



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“Caracterización morfológica de cianofitas marinas de los
géneros *Calothrix*, *Scytonema* y *Kyrtuthrix* de los Estados
de Veracruz, Guerrero y Oaxaca”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

SUSANA CRISTABEL RAFAEL AGUILAR



DIRECTOR DE TESIS:
DRA. HILDA PATRICIA LEON TEJERA

MÉXICO D.F

2015



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.

DEDICATORIA

A Samuel Joaquín Flores.

14 feb 1937 – 8 diciembre 2014

Por tu amor, ejemplo, inspiración, cuidados, enseñanzas, por ser mi guía, por enseñarme la fe y por todo lo que sigues haciendo en mi corazón. Eres eterno.

A mis padres

Por el apoyo, enseñanzas, consejos, cuidados, ejemplo, las experiencias, por la vida y por todo lo que siguen haciendo por mí. Esto también es fruto de su trabajo, también es su logro.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra. Hilda Patricia León Tejera por todo el apoyo recibido.
Al Laboratorio de Ficología Marina, por permitirme terminar mi trabajo y brindarme las herramientas para crecer académicamente.

Al proyecto PAPIIT IN221410 con título: “Caracterización taxonómica de Rivulariaceae y Scytonemataceae (Cyanophyta, Cyanoprokaryota) tropicales marinos, utilizando criterios morfológicos y moleculares” por la beca otorgada para realizar este trabajo.

A mis papás por todo el apoyo y su confianza, por motivarme. Esto es suyo, han sembrado y llegó la hora de cosechar.

A mis hermanas por buscar mi bienestar y mi superación. Son culpables de todo esto.

A mis amigos que me han apoyado en todas las etapas de mi vida.

Itzel: Gracias por decirme lo que tenía que oír y hacerme consciente de que no me debo rendir, es una fortuna conocerte.

Liz: Gracias por tu amistad y apoyo en todo este proceso. Lo mejor que me dejó el laboratorio son amistades como la tuya.

Bertha (Almen): Gracias por estar siempre ahí, sé que no soy la mejor amiga, pero te quiero mucho y verte crecer me motiva a superarme.

Fer: Mi historia no sería la misma sin ti. Gracias por ser mi amiga y estar conmigo, apoyarme y por elegirme como amiga.

Fabis, Fabiola: Eres una gran persona y amiga. Te quiero hasta ser viejitas.
Gracias por todo.

A la familia Rea que me hizo un integrante más de su familia y siempre me muestran su cariño.

A la familia Jiménez: Agradezco su amistad, confianza, cariño y apoyo.

A todos los que han formado parte de mi vida, ustedes han contribuido a ser quien soy y a mis logros. Son muchos a los que agradecer, pero saben bien que los llevo en mi corazón con mucha gratitud.

Índice

1.- Introducción	1
1.1.- Problemática Nomenclatural	4
2.- Antecedentes	6
3.- Justificación	7
4.- Objetivos	8
5.- Área de estudio	8
5.1.- Veracruz	10
5.2.- Guerrero	11
5.3.- Oaxaca	12
6.- Metodología	13
6.1.- Colecta	13
6.2.- Registro fotográfico	14
6.3.- Determinación de especies	14
6.4.- Cultivos	15
7.- Resultados	16
8.- Discusión y Conclusión	61
9.- Citas Bibliográficas	65
Anexo (Ilustraciones)	69

1.- Introducción

Las cianobacterias, cianofitas o cianoprocariontes, viven en gran diversidad de ambientes terrestres y acuáticos, en todas las latitudes, costas y lagos templados y tropicales y en diversas condiciones de salinidad y tipos de sustratos (Bauld 1986). Las cianobacterias son uno de los grupos más antiguos e importantes dentro de los procariontes debido a que son los precursores de los cloroplastos de las plantas, la prueba de ellos es que presentan tilacoides con clorofila a. Desde un punto de vista evolutivo, tienen gran relevancia como grupo ancestral pues se considera que el origen y diversificación del reino vegetal tiene como elemento clave la simbiosis de un organismo fotosintético liberador de oxígeno de tipo cianoprocarionte con un eucarionte heterótrofo (John *et al.* 2002), donde este evento de endosimbiosis contribuyó probablemente al inicio de diversas líneas de eucariontes fotosintéticos.

En los orígenes de la vida en el planeta, las cianofitas fueron una de las formas de vida dominantes por más de 1500 millones de años y contribuyeron a la oxigenación de la atmósfera primitiva del planeta (Graham, 2000).

La división Cyanophyta/Cyanoprokaryota incluye un gran número de algas que se caracterizan por su relativa simplicidad morfológica y distinguidas principalmente por la coloración verde-azul. Presentan dos tipos principales de organización: formas fundamentalmente cocoides (desde unicelulares, coloniales y pseudofilamentosas) y las filamentosas, con gran variación en forma y grado de diferenciación que han sido incluidas en el orden Nostocales (Komárek, 2014).

Las formas filamentosas están compuestas por una serie de células contiguas y comunicadas formando un tricoma que puede secretar una capa mucilaginoso que cubre al filamento denominado vaina, que puede ser homogénea o tener lamelación paralela o divergente.

En 1978, Stanier y colaboradores elaboraron una propuesta para transferir la nomenclatura de las cianofitas bajo el esquema del Código de Nomenclatura Bacteriológico. Sin embargo el sistema bacteriológico y el código de nomenclatura botánico no son compatibles. Bajo el esquema de la clasificación bacteriológica, las cianofitas son denominadas “cianobacterias” (Cartagena, 2004). En los años noventa, Komárek acuña de manera informal el término de Cyanoprokaryota como sinónimo para referirse a las algas verde-azules. En los últimos años este autor ha dado a conocer distintas publicaciones donde emplea este término a nivel de división para referirse a estos organismos.

Hasta finales del siglo XX todos los esquemas de clasificación taxonómicas enfocados en las algas verde-azules filamentosas se han basado básicamente en la morfología (Cartagena, 2004).

En la actualidad no se tienen datos confiables de la diversidad de este grupo en el mundo. Los manuales tradicionales para identificación de especies reconocen entre 1500 a 2000 especies a nivel mundial. Durante mucho tiempo se consideró que este número se debía a una excesiva proliferación de nombres de especies, descritas sobre la base de pocos caracteres distintivos (Montejano, 1998). Actualmente se están utilizando, además de la morfología, fisiología o ecología, datos moleculares para tener un mejor criterio de clasificación (Komarek, 2006). Y se ha propuesto la re-evaluación del valor taxonómico de los caracteres morfológicos ya que algunos caracteres utilizados para la clasificación a nivel genérico y supra genérico, no parecían ser muy compatibles con los resultados moleculares, por ejemplo; presencia/ausencia de vaina, el tamaño de las células (en distintos límites), ramificación falsa o verdadera, etc. Estos caracteres probablemente tienen valor ecotípico dentro de cada genotipo y su modo de variación puede tener una base genética que no ha sido secuenciada (Komarek, 2010).

En el Sistema de Clasificación Botánico, el orden Nostocales incluye cianofitas filamentosas que se dividen en un plano y todas o algunas de estas células tienen el potencial de convertirse en heterocito, los cuales pueden ser terminales o

intercalares. Todas las especies de este grupo tienen la capacidad de formar tricomas móviles, la mayoría de los cuales se diferencian y pueden formar hormogonios que es la forma reproductiva; presentan otras estructuras como acinetos que son estructuras de resistencia (John *et al.* 2002). Los heterocitos son células especializadas, distribuidas a lo largo o al final del filamento,. Estos tienen conexiones intercelulares con las células vegetativas adyacentes, de tal manera que existe un continuo movimiento de los productos de la fijación de nitrógeno desde los heterocitos hacia las células vegetativas y de los productos fotosintéticos desde las células vegetativas hacia los heterocitos (Todar, 2004). Los acinetos son un tipo especializado de células de resistencia que producen algunas cianofitas como respuesta a condiciones de vida desfavorables (Todar, 2004).

El orden Nostocales representa un grupo grande y monofilético de cianofitas filamentosas con talo diversificado. Este orden presenta formas ramificadas (falsa y verdadera) estructura isopolar y heteropolar, aunque de esta última pocas familias presentan este carácter.

Se divide en 12 familias (Komarek, 2014): Scytonemataceae, Symphyonemataceae, Rivulariaceae, Tolypothrichaceae, Chlorogloeopsidaceae, Hapalosiphonaceae, Stigonemataceae, Gloeotrichiaceae, Aphanizomenonaceae y Nostocaceae.

El concepto de especie en cianobacterias Anagnostidis & Komárek (1985) la definen como un complejo de poblaciones que ocupa un espacio multidimensional propio delimitado por requerimientos ecológicos específicos. Otros autores indican que la unidad básica en taxonomía de procariontes se ajusta al concepto denominado filo-fenético (Rossello-Mora y Amann, 2005), y entienden una especie como una categoría que circunscribe a un grupo de cepas de origen monofilético y que se muestran coherentes tanto desde el punto de vista genómico como fenotípico, y que por ello se pueden distinguir de otros grupos semejantes (Rossello-Mora, 2001)

El concepto morfológico de especie se define como el conjunto de individuos morfológicamente similares, generalmente asociados entre sí por una distribución

geográfica definida y separados de otros conjuntos por discontinuidades morfológicas (Cain, 1954).

1.1.- Problemática Nomenclatural

La nomenclatura de las cianofitas ha sido tradicionalmente basada en el Código Internacional de Nomenclatura Botánico. Hasta el momento la mayoría de las especies reconocidas dentro de este grupo se han establecido bajo las normas botánicas.

Las cianofitas tienen una gran diferenciación morfológica comparada con otros grupos de bacterias. Muchas especies han sido descritas a partir de caracteres morfológicos y se les ha ubicado en el mismo grupo taxonómico a pesar de que son diferentes (Drouet y Daily, 1956). La biodiversidad de cianofitas es mayor de lo que se sospechaba (Komárek, 2006).

Stanier, Siström y Hansen en 1978 argumentan que las cianofitas deben integrarse al Código de Nomenclatura Bacteriológico, ya que por medio de cultivos axénicos es posible obtener información genética y fenética y se reconoce que en el Código de Nomenclatura Botánico sólo se pueden reconocer ejemplares herborizados y que únicamente es posible obtener información ecológica y no fisiológica, por lo que propusieron que a partir de enero de 1979 se realice un listado donde se pudieran cambiar al Código Bacteriológico. A pesar de esto, el concepto de cianofita que maneja el Código de Nomenclatura Bacteriológico no considera la variación y la ecología de las cianofitas en biotipos naturales.

