix arenaria</i> Gomont 1892	Sistema Arrecifal Veracruzano, Isla Verde, Isla Santiaguillo	Mendoza-González, A. C. & Mateo-Cid L. E. 1996. Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001
2	<i>Schizothrix gracilis</i> Golubic 1973	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
<b>Chroococcales</b>			
3	<i>Anacystis aeruginosa</i> (Zanardini) Drouet & Daily 1948	SAV, Isla Verde	Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001. Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C. & Galicia, C. 1996
4	<i>Anacystis dimidiata</i> (Kützing) Drouet & Daily 1952	SAV, Isla Santiaguillo	Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001. Mendoza-González, A. C. & Mateo-Cid L. E. 1985
5	<i>Aphanothece stagnina</i> (Sprengel) A.Braun 1863 <i>Sin. Coccochloris stagnina</i> Sprengel 1807	SAV, Isla Santiaguillo	Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001 Mendoza-González, A. C. & Mateo-Cid L. E. 1985
6	<i>Asterocapsa</i> sp.	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
7	<i>Asterocapsa</i> cf. <i>divina</i> Komárek 1993	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
8	<i>Chroococcus</i> sp.	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
9	<i>Cyanosarcina thalassia</i> Anagnostidis & Pantazidou 1991	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
10	<i>Entophysalis</i> sp.	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
11	<i>Entophysalis conferta</i> (Kützing) Drouet & Daily 1948	SAV, Isla Verde	Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C. & Galicia, C. 1996
12	<i>Entophysalis deusta</i> (Meneghini) F.E.Drouet & W.A.Daily 1948	SAV, Isla Santiaguillo	Mendoza-González, A. C. & Mateo-Cid L. E. 1985 Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001
13	<i>Entophysalis granulosa</i> Kützing 1843	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
14	<i>Gloeothece</i> cf. <i>incerta</i> Skuja 1964	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
15	<i>Gloeothece</i> cf. <i>rupestris</i> (Lyngbye) Bornet in Wittrock & Nordstedt 1880	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
16	cf. <i>Lithocapsa</i>	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
17	<i>Placoma violacea</i> Setchell & Gardner 1918	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
18	<i>Pseudocapsa marítima</i> Komárek 1956	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
<b>Pleurocapsales</b>			
19	<i>Dermocarpella</i> cf. <i>gardneri</i> H.León-Tejera & G.Montejano 2000	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
20	<i>Hyella</i> cf. <i>caespitosa</i> Setchell & N.L.Gardner 1918	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>





21	<i>Myxohyella socialis</i> (Setchell & N.L.Gardner) Geitler 1925 Sin. <i>Hyella socialis</i> Setchell & N.L.Gardner 1918	Playa Hermosa	Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C., Aguilar-Rosas, R. & Aguilar-Rosas, L. E. 2006
22	<i>Xenococcus cf. acervatus</i>	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
23	<i>Xenococcus</i> sp. <b>Oscillatoriales</b>	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
24	<i>Blennothrix lyngbyacea</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988	Balzapote, Veracruz SAV, Isla Verde Escollera Norte Barra Tuxpan Playa Muñecos Sistema Arrecifal Veracruzano, Isla Santiaguillo	Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C. & Galicia, C. 1996. Hernández-Sánchez 2016. Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001 <b>Hernández-Sánchez 2016</b>
25	<i>Blennothrix</i> sp.	Playa Muñecos	González-Resendiz 2014
26	<i>Coleofasciculus chthonoplastes</i> (Thuret ex Gomont) M.Siegesmund, J.R.Johansen & T.Friedl 2008 Sin. <i>Microcoleus chthonoplastes</i> Thuret ex Gomont 1892	Villa Rica, Punta Villa Rica	Ramírez, M. L. 1975 Sánchez, M. E. 1980 Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001
27	<i>Hormoscilla</i> sp.	Playa Muñecos	<b>Hernández- Sánchez 2016</b>
28	<i>Lyngbya aestuarii</i> Liebman ex Gomont 1892	Montepío, Punta Morrillos	Sánchez, M. E. 1980 Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001
29	<i>Lyngbya confervoides</i> C.Agardh ex Gomont 1892	SAV, Isla de Enmedio	Huerta-Múzquiz, L., Chávez, M. L., & Sánchez-Rodríguez, M. E. 1977 Sánchez, M. E. 1980
30	<i>Lyngbya majuscula</i> Harvey ex Gomont 1892	Arrecife de Lobos  SAV, Isla de Enmedio	Chávez, E. A., Hidalgo, E. & Sevilla, M. L. 1970 Huerta-Múzquiz, L., Chávez, M. L., & Sánchez-Rodríguez, M. E. 1977 Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001
31	<i>Lyngbya lutea</i> Gomont ex Gomont 1892 Sin. <i>Oscillatoria lutea</i> C.Agardh 1824	Playa Encantada SAV, Isla Santiaguillo Sistema Arrecifal Veracruzano, Isla Santiaguillo	León-Tejera, H., Gold-Morgan, M. & Montejano, G. 2009 Mendoza-González, A. C. & Mateo-Cid L. E. 1985
32	<i>Lyngbya</i> sp.1	Playa paraíso	Flores-Davis 1975
33	<i>Lyngbya</i> sp.2	Playa Muñecos	González-Resendiz 2014
34	<i>Microcoleus lyngbyaceus</i> Kützing ex Forti 1907	Sistema Arrecifal Veracruzano, Isla Santiaguillo. Sacrificios	Mendoza-González, A. C. & Mateo-Cid L. E. 1985
35	<i>Oscillatoria</i> sp.	Playa Muñecos	<b>Hernández- Sánchez 2016</b>
36	<i>Phormidium cf. ambiguum</i> Gomont 1892	Playa Muñecos	<b>Hernández- Sánchez 2016</b>
37	<i>Symploca hydroides</i> Kützing ex Gomont 1892	Arrecife los Hornos, Veracruz	Humm, H. J. & Hildebrand, H. H. 1962
38	<i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont 1890	Arrecife de Lobos	Chávez, E. A., Hidalgo, E. & Sevilla, M. L. 1970 Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001
<b>Nostocales</b>			
39	<i>Calothrix</i> sp.	Playa Paraíso	Flores-Davis 1975
40	<i>Calothrix aeruginea</i> Thuret ex	Playa Paraíso, La Mancha	Sánchez, M. E. 1980