Oren (2011) hace un recuento de las clasificaciones que se han hecho en el Código Bacteriológico y la ineficiencia de clasificar a las cianofitas mediante este código ya que sólo 42 especies han sido descritas en 32 años. De estos nombres únicamente no más de cinco se puede considerar que han sido válidamente publicados de acuerdo a las normas del Código Bacteriológico, por lo que se evidencia la ineficiencia de este sistema de clasificación.

Se puede decir que el sistema bacteriológico no es una alternativa actual viable para inventariar y describir la diversidad natural de cianoprocariontes, ni como base para nombrar especies de estudios ecológicos o de monitoreo, ya que la mayoría de poblaciones no es posible cultivarlas de modo axénico y a que no es posible siempre relacionar dichas cepas con poblaciones naturales. Por esta razón, se considera que el sistema tradicional sigue siendo la mejor opción para inventariar la diversidad de este grupo (Montejano, 1998).

Ante la falta de perspectivas del sistema bacteriológico y los problemas del sistema tradicional, Anagnostidis y Komárek (1985, 1988 y 1990) y Komárek y Anagnostidis (1986; 1989) elaboraron un nuevo sistema de clasificación basado en el sistema botánico, al cual integraron información de fisiología, bioquímica, ultraestructura y de ciclos de vida. Para la elaboración de este sistema llevaron a cabo una revisión minuciosa de los taxa previamente descritos, evaluando los criterios utilizados tradicionalmente e incorporando otros nuevos, como microscopia electrónica y otras características estudiadas en cultivo, como el patrón de desarrollo y el ciclo de vida (Montejano, 1998) y más recientemente datos moleculares (Premanandh, *et. al.*, 2006, Robertson, *et. al.*, 2001) .

El sistema de clasificación botánico ha sido modificado recientemente por Komárek (2014) al incluir nueva información en especial de marcadores moleculares, así como nuevas maneras de interpretar la morfología. En él se proponen nuevos ordenes, familias y se realiza un importante reordenamiento de los géneros contenidos dentro de cada familia y orden e incluso disminuye el peso de la diferencia entre ramas falsas y verdaderas, con lo que para el caso de las heterocistas desaparece el orden Stigonematales.

2.- Antecedentes

El primer registro de algas marinas para México data de aproximadamente hace 160 años, cuando Friederik Michael Liebmann, como colector de plantas vasculares por la Universidad de Copenhague, realizó colectas de algas marinas en las costas de los estados de Oaxaca, Veracruz y Campeche y las envió a Agardh en Lund, Suecia para su determinación y publicación (Silva, 1978).

En lo que respecta a las cianofitas bentónicas marinas de México, existen muy poca información. Por ejemplo, para la recopilación realizada para el Golfo de México, la mayor parte de los reportes hasta 2004 provienen de 30 obras en los que se documentan 22 especies heterocistas, 21 de Nostocales según León-Tejera *et al.* (2009) donde se incluyen los géneros *Calothrix*, *Diclothrix* y *Gardnerula* y para Stigonematales (antes) sólo *Mastigocoleus*. Considerando especies no documentadas (que incluyan descripción o registro) se reportan *Anabaena*, *Microchaete*, *Hormothamnion*, *Nodularia*, *Isactis* y *Scytonema*.

Los estudios de cianofitas bentónicas que se han realizado en el Pacífico Tropical Mexicano (Mateo-Cid y Mendoza, 1997, Mendoza-Ortega, *et al.* 1991), reportan cinco familias; Stigonemataceae, Scytonemataceae: *Scytonema cf insularum* (Sant'Anna, 1988), *Kyrtuthrix cf maculans* (Gomont) Umezaki, 1958, Hapalosiphonaceae: *Mastigocoleus testarum* (Lagerheim ex Bornet et Flahault 1887), *Mastigocoleus carallinae* (Setchell et Gardner, 1937), Rivulariaceae: *Calothrix pilosa* (Harvey ex Bornet et Flahault 1886), *Calothrix laurenciae* (Setchell et Gardner, 1932), *Calothrix crustacea* (Thuret ex Bornet et Flahault 1886), *Isactis plana* (Thuret ex Bornet et Flahault, 1886)) y Nostocaceae: *Anabaena pseudoscillatoria* (Bory de Saint-Vincent, 1822), *Anabaena oscillarioides* (Bory ex Bornet et Flahault 1888), mientras que Mateo-Cid y Mendoza-Gonzales (1997) y Ortega *et al.* (2001) reportan dos especies de la familia Rivulariaceae: *Scytonematopsis (Calothrix) crustacea* submareal en las localidades de Morro de Cerro Hermoso y Bahía Santa Cruz Huatulco - La Entrega y *C. robusta* submareal en Playa Blanca.

3.- Justificación

El interés de estudiar este grupo es debido a la importancia ecológica que tienen, ya que son de los principales productores primarios en ambientes acuáticos (Komárek, 2006) y son capaces de fijar nitrógeno atmosférico. Tomando en consideración que México es un país megadiverso y que existen muy pocos estudios taxonómicos sobre cianofitas bentónicas marinas de México, es fundamental realizar la caracterización de la morfología y los ambientes en que crecen estos organismos para así contribuir al conocimiento de nuestras especies y la conservación de la diversidad de los ecosistemas.

Varios autores estiman que en los biotopos tropicales se conocen menos del 10% de todas las morfoespecies reconocibles de los microorganismos (Di Castri y Younes 1994, Watanabe 1999). Este bajo porcentaje también se aplica a la poca diversidad reconocida de cianofitas, de aquí la necesidad de estudiar estos organismos en ecosistemas tropicales y las morfoespecies en las condiciones cambiantes del ambiente.

4.- Objetivos

Objetivo General:

Caracterizar morfológicamente a las poblaciones de los géneros *Calothrix*, *Scytonema*, y *Kyrtuthrix* de los estados de Veracruz, Guerrero y Oaxaca.

Objetivos particulares:

1. Caracterizar con criterios morfológicos poblaciones de los géneros *Calothrix*, *Scytonema* y *Kyrtuthrix* de muestras de campo.
2. Realizar cultivos unialgales de las poblaciones estudiadas para observar si existen diferencias en los caracteres morfológicos evaluados con muestras de campo.
3. Reportar la distribución de las especies de los géneros *Calothrix*, *Scytonema* y *Kyrtuthrix* en los Estados de Veracruz, Guerrero y Oaxaca.

5.- Área de estudio

El estudio se realizó en el litoral costero de tres Estados de la región central de México: Veracruz, Guerrero y Oaxaca. En total se incluyó material de siete localidades: cuatro en la costa del Pacífico central de México (una en Guerrero y tres en Oaxaca) y tres en las costas de Veracruz en el Golfo de México. Las localidades por estado se presentan en el mapa (Fig. 1) y se describen a continuación.

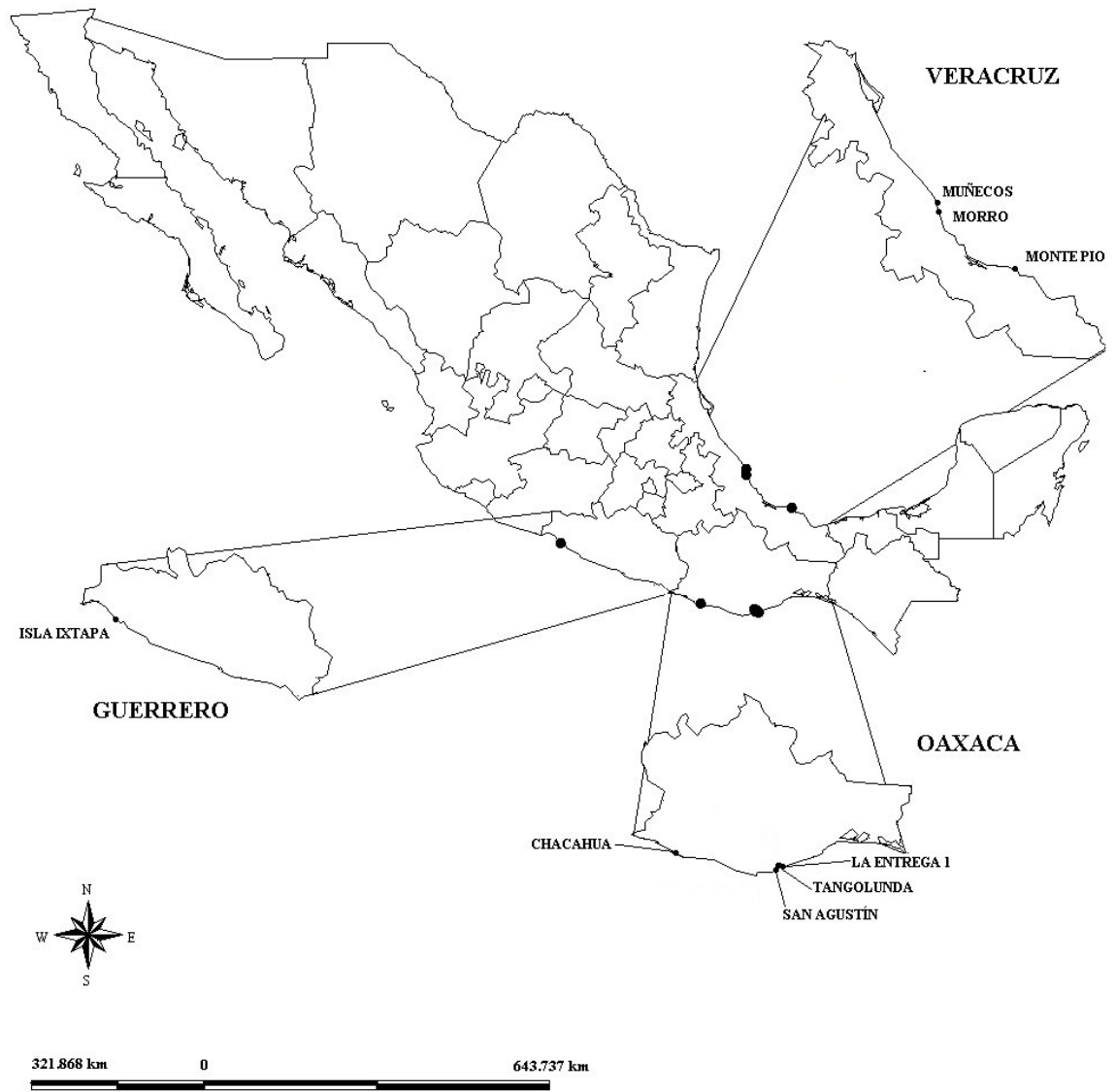


Fig. 1. Mapa de México con las localidades donde se realizaron las colectas.

5.1.-Veracruz

5.1.1.-Morro de la Mancha

El Morro de La Mancha es una reserva ecológica de la región del Golfo de México perteneciente al municipio de Actopan, ubicada en los N 19° 35' 22" y W 96° 22' 43" aproximadamente.

El litoral tiene una extensión de 2 km, con una playa arenosa con dunas y una zona rocosa que está ubicada en la región noreste de la estación biológica "El Morro de la Mancha". Esta localidad tiene al Norte una zona rocosa mixta con rocas de origen ígneo y otras de origen sedimentario que en la zona de contacto con dunas estabilizadas presenta una serie de cavidades o pequeñas "cuevas" de 1-3 metros de largo, 1-2 metros de altura y 1 metro de profundidad y al Sur Este presenta una especie de plataforma fragmentada de más de 150 metros de longitud, formada por varios macizos de roca de origen orgánico; tiene forma alargada (2-4 metros de ancho y 5-10 metros de largo) con una parte superior casi horizontal, con pequeños huecos, protuberancias y pozas de marea. El oleaje es generalmente en forma de rompiente con una intensidad muy fuerte en marea alta y fuerte en marea baja (Lagunes-Rodriguez, 2002). Algunas de nuestras poblaciones se colectaron en la punta rocosa ubicada en el extremo Norte de la localidad aproximadamente a unos 200 metros al norte de la plataforma. Esta zona presenta rocas ígneas en el intermareal y otras de origen orgánico con distintos grados de exposición al oleaje. Además se realizaron algunas colectas en la zona supralitoral, donde se presentan pequeñas depresiones de tipo "cueva" en roca sedimentaria (de aspecto arenoso), de 2-4 metros de largo, 1-3 metros de profundidad y 1-2 metros de altura. En ellas se presentan zonas sombreadas e insoladas, e incluso algunas en las que hay aportes de agua continental.

5.1.2 Playa Muñecos

Está localizada en el municipio de Actopan, en las coordenadas N 19° 44' 35" W 96° 24' 25" cerca de la localidad Palma Sola. La playa tiene una extensión de 400 metros aproximadamente y presenta formaciones rocosas en sus extremos. Existe un "Morro" de roca ígnea dispuesto a unos 5 -10 metros de la playa, con un

diámetro de 20 a 25 metros y de más de 8 metros de altura que cuenta con una plataforma rocosa alrededor ubicada aproximadamente a nivel del mar. Alrededor de las partes elevadas se presentan pozas de marea, paredes rocosas, canales, un arco y protuberancias o salientes. Existen paredes más o menos verticales o inclinadas que sólo reciben la brisa marina o se encuentran secas y un arco con paredes verticales y sombreadas que presentan crecimientos en la zona mesomareal. El oleaje es directo e intenso en las partes externas y lateral.

Se colectó sobre la plataforma donde se presentan zonas expuestas a insolación y aumento de temperatura, de diversas dimensiones que retienen poca agua y reciben el rocío del oleaje.

5.1.3 Monte Pío

Se ubica en el municipio de San Andrés Tuxtla, en las coordenadas N 18° 38' 43" y W 95° 05' 40". Se encuentra una playa mixta rocosa arenosa limitada al este por una porción rocosa horizontal de aproximadamente 1000 metros formada por rocas basálticas que presentan oquedades que forman pozas de marea (Lagunes-Rodriguez, 2002). La acción de las olas es variable, desde las zonas sin exposición hasta zonas con oleaje intenso y paredes rocosas donde sólo llega el rocío. Se colectó en la zona mesomareal y supramareal entre las grietas y las paredes verticales rocosas que bordeaban la costa, además de pozas donde el agua se estancaba

5.2.- Guerrero

5.2.1.- Isla Ixtapa

Está ubicada en la Costa Grande del estado de Guerrero, a 10 km al Noroeste de Zihuatanejo, en las coordenadas N.17° 40' 31" y W 101° 39' 30". Dentro de la isla se encuentra la Playa Coral que tiene una extensión de aproximadamente 300 metros de longitud, es arenosa y presenta pequeñas formaciones de roca volcánica con salientes en los extremos. El oleaje es fuerte en las formaciones rocosas pero es suave en la zona arenosa. Se colectó en la zona de mesomareal

con poca exposición al oleaje, donde se forma una pequeña cueva sombreada en la roca y constantemente humedecida por el rocío en pleamar.

5.3.- Oaxaca

5.3.1.- La Playa del Amor (también conocida como Playa del Espigón), en Parque Nacional Lagunas de Chacahua

El Parque Nacional Lagunas de Chacahua está situado en la costa sur del Estado de Oaxaca. Dentro del Parque se encuentra La Playa del Amor, formada por una franja arenosa de aproximadamente 130 metros de longitud en las coordenadas N 15° 57' 51" y W 97° 40' 34" y colindando en sus extremos con una escollera y con formaciones rocosas graníticas (Alfaro y Sánchez, 2002). Esta playa presenta oleaje fuerte y algunas aves usan las rocas como reposadero durante el día. Se colectó en las paredes rocosas que bordean la playa del lado noroeste, en la zona mesomareal y supramareal. La roca estaba insolada y sólo recibía la humedad de la brisa.

5.3.2.- Bahía San Agustín

San Agustín está localizada en el municipio de Santa María Huatulco en Oaxaca, entre las coordenadas N 15° 41' 02" y W 96° 13' 19". Es una bahía extensa, cubierta en gran parte por arena fina y escasos guijarros de origen biológico. En la bocana emerge un promontorio principal constituido por rocas graníticas (Huerta *et al.* 1970). La bahía está flanqueada en su proporción oriental por paredes rocosas perpendiculares de naturaleza metamórfica y con escasa biota; en la proporción occidental emerge un promontorio constituido por grandes rocas de naturaleza granítica, que constituye el límite de la bahía y el principio de mar abierto (Arroyo-Arroyo, 2000).

5.3.3.- Bahía de Tangolunda

Está ubicada en el municipio de Santa María Huatulco en el Estado de Oaxaca en las coordenadas N 15° 45' 44" y W 96° 5' 45". Es una bahía extensa compuesta por dos playas separadas por una saliente rocosa de medianas dimensiones. El lecho de la bahía es en general arenoso de textura fina, a excepción de las partes profundas que circundan el islote principal que es rocoso a consecuencia de los desprendimientos ocasionados por la constante acción mecánica de las olas (Arroyo-Arroyo, 2000). La colecta se realizó en la zona supralitoral de paredes rocosas casi verticales de roca basáltica insoladas que se encuentran aproximadamente a 8-10 metros de la orilla del mar y sólo reciben el rocío de la brisa.

6.- Metodología

Se revisaron 172 muestras de algas, las cuales se observaron para buscar colonias de algas. Cuando se observó crecimiento de cianofitas se elaboraron preparaciones frescas para determinar el grupo al que pertenecían. Se tomó el registro fotográfico y a partir de éste, las medidas morfométricas con las que se elaboraron las descripciones morfológicas para realizar la identificación como se detalla más adelante.

6.1.- Colecta

La colecta de los organismos se realizó de Octubre del 2009 hasta Abril del 2012 en las costas del Pacífico Tropical Mexicano (PTM) y Golfo de México. Las muestras fueron colectadas a mano con la ayuda de una espátula, cincel y martillo. En campo se analizaron algunas muestras para identificar el género y después los organismos se colocaron en papel secante para mantenerlos vivos y posteriormente intentar cultivarlos, mientras que otros se colocaron en frascos con formalina al 4% para su preservación y determinación. Una vez en el laboratorio se realizaron preparaciones semi-permanentes (gelatina glicerizada) con la

finalidad de reconocer y medir los diferentes caracteres diagnósticos mediante la observación al microscopio óptico.

6.2.- Registro fotográfico y mediciones

Para la documentación y la medición de las estructuras se realizó la toma de micrografías con una cámara digital para microscopio modelo Olympus BX51. El registro fotográfico se llevó a cabo con la ayuda de la cámara digital Olympus DP12-2 adaptada al microscopio óptico, la cual permite que las imágenes incluyan una escala para poder determinar las medidas. Las imágenes se tomaron con alta calidad (HQ) y se almacenaron como archivos jpg. Las fotos se etiquetaron con el número de muestra al que correspondían para poder tener un registro fidedigno. La descripción de los morfos y el registro de la medición de las estructuras de las cianofitas se realizó con la ayuda del software Sigma Scan Pro versión 5. Se realizaron 30 mediciones como mínimo de cada estructura, aunque en algunos organismos no se pudieron completar las (30) mediciones, debido al deterioro del material o la escasa cantidad de muestra.

6.3.- Determinación de especies

La determinación de género y especie se realizó por medio de la observación de los organismos al microscopio y la comparación de las medidas de las estructuras obtenidas de las imágenes con lo reportado en la bibliografía, como son forma de crecimiento, largo del filamento, diámetro y longitud del heterocito, diámetro y longitud de las células, o grosor de la vaina.

La determinación de especies se llevó a cabo mediante la comparación de la información morfológica de las muestras con las de las claves y/o descripciones de autores como: Komárek (1993), Ercegovic (1929), Montoya (2003), Umezaki (1961), Kosinskaja (1948), Silva y Pienaar (2000), Desikachary (1959), Setchell y Gardner (1919), Geitler (1932), Chapman (1956), Frémy (1930) y Tilden (1968), Komarek y Hauer (2012), y Komárek (2014)

Para el género *Scytonematopsis* y *Calothrix* se tomaron en cuenta las características que se encuentran en el Tabla 1, tomadas de las descripciones que hacen los diferentes autores mencionados.

Para el género *Scytonema* se tomaron en cuenta las características que se encuentran en el Tabla 2.

Para las especies del género *Kyrtuthrix* se tomaron en cuenta las características que se encuentran en el Tabla 3.

Las medidas obtenidas de las poblaciones de campo y de cultivo en el caso de *Kyrtuthrix* sp 4 se compararon para observar la variación morfológica.

El material determinado y fijado se depositó en la colección de cianofitas del Laboratorio de Ficología Marina del Departamento de Biología Comparada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

6.4.- Cultivos

Una vez identificado el género al que pertenecen los organismos colectados se procedió a colocar de uno a cinco filamentos en medio de cultivo sólido SN, BG11 y BG11₀ (Rippka *et al.* 1979), para ver si había crecimiento de las muestras colectadas.

Se incubaron en una cámara de cultivo de crecimiento de plantas con un fotoperiodo de 12/12 a una temperatura constante de 25°C. Las observaciones se realizaron cada 15 días por medio de un microscopio estereoscópico para monitorear la limpieza de los cultivos. Las siembras y resiembras se llevaron a cabo en una campana de extracción para mantener el área aséptica, después se realizaron preparaciones semi-permanentes para determinar que el cultivo fuera unialgal.