	Bornet & Flahault 1886		Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001
41	<i>Calothrix aestuarii</i> Gayral & Mazancourt, 1958	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
42	<i>Calothrix confervicola</i> C. Agardh ex Bornet & Flahault 1886	SAV, Isla de En medio Playa Muñecos	Huerta-Múzquiz, L., Chávez, M. L., & Sánchez-Rodríguez, M. E. 1997 Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001 <b>Hernández-Sánchez 2016</b>
43	<i>Calothrix</i> sp.	Playa Muñecos	González-Resendiz 2014
44	<i>Scytonematopsis crustacea</i> (Thuret ex Bornet & Flahault) Koválik & Komárek	SAV, Veracruzano, Isla de Enmedio	Huerta-Múzquiz, L., Chávez, M. L., & Sánchez-Rodríguez, M. E. 1977
	Sin. <i>Calothrix crustacea</i>	SAV, Isla Verde	Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C. & Galicia, C. 1996
		SAV, Isla Santiaguillo	Mendoza-González, A. C. & Mateo-Cid L. E. 1985
		SAV, Isla Sacrificios	Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001
		Playa Muñecos	<b>Hernández Sánchez 2016</b>
45	<i>Isactis</i> cf. <i>plana</i> Thuret ex Bornet & Flahault 1886	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
46	<i>Kyrtuthrix</i> sp.	Playa Muñecos	González-Resendiz 2014
47	<i>Kyrtuthrix</i> cf. <i>maculans</i> (Gomont) I. Umezaki 1958	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
48	<i>Mastigocoleus testarum</i> Lagerheim ex Bornet & Flahault 1886	SAV, Arrecife Blanca	Humm, H. J. & Hildebrand, H. H. 1962 Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001
49	<i>Nodularia harveyana</i> Thuret ex Bornet & Flahault 1886	Arrecife los Hornos, Veracruz	Humm, H. J. & Hildebrand, H. H. 1962 Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001
50	<i>Petalonema</i> cf. <i>incrustans</i> Komárek 2012	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
51	<i>Rivularia</i> cf. <i>atra</i> Roth ex Bornet & Flahault 1886	Playa Muñecos	<b>Hernández-Sánchez 2016</b>
52	<i>Rivularia</i> sp.	Playa Muñecos	González-Resendiz 2014
53	<i>Scytonema</i> sp.	Playa Muñecos	González-Resendiz 2014
54	<i>Scytonematopsis</i> sp.	Playa Muñecos	González-Resendiz 2014
	<b>Spirulinales</b>		
55	<i>Spirulina subsalsa</i> Oersted ex Gomont 1892	Sistema Arrecifal Veracruzano, Isla Santiaguillo Arrecife los Hornos, Veracruz	Humm, H. J. & Hildebrand, H. H. 1962 Mendoza-, A. C. & Mateo-Cid L. E. 1985 Ortega, M. M., Godínez, J. L. & Garduño-Solórzano, G. 2001