7.- Resultados

Se revisaron 172 muestras y el total de morfoespecies determinadas fue de 21, de las cuales nueve pertenecen al género *Scytonematopsis* y dos al género *Calothrix* (Tabla 1). Estas especies están presentes en Veracruz. Se reportan cinco morfoespecies del género *Scytonema* (Tabla 2) una en Guerrero, dos en Oaxaca y dos en Veracruz y cinco morfoespecies pertenecen a *Kyrtuthrix* (Tabla 3) tres presentes en Veracruz, una en Guerrero y una en Oaxaca. Solo una especie de *Kyrtuthrix* se logró cultivar.

Orden Nostocales

Familia Rivulariaceae. Rabenhorst.

Fl. Eur. Algarum, 2: 200, 1868

Género *Calothrix* C Agardh ex Bornet et Flahault, 1886. Ann. Sci. Nat. Bot., ser. 7, 3: 345

Calothrix cf scopulorum (Weber & Mohr) C. Agardh 1824.

Lámina I

Crecimiento en forma de tapete verde claro o pardo formado por filamentos alineados en paralelo. Filamentos rectos un promedio de 34.9 μ (25.7 – 44.7 μ) de largo, atenuados hacia el ápice terminando en un pelo largo de 25.7 – 44.7 μ de longitud donde las células miden de 0.9 – 1.6 μ de longitud y de 2.2 – 4.1 μ de ancho. La vaina es hialina y delgada de menos de 1 μ de grosor. El tricoma tiene un ancho de 3 – 5.4 μ . Células anchas y cortas con forma cilíndrica, tienen una longitud de 0.8 - 2.5 μ y un ancho de 3.5 - 6.2 μ en, presentan granulaciones de color claro dentro del citoplasma. El heterocito basal es de forma cónica de un ancho de 1.6 - 5.1 μ y de 4.6 - 8.1 μ de longitud y no presenta heterocitos intercalares. Hormogonios de 40.9 μ de longitud en promedio presentan de 1 – 3 heterocitos basales. Las células tienen 0.6 – 2 μ de longitud y de 2.6 – 5.8 μ de ancho. No presenta ramas falsas.

Muestra examinada: C86. Playa Paraíso, Veracruz. Zona del intermareal. 30 marzo 2011. Col. Hilda León.

Ha sido reportada en Irlanda, Bretaña (Francia), Dinamarca, Islas Faroe, Portugal, Rumania, España, Turquía, Islas Canarias, Florida, Islas del Caribe, Djibouti, Egipto, Mozambique, Sudáfrica, Islas Reunión, Islas San Paul, Bangladesh, India, Israel, Kuwait, Arabia Saudita, Nueva Zelanda, Queensland, Isla Fiji, Islas Marshall. (*Alagebase*).

Comentarios

Las coincidencias visuales nos permitieron hacer una aproximación a la identificación de esta población, además de que coincide con las tallas de ancho de las células y en la longitud del heterocito basal que propone Desicachary (1959). También coincide en que no presentan heterocitos intercalares y en que la vaina presenta una divergencia en la parte superior del filamento. El ambiente reportado por Desicachary (1959) es marino sobre coral muerto. La población aquí descrita es de la zona rocosa del intermareal.

Calothrix sp. 1

Lámina II

Crecimiento en forma de pequeños tapetes. Filamentos de color amarillo verdoso unidos en la base de 17.5 – 56.3 μ de longitud. La vaina es delgada, lamelada, con terminación abierta y de color café oscuro. El tricoma mide 1.7 – 3.3 μ de ancho que se atenúa un poco en la punta. Las células son pequeñas y muy cortas, presentan granulaciones, y tiene una longitud de 0.4 – 0.9 μ y un ancho de 1.6 – 2.7 μ . El heterocito basal es redondo de una longitud de 1 – 3.8 μ y un ancho de 1.7 a 4.5 μ y presentan un pelo corto con terminación abierta. Los necridios se presentan hasta tres por filamento, tienen una longitud de 0.2 – 0.7 μ y un ancho de 1.7 – 2.8 μ muy similar al tamaño de las células. Los hormogonios tienen de 8.1 – 17.9 μ de longitud y pueden tener más de un heterocito basal.

Muestra examinada: C413. M7 Monte Pío. Monte Pío, Veracruz. Zona mesomareal. Abril 2012. Col. Susana Cristabel Rafael Aguilar.

Comentarios

Esta población no coincide con ninguna descripción previa, por lo que posiblemente sea una nueva especie, requiriéndose de realizar nuevas colectas o revisiones de material adicional con morfología similar.

7.1.3.- Familia Scytonemataceae. Rabenhorst

Fl. Eur. Alg., 2: 246, 1865

Género Scytonematopsis Kiseleva 1930

Scytonematopsis sp. 1

Lámina III

Crecimiento en forma de tapete de color verde botella. Filamentos hetero o isopolares verde bandera alineados paralelamente y de un grosor homogéneo que se atenúa en ambas puntas formando un pequeño pelo de aproximadamente 10 μ de longitud en promedio. Los filamentos tienen una longitud de 127 – 438 μ . Tricoma con ramificación falsa con un ancho de 6.3 – 10.6 μ . La vaina es gruesa y lamelada, en algunas zonas es hialina y en otras es oscura de un grosor de 2.4 μ en promedio. Células de 1.5 - 3.3 μ longitud y entre 6.9 - 9.7 μ de ancho de forma rectangular. El heterocito basal tiene una longitud de 1.8 – 6.4 μ y de 5.6 – 13.5 μ de ancho y es de forma cónica, mientras que los heterocitos intercalares tienen formas redondeadas y rectangulares y miden de 3.5- 12.5 μ de longitud y 6.4 - 10.9 μ de ancho, se presentan más de dos por filamento. No se observaron hormogonios.

Muestra examinada: C91. Morro de la Mancha, Veracruz. 31 marzo 2011. Zona mesomareal. Col. Hilda León.

Comentarios

En un principio se consideraba dentro del género *Calothrix*, pero debido a cambios nomenclaturales, es posible nueva especie del género *Scytonematopsis*, ya que no coincide con ninguna especie reportada. Esta población coincide con las

medidas de las muestras C116 y C391, por lo que se consideran la misma especie.

Scytonematopsis sp. 1

Lámina IV

Crecimiento en forma de tapete. Filamentos heteropolares largos de color verde bandera brillante alineados de forma paralela y unida en la base. Se atenúan hacia el ápice formando un pequeño pelo de 18 μ de longitud. El tricoma mide de 7.4 - 10.7 μ de diámetro. La vaina es gruesa, hialina de 2.4 μ de grosor. Células de forma rectangular de una longitud de 1.6 - 3.6 μ y de ancho 6.9 - 10.7 μ . El heterocito basal tiene forma cónica y una longitud de 2.5 – 7 μ y una anchura de 4.9 – 8.5 μ , mientras que los heterocitos intercalares miden 4.1 - 9 μ de longitud y de 5.6 - 13.9 μ de ancho, son de color amarillo claro, evidentes y abundantes se presentan más de 3 por filamento. Sin ramificación. No se observaron hormogonios.

Muestra examinada: C116. Morro de la Mancha, Veracruz. Zona mesoalta. 1 abril 2011. Col Hilda León.

Comentarios

Se considera posiblemente como una nueva especie de *Scytonematopsis*. Coincide morfológicamente con la población C91 y C391 y se consideran la misma especie.

Scytonematopsis sp. 1

Lámina V

Crecimiento en forma de tapete sobre roca. Filamentos heteropolares color verde bandera de una longitud de 143 – 442 μ unidos en la base formando un abanico. La vaina es hialina y abierta en ápice del filamento. El tricoma con un ancho de 6.4 – 9.6 μ . Las células son cortas pero anchas, con una longitud de 1.8 – 3 μ y un grosor de 5.9 – 8.3 μ . El heterocito basal es de forma redondeada de una longitud de 4.4 – 6.4 μ y un ancho de 5.5 – 8 μ . Los heterocitos intercalares son de forma

de barril de color amarillo claro y se presentan más de dos veces en un filamento y tienen una longitud de 3.7 – 8.9 μ y un ancho de 5.8 – 9.4 μ . No se observaron hormogonios.

Muestra examinada: C391. Playa Muñecos, Veracruz. Marzo 2012.

Comentarios

Se consideraba en el género *Calothrix* pero presenta heterocitos intercalares por lo cual se propone realizar un estudio morfométrico más detallado de las poblaciones del género a fin de decidir si se trata de variaciones morfométricas o una especie nueva del género *Scytonematopsis* ya que no coincide con otros reportes. Se asemeja a las poblaciones C91 y C116 documentadas en este escrito.

Scytonematopsis sp. 2

Lámina VI

Crecimiento en forma de tapete sobre roca. Filamentos heteropolares verde bandera alineados en forma paralela y unidos en la base. Tienen una longitud de 600 - 700 μ y al final forman un pelo mayor a 40 μ . El ancho del tricoma es de 9.5 – 12.7 μ y está cubierto por una vaina que va de hialina a coloración parduzca. Las células son en forma de moneda, con una longitud de 1.5 – 5-3 μ y un ancho de 8.8 – 12.4 μ . El heterocito basal tiene forma cónica de una longitud de 2.9 – 9.2 μ , y un ancho de 6.1 – 11.1 μ . Los heterocitos intercalares tienen forma de trapecio o rectangular de un color amarillo de una longitud de 6.9 – 10.8 μ y un ancho de 7 – 10.5 μ . Los hormogonios se desprenden rompiendo la vaina de los laterales del filamento. Presenta ramificación falsa.

Muestra examinada: C456. Playa Hermosa, Veracruz. Abril 2012.

Comentarios

Se propone como especie posiblemente nueva de *Scytonematopsis*, ya que no presenta similitudes con especies reportadas.

Scytonematopsis sp. 3

Lámina VII

Crecimiento en forma de césped de una altura de 2 mm aproximadamente. Filamentos de color verde vivo de una longitud de 299 – 542 μ unidos en la base formando un abanico y algunos presentan un pelo de una longitud de 17.8–52.8 μ y espacios vacíos a lo largo del filamento. La vaina es lamelada, gruesa, de color café oscuro y en algunas partes hialina. El tricoma heteropolar tiene un ancho de 7.2 – 11.9 μ . Las células son cortas pero anchas de una longitud de 1.5 - 3.6 μ y de un ancho de 7.8 – 11.1 μ . El heterocito es de forma cónica o redondeada y alcanzan longitudes de 2.6 - 7.5 μ y un ancho de 6.4 – 10.6 μ mientras que los heterocitos intercalares (2 o más por filamento) tienen formas rectangulares y redondeadas de una longitud de 3.9 – 11.2 μ y de ancho 6.8 – 11.3 μ . Presentan hormogonios que se desprenden de la punta del filamento, pueden ser uno o hasta tres por filamento. Presenta ramificación falsa.

Muestra examinada: M33E2. Playa Muñecos, Veracruz. Mesomareal. Marzo 2012.
Col. Parsifal Islas Morales.

Comentarios

Esta muestra no presenta similitudes con las especies reportadas, se propone como potencial nueva especie.

Scytonematopsis sp. 4

Lámina VIII

Crecimiento en forma de abanico. Filamentos de color verde vivo de 444 - 551 μ de longitud y en el ápice va disminuyendo hasta formar un pelo. La vaina es gruesa y lamelada de color claro o color café oscuro, en algunos filamentos es divergente. El tricoma heteropolar tiene un diámetro de 13.6 – 26 μ . Las células tiene forma rectangular, ovalada o de trapecio de una longitud de 3.3 – 7.8 μ y de 12.9 – 21 μ de ancho. El heterocito basal es de forma redondeada o cónica de una longitud de 3.1 -13.4 μ y de 6.4 – 15.2 μ de ancho. Presentan pocos heterocitos intercalares de longitudes que van de 11 – 20 μ y de ancho tienen de 13.3 – 22.3

μ . Los hormogonios se desarrollan dentro del filamento hasta que rompen la vaina y se liberan. Tienen tamaños variados que van desde 23.5 – 122 μ de longitud. A veces el heterocito basal de los hormogonios se pueden confundir con los heterocitos intercalares.

Muestra examinada: CaloM. Veracruz. Mayo 2009. Colector: Hilda León Tejera.

Comentarios

Se consideraba como *Calothrix pulvinata* debido a que morfológicamente coincide con la descripción de Geitler (1932), Chapman (1956) y Setchell y Gardner (1919), más no en las medidas, ya que esta población es de mayor tamaño a lo reportado, pero al presentar heterocitos intercalares, se propone como una especie perteneciente al género *Scytonematopsis*.

Scytonematopsis sp. 5

Lámina IX

Crecimiento en forma de tapetes sobre la roca. Filamentos verdes con ramificaciones unidos en la base con una longitud de 141 – 490 μ , a veces presentan espacios intracelulares vacíos. La vaina es hialina y en algunas partes es ámbar. El tricoma heteropolar tiene un diámetro de 5.7 – 10.2 μ . Las células son cortas y anchas de una longitud de 1 – 2.8 μ y un ancho de 5.5 – 8.6 μ . Las células del pelo son muy pequeñas y no es visible la división. El heterocito basal es poco visible pero tienen una apariencia redonda de una longitud de 4 – 6 μ y un ancho de 6 μ en promedio. Presenta heterocitos intercalares de color amarillo y de formas rectangulares y ovaladas con una longitud de 2.7 – 7.2 μ y un ancho de 5.7 – 10.5 μ . Los hormogonios se forman dentro del filamento hasta que rompen la vaina, se liberan y se adhieren al sustrato para formar un nuevo crecimiento. Tienen una longitud de 16.8 – 91.8 μ . No presentan ramificación aunque algunos hormogonios en etapa de liberación asemejan ramas falsas.

Muestra examinada: C438. Playa Tortugas, Monte Pío, Veracruz. Zona mesomareal sobre roca basáltica. Abril 2012.

Comentarios

Se propone como posible nueva especie de *Scytonematopsis*, ya que no presenta semejanzas con ninguna especie descrita.

Scytonematopsis sp. 6

Lámina X

Crecimiento en forma de césped. Filamentos heteropolartes largos color verde bandera de 100 – 513 μ de longitud unidos en la base, algunos de estos filamentos presentan espacios intracelulares vacíos y también llegan a presentar un pelo largo de 33 - 160 μ de longitud. Vaina hialina con algunas partes de color amarillo ámbar. Células muy compactas, cortas y anchas de 0.6 – 3.6 μ de longitud y de 6 – 12.1 μ de ancho. Presentan heterocitos intercalares de forma rectangular y color amarillo de 2.5 – 5.9 μ de longitud y de 7 – 15.4 μ de ancho. El heterocito basal es de forma redonda o cónica de 2.2 – 7.1 μ de longitud y 5.1 – 9.2 μ de ancho. Se observaron hormogonios de una longitud de 32.3 – 84.6 μ , que se desprendían de la parte lateral del filamento que asemejaban ramas falsas. Muestra examinada: Calothrix Muñecos. Playa Muñecos, Veracruz. Zona mesomareal. Abril 2012. Col. Hilda León.

Comentarios

Se propone como potencial nueva especie de *Scytonematopsis* ya que no coincide con ninguna especie publicada.

Scytonematopsis sp. 7

Lámina XI

Crecimiento en forma de tapete de color verde opaco. Los filamentos se alinean paralelamente, tienen forma recta y un grosor homogéneo menos en el ápice donde se atenúa. Los filamentos tienen una longitud de 115 - 335 μ y el tricoma heteropolar tiene un ancho de 3.8 – 10.1 μ . Las células son rectangulares, anchas y cortas con una longitud de 1.8 - 3.2 μ y un ancho de 6.1 – 10.3 μ . No presentan ramas falsas ni pelo. Los heterocitos basales tienen forma cónica y su anchura es de 5.8 – 2.1 μ y una longitud de 2.3- 6.1 μ . Presentan dos o más heterocitos

intercalares por filamento de 3.9 – 10 μ de longitud y 4.1 – 11.1 μ de ancho. Presentan ramificación falsa.

Muestra examinada: C5. Morro de la Mancha, Veracruz. 10 octubre 2009. Sobre plataforma sumergida. Col. Laura González.

Comentarios

Esta muestra es escasa. Las medidas no coinciden con ninguna especie registrada. Se podría considerar nueva especie.

Tabla 1. Caracteres morfológicos y medidas de las especies reportadas para los géneros de *Calothrix* y *Scytonematopsis*.

Especie/Carácter	<i>Calothrix</i> cf. <i>scopulorum</i> C86	<i>Calothrix</i> sp 1 C413	<i>Scytonematopsis</i> sp 1 C91	<i>Scytonematopsis</i> sp 1 C116	<i>Scytonematopsis</i> sp 1 C391	<i>Scytonematopsis</i> sp 2 C456	<i>Scytonematopsis</i> sp 3 M33E2	<i>Scytonematopsis</i> sp 4 CaloM	<i>Scytonematopsis</i> sp 5 C438	<i>Scytonematopsis</i> sp 6 CalothrixMuñecos	<i>Scytonematopsis</i> sp 7 C5
Long Fil (μ)	37-68	17.5-56.5	80 - 700	127-438	143-442	600-700	299-542	444-551	141-490	100-513	115.9-335.2
Ancho Tric(μ)	1.8-4.3	1.7-3.3	6.3 - 10.7	6.3-10.6	6.4-9.6	9.5-12.7	7.2-11.9	13.6-26	5.7-10.2	6.9-13.2	3.8-10.1
Long Cel(μ)	1.6-4.5	0.4-0.9	2.2-12.4	1.5-3.3	1.8-3	1.5-5.3	1.5-3.6	3.3-7.8	1-2.8	0.6-3.6	1.8-3.2
Ancho Cel(μ)	1.8-4.1	1.6-2.7	1.1-5.3	6.9-9.7	5.9-8.3	8.8-12.4	7.8-11.1	12.9-21	5.5-8.6	6-12.1	6.1-10.3
Long Het Bas(μ)	1.3-4.5	1-3.8	1.8-7	1.8-6.4	4.4-6.4	2.9-9.2	2.6-7.5	3.1-13.4	4.0-6.0	2.2-7.1	2.3-6.15
Ancho Het Bas(μ)	2.2-4.4	1.7-4.5	6.5-13.9	5.6-13.5	5.5-8	6.1-11.1	6.4-10.6	6.4-15.2	6.3-6.7	5.1-9.2	5.8-8.1
Long Het Int(μ)	np	np	3.5-12.5	3.5-12.5	3.7-8.9	6.9-10.8	3.9-11.2	11-20.1	2.7-7.2	2.5-5.9	3.9-10
Ancho Het Int(μ)	np	np	5.6-13.9	6.4-10.9	5.8-9.4	7-10.7	6.8-11.3	13.3-22.3	5.7-10.5	7-15.4	4.1-11.1
Long Horm(μ)	np	8.1-17.9	np	np	np	np		23.5-122.2	16.8-91.8	np	np
Pelo(μ)	25	no	10	18	no	< 40	17.8-52.8	<30	no	10, en algunos filamentos	no

X

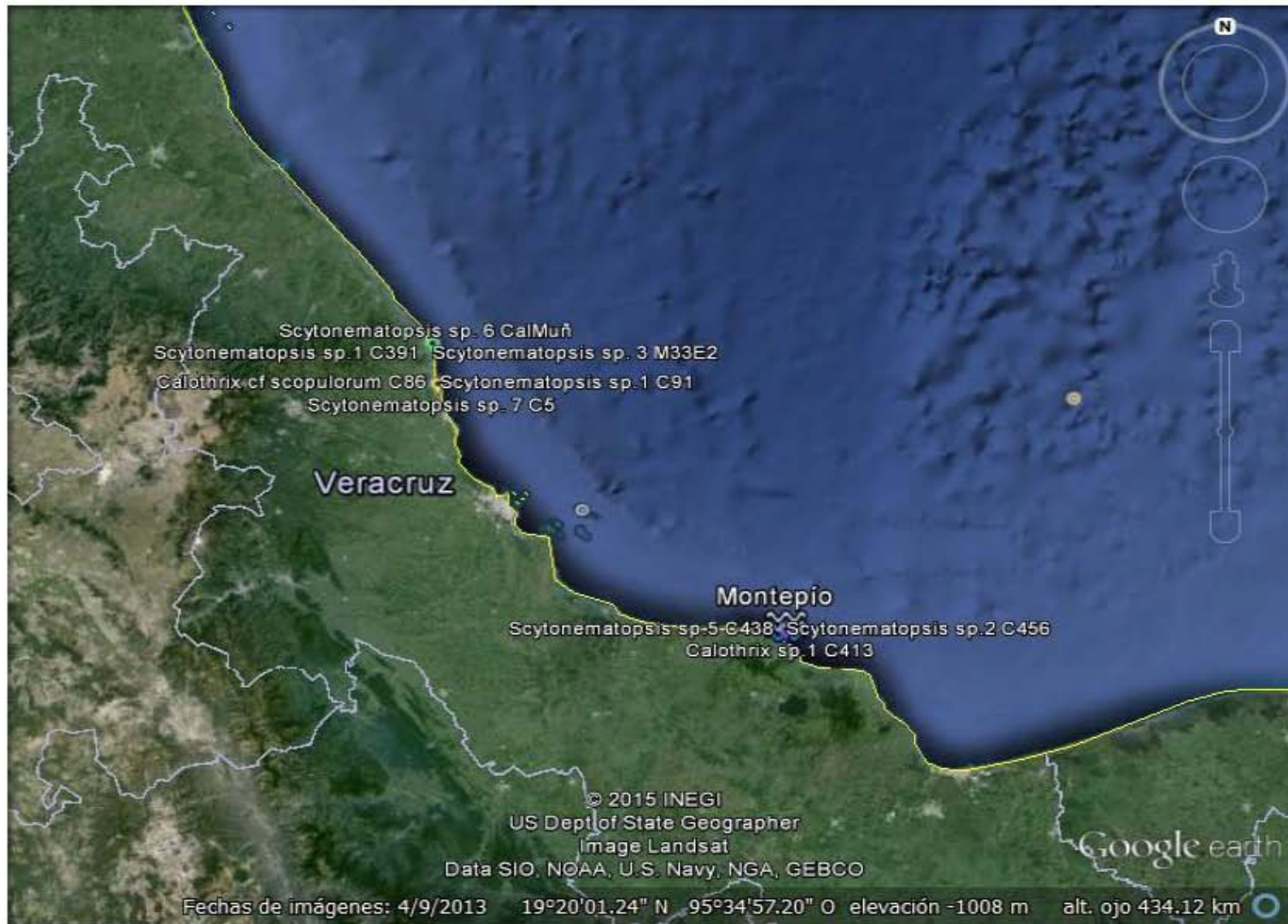


Fig. 2. Mapa de la distribución de las especies de *Calothrix* y *Scytonematopsis*.