## ANEXO II

### Distribución espacio-temporal de cianoprocariontes en Playa Muñecos

Muestra	Taxón	Secas-Lluvias	Nivel de marea	Oleaje	Insolación	Ambiente	Habito	Organismos asociados
<b>Synechococcales</b>								
C1395	<i>Schizothrix cf. gracillis.</i>	S.	S, MA	Bajo	Alta-Baja	PF,CV	EPIL, EPF	<i>Petalonema</i>
<b>Chroococcales</b>								
C1394	<i>Gloeothece incerta</i>	S.	MM, MB	Bajo	Alta	PF	EPL	cianoprocariontes cocales y filamentosos, LPP's
C1394 C1398	<i>Gloeothece cf. rupestris.</i>	S.	MM, MB	Bajo	Alta	PF	EPL	Otros cianoprocariontes. LPP's
C1394	<i>Asterocapsa sp.</i>	S	MM, MB	Bajo	Alta	PF	EPL	Cianoprocariontes y micro invertebrados
C1398	<i>Asterocapsa cf. divina.</i>	S.	MM, MB	Bajo	Alta	PF	EPL, EPS	Cianoprocariontes y micro invertebrados
C382, C384	<i>Chroococcus sp.</i>	S.	MM, MB	Bajo	Media	PZM	EPF	Scytonematopsis
C382, C400	<i>Cyanosarcina Thallasia</i>	S	MM, MB	Bajo	Alta	PT	EPF	Scytonematopsis
C400	<i>Pseudocapsa maritima.</i>	S	MM, MB	Bajo	Alta	PT	EPF	Cianoprocarionte heterocistoso
C1391	<i>Chlorogloea sp.</i>	S	MM, MB	Bajo	Alta	PT	EPL	Cianoprocariontes y micro invertebrados
C1394	<i>Entophysalis granulosa.</i>	S	MM, MB	Baja	Alta	PT	EPF	Kyrtuthrix, Scytonematopsis
C390	<i>Entophysalis sp.</i>	S	-----	Bajo	Alta	PT	EPL, EPF, EPS	Scytonematopsis y Kyrtuthrix
C1394	<i>cf. Lithocapsa.</i>	x	MM, MB	Baja	Alta	PT	EPF	Cianoprocariontes heterocistoso
C388, C393,C1390	<i>Placoma violacea</i>	S-LL	MM, MB	Bajo	Alta	PT	EPF	Scytonematopsis crustacea
<b>Pleurocapsales</b>								
C382, C389, C406	<i>Dermocarpella gardneri.</i>	S	MM, MB	Baja	Alta	PT	EPF	macroalgas y cianoprocariontes heterocistosos
C1421	<i>Xenococcus acervatus</i>	S	MM, MB	Baja	Alta	PT	EPF	Calothrix aestuarii, Rivularia atra
C398	<i>Xenococcus sp</i>	S	MM, MB	Baja	Media-baja	PZM	EPL	Macroalgas
C1388, C1390.	<i>Hyella caespitosa.</i>	S	MM	Baja	Media-baja	PZM	END	Microinvertebrados
<b>Oscillatoriales</b>								
C1423	<i>Blennothrix lyngbyacea.</i>	S	MB	bajo	Baja	PZM	EPL	No se observó
C388	<i>Oscillatoria sp.</i>	S	MB	bajo	Baja	PZM	EPL	No se observó
C407	<i>Phormidium cf. ambiguum.</i>	S	MB	baja	Baja	PZM	EPL, EPZ	Scytonematopsis, balanos y otros micro moluscos.
C394	<i>Hormoscilla sp.</i>	S	MB	bajo	Baja	CV, PT	EPF	Filamentos heterocistosos
<b>Nostocales</b>								



C398,C905	<i>Calothrix confervicola.</i>	cf.	S	MM, MB	bajo	Alta-baja	PT, PZM	EPL	No se observó
C830, C1421	<i>Calothrix aestuarii.</i>		S-LL	MM, MB	bajo	Alta	PT	EPF	<i>Xenococcus acervatus</i>
C388	<i>Isactis.cf. plana.</i>		S-LL	MM	bajo	Alta-media	PT, CC	EPL	
C398, C905	<i>Rivularia cf. atra.</i>			MM	bajo	Alta	PT	EPL	Cianoprocariontes y microinvertebrados
C390, C1393	<i>Kyrtuthrix cf. maculans.</i>		S-LL	MM, MB	bajo	Alta	PT	EPL, END	Microinvertebrados y Chroococcales
C385,C389,C393,C400,C401,C405,C1127	<i>Petalonema incrustans.</i>	cf.	S-LL	S, MA	bajo	Alta-baja	CV,PT	EPL	Sustrato de cocales epífitas, microinvertebrados
C382, C388, C390, C404, C406, C1388, C1396, C1119, C1420, C1421, C1413.	<i>Scytonematopsis crustacea.</i>		S-LL	MA, MM, MB	bajo	media-alta-baja.	PT,CC, PZM.	EPL, EPZ	Epizoica creciendo sobre balanos y otros micro invertebrados sésiles. Impórtate estructurador de los tapetes microalgales.

#### Simbología

S (Secas).

LL (Lluvias).

PT (Plataforma).

PZM (Poza de marea).

CV (Cueva).

CC (Canal de corriente).

EPF (Epífita).

EPL (Epilítico).

EPZ (Epizoico).

EPS (Episámico).