Lámina I

Calothrix cf scopulorum (C86). a.- Filamento sin heterocito intercalar. b.- tapete de filamentos en crecimiento. c.- pelo d.- heterocitos basales. e.- hormogonio. f.- heterocito basal y células del filamento



Lámina III

Scytonematopsis sp 1. (C91) a.-- filamentos agregados. b.- heterocitos intercalares y células del filamento. c y d.- heterocito basal. e.- hormogonio. f.- filamento ligeramente atenuado.



Lámina IV

Scytonematopsis sp 1. (C116): a.- Filamentos agregados. b.- Heterocito basal. c y e.- Heterocitos intercalares y células del filamento. d.- pelo. f.- heterocito basal.



Lámina V

Scytonematopsis sp 1. (C391) a.- filamentos agregados. b.- heterocitos intercalares. c.- pelo. d.- heterocitos basales. e-f.- células del filamento.

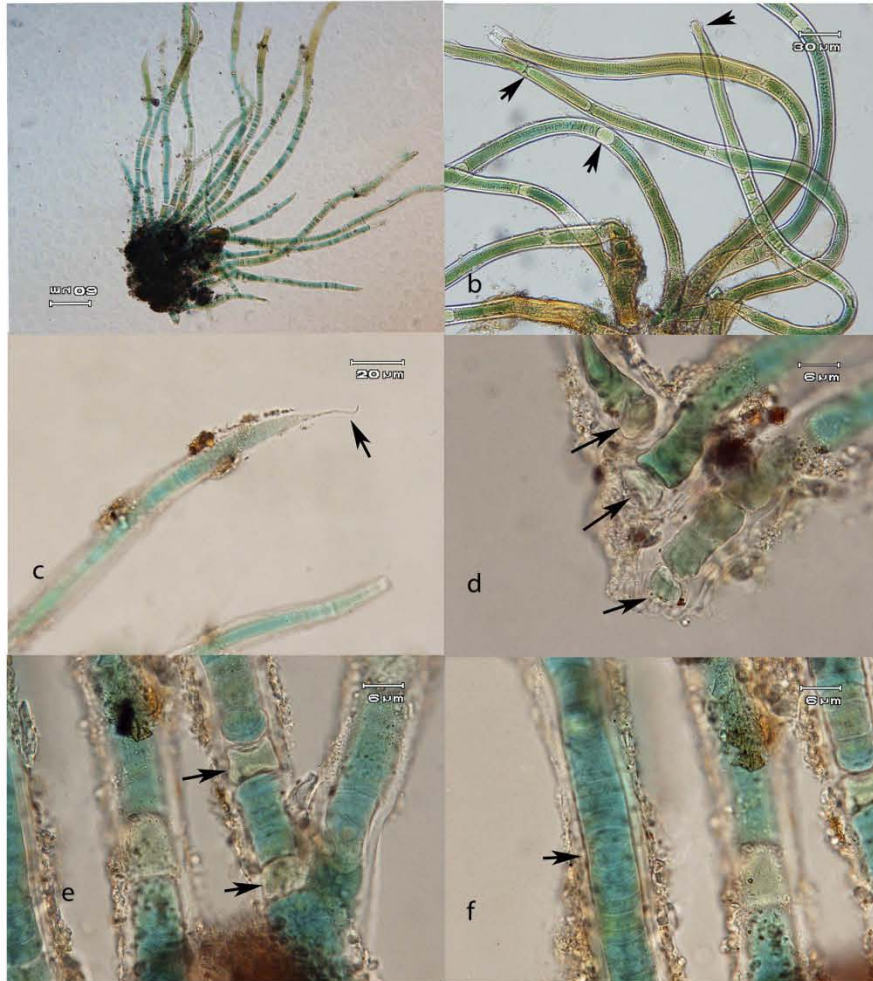


Lámina VI

Sytonematopsis sp 2. (C456). a.-filamentos. b.- heterocitos basales. c.- hormogonio rompiendo la vaina. d.- heterocitos intercalares. e.- hormogonio. f.- necridio.



Lámina VII

Scytonematopsis sp 3. (M33E2). a.- Tapete. b.- Filamentos atenuados al final. c.- heterocitos intercalares. d.- vaina y necridios. e.- células del filamento. f.- heterocitos basales.

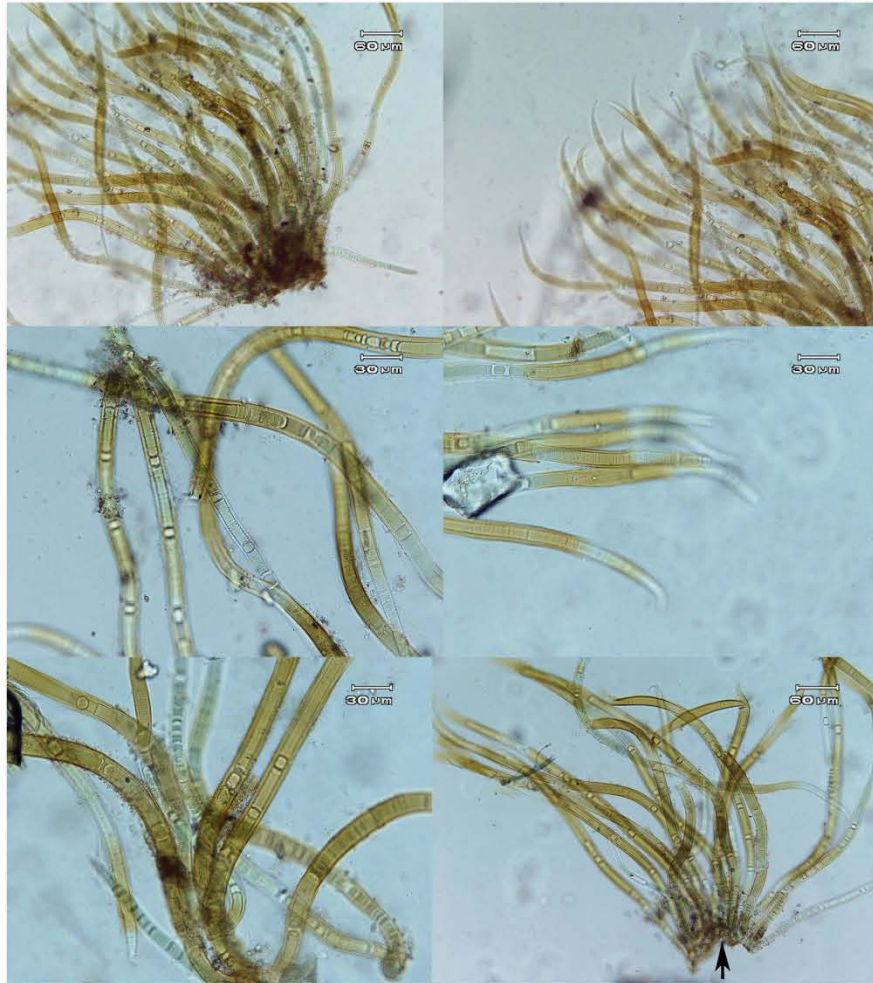


Lámina VIII

Scytonematopsis sp 4. (CaloM). a.-filamentos agregados. b.- heterocito basal. c.-heterocitos intercalares. d.-vaina. e.- hormogonios. f.- pelo.

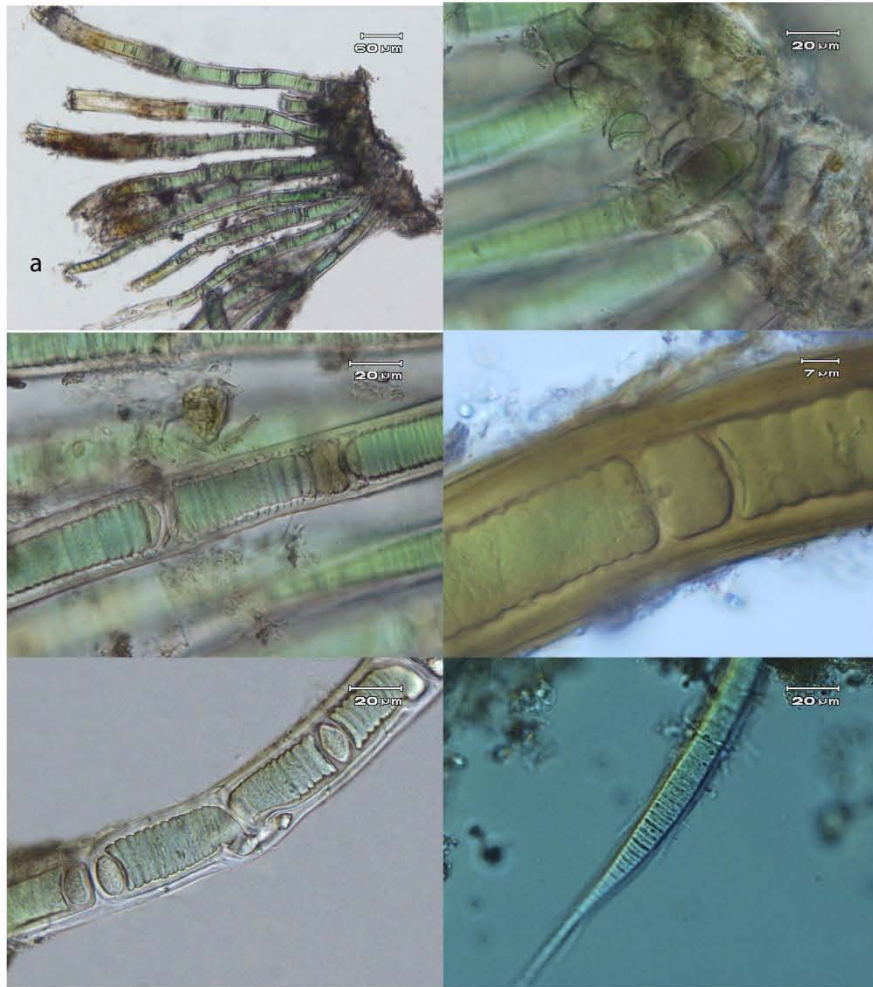


Lámina IX

Scytonematopsis sp 5 (C438). a.-filamentos. b-d.- hormogonios.
e.-heterocitos basales. f.- filamentos creciendo.

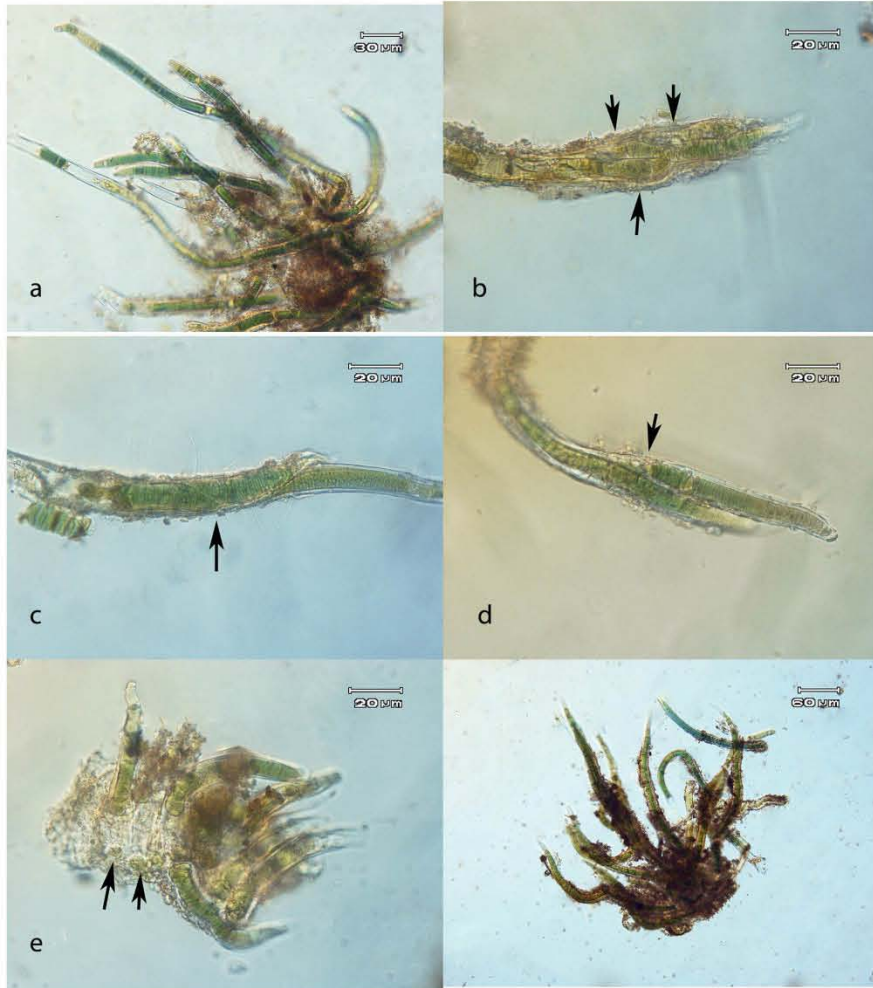


Lámina X

Scytonematopsis sp 6 (CalothrixMuñecos). a.- filamentos agregados. b.- pelo. c.- vaina y células del filamento. d.- crecimiento. e.-rama. f.- heterocitos intercalares.

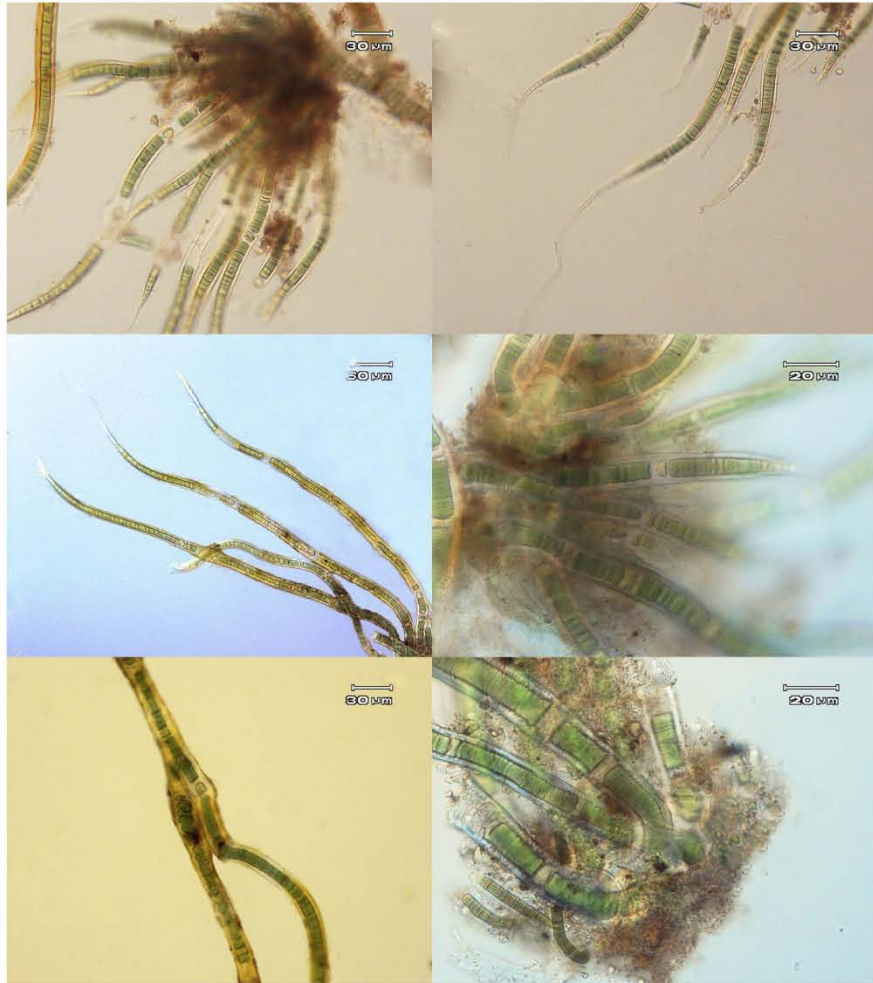
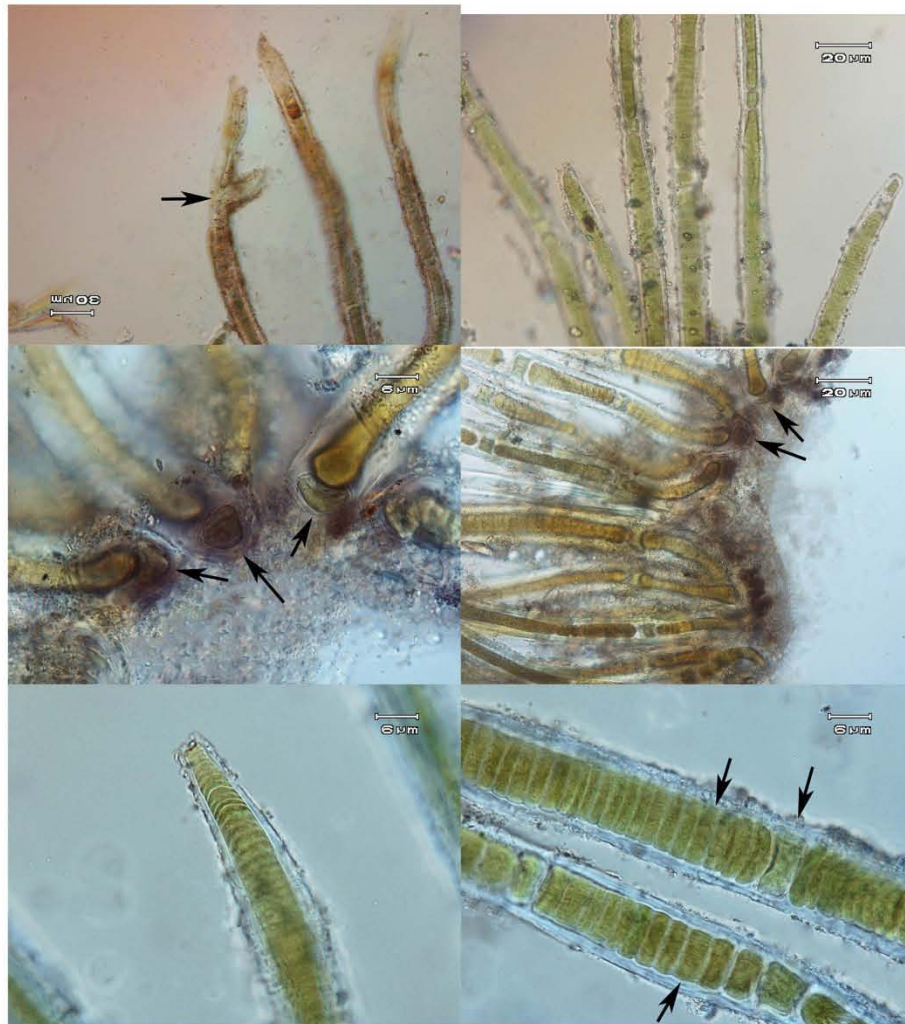


Lámina XI

Scytonematopsis sp 7. (C5). a.- rama. b.- filamentos. c-d.- heterocitos basales. e.- filamento atenuado. f.- heterocito basal y células del filamento.



Género *Scytonema* Agardh ex Bornet et Flahault 1887.

Scytonema sp. 1 Geitler 1932.

Lámina XII

Crecimiento en forma de tapete de 1 cm de altura. Filamentos verdes, vaina lamelada color café oscuro, muy gruesa, desde 2.2 μ - 5.4 μ de grosor. Las células son en su mayoría cortas y anchas, tienen forma de moneda con una longitud de 1.1 - 3.8 μ y un ancho de 5.5 - 9.1 μ . Muchas de las células presentan gránulos en su interior. Los heterocitos intercalares tienen forma rectangular, son escasos y van de 6.4 - 9.2 μ de ancho y de 2.8 - 11 μ de longitud. Las ramas son escasas de tipo V. No se observaron hormogonios

Muestra examinada: C36. San Agustín, Oaxaca. Zona supramareal. Abril 2010. Col. Hilda León.

Comentarios

Esta población tiene características del género *Scytonema* aunque hay evidencias de que se trata del género *Brasilonema* en la escasa ramificación falsa y el crecimiento en fascículos.

Scytonema cf. *incrustans*

Lámina XIII

Crecimiento en forma de tapete. Filamentos color verde bandera intenso, vaina hialina de un grosor de 3.7 μ en promedio. Células semi redondeadas de 1.7 - 3.8 μ de longitud y de 4.6 - 7 μ de ancho. Los heterocitos son redondos y algunos tienen forma cónica de color amarillo claro de fácil distinción con medidas que van de 3.8 - 6.2 μ de longitud y de 4.5 - 8.9 μ de ancho. Heterocitos intercalares poco abundantes y las ramas falsas poco frecuentes. Hormogonios poco visibles.

Crece sobre rocas en el intermareal en un micro-hábitat sombreado y humedad.

Muestra examinada: C179. Playa Coral, Isla Ixtapa. Zona mesomareal. Septiembre 2011. Col. Susana Cristabel Rafael Aguilar.

Ha sido reportada en:
Israel, Bretaña, España y China.

Comentarios

Se determinó por la forma de los filamentos y porque tienen la mismas medidas celulares según Geitler (1932) y Tilden (1968). También coinciden en la ilustración que presenta, los bucles y la forma de las células y la posición de los heterocitos nos permiten hacer un acercamiento a la identificación de esta población. De ser así, sería el primer registro para las costas mexicanas, aunque hay que considerar que se presenta en un ambiente completamente distinto (agua dulce) de ahí el nombrarle como "cf".

Scytonema sp. 2

Lámina XIV

Crecimiento en forma de tapete. Filamentos verde opaco con una vaina delgada, lamelada y oscura. Células redondeadas y cilíndricas de 1.5 - 3.5 μ de longitud y de 3.9 - 6 μ de ancho con gránulos en las células. Los heterocitos son pequeños y abundantes, muchos en etapa de diferenciación, con una longitud de 1 - 3.5 μ y 3.3 - 6.5 μ de ancho. Ramificación abundante. Los hormogonios se desprenden cuando la vaina se rompe y libera a grupos de células al medio.

Muestra examinada: C48. Cacaluta, Oaxaca. Zona supramareal, sobre granito. Diciembre 2010. Col. Laura González.

Comentarios

No existen reportes que permitan la identificación de esta especie, así que se propone como nueva especie. Cabe mencionar que presenta similitudes con la muestra C433, por lo que se consideran la misma especie.

Scytonema sp. 2

Lámina XV

Crecimiento en forma de manchones. Filamentos pequeños y cortos de color café amarillento de una longitud de 59 μ en promedio (49.5 - 88.6 μ). Las células

miden de 0.6 – 2.7 μ de longitud y de 2.6 – 4.9 μ de ancho. Los heterocitos son escasos de formas rectangulares y un color amarillo ámbar; tienen una longitud de 1.1 – 3.3 μ y un ancho de 2.1 – 5 μ . La ramificación falsa es abundante. Los hormogonios miden de 13.6 – 22.1 μ de longitud y se desprenden del filamento principal. No se observaron hormogonios.

Muestra examinada: C433. Tortuguitas, Monte Pío Veracruz. Sobre roca basáltica. Supramareal. Abril 2012.

Comentarios.

No se llegó a ninguna aproximación debido a que las medidas de los filamentos, células y heterocitos son muy pequeños a comparación de las medidas de poblaciones descritas. La forma general nos permite identificarla como del género *Scytonema*, pero el tamaño de sus estructuras no coincide con ningún registro. Coincide morfológicamente con la muestra C48 antes mencionada.

Scytonema sp. 3

Lámina XVI

Crecimiento en forma de tapete. Filamentos largos agregados de color verde bandera. La vaina es hialina y gruesa. Las células tienen forma rectangular con los bordes redondeados, de una longitud de 1.8 – 6.1 μ y un ancho de 5.5 – 15.6 μ . Las ramificaciones son abundantes y largas, además de que el filamento presenta varios bucles. Los heterocitos son abundantes en algunos filamentos mientras que en otros son escasos, presentan formas redondeadas o rectangulares y un color amarillo ámbar, miden de 2 – 8.2 μ de longitud y de 5.5 – 16.1 μ de ancho. Los hormogonios se liberan del filamento y se anclan en el sustrato para formar un nuevo crecimiento. Estas estructuras de reproducción tienen una longitud de 107 μ en promedio. La ramificación es falsa.

Muestra examinada

Muestra C411. Monte Pío, Veracruz. Mesomareal. Abril 2012.

Comentarios

Esta población no presenta coincidencias con las especies reportadas. La forma del filamento, las ramificaciones y el arreglo celular nos permiten identificarla como

del género *Scytonema* pero no se encuentran similitudes con especies descritas. Esta población presenta las mayores medidas de todas las especies descritas en este reporte.

Tabla 2. Caracteres morfológicos y medidas de las especies reportadas para el género *Scytonema*.

Especie/Carácter	<i>S. cf incrustans</i> C179	<i>S. cf incrustans</i> C416	<i>S. cf incrustans</i> C418	<i>S. cf incrustans</i> C438	<i>Scytonema</i> sp 1 C36	<i>Scytonema</i> sp 2 C48	<i>Scytonema</i> sp 2 C411	<i>Scytonema</i> sp 3 C433
Long Fil μ	< 1 cm	<1cm	<1cm	280-680	1cm		<1cm	49.5-88.6
Long Cel μ	1.7-3.8	2.1-3.6	1.5-2	2.4-5.5	1.1-3.8	1.5-3.5	1.8-6.1	0.6-2.7
Ancho Cel μ	4.6-7	5.1-7.2	3.6-5.4	3.8-7.2	5.9-9.1	3.9-6	5.5-15.6	2.6-4.9
Long Het μ	3.8-6.2	4.1-4.7	2.7	3.6-6.1	2.8-11	1-3.5	2-8.2	1.1-3.3
Ancho Het μ	4.5-8.9	6.8-8.5	6.2	4.5-7.2	6.4-9.2	3.3-6.5	5.5-16.1	2.1-5
Het x Fil	escasos	escasos	escasos	regular	escasos	abundantes	abundantes	escasos
Ramificación	escasa, forma asas	escasa, forma asas	escasa, forma asas	escasa, forma asas	escasa	abundante	abundante	abundante

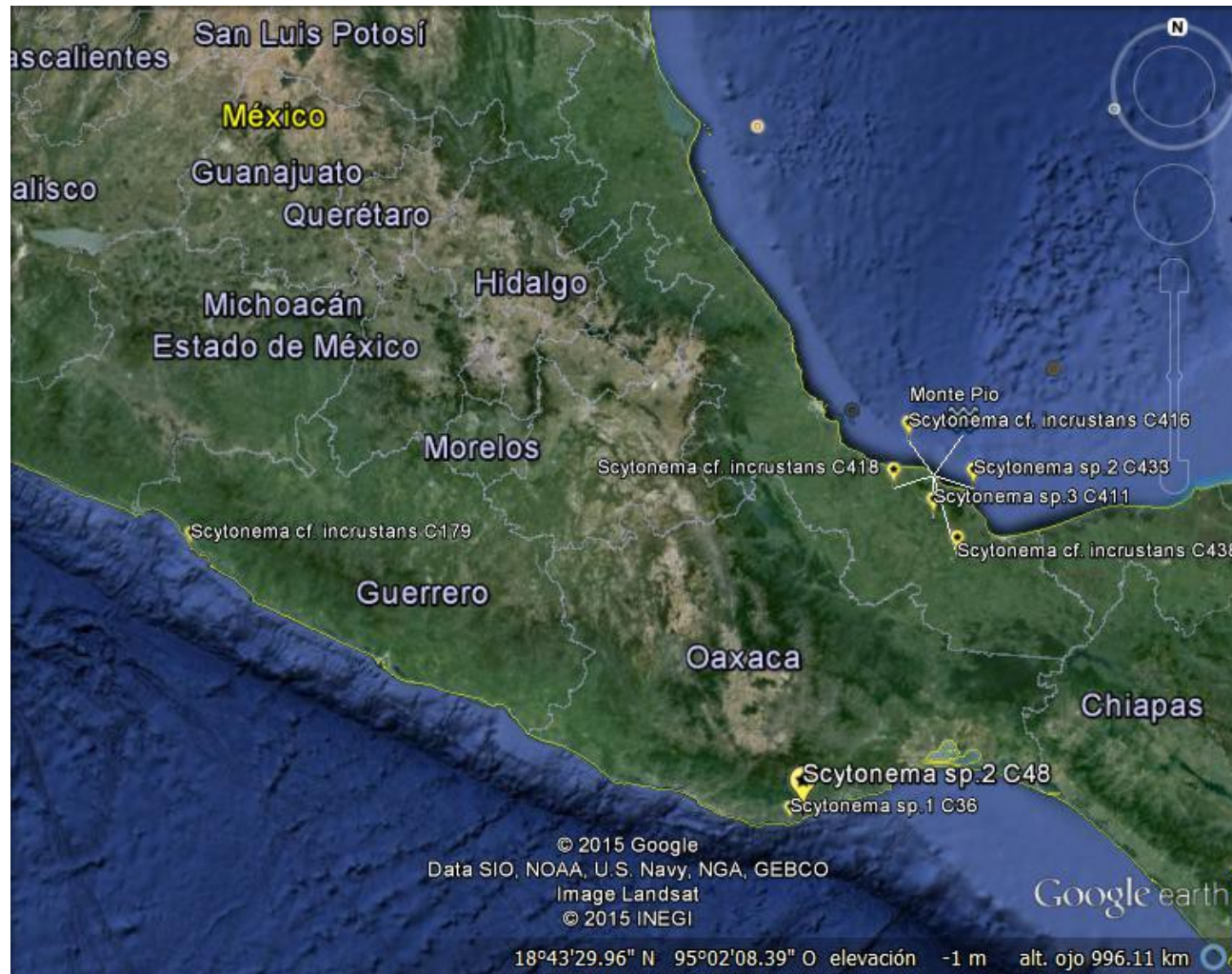


Fig. 3. Mapa de la distribución del género *Scytonema*.

Lámina XII

Scytonema sp 1 (C36). a.-b.- filamentos . c.- ramificación. d.- ápice del filamento . e.- heterocito. f.- células del filamento y vaina.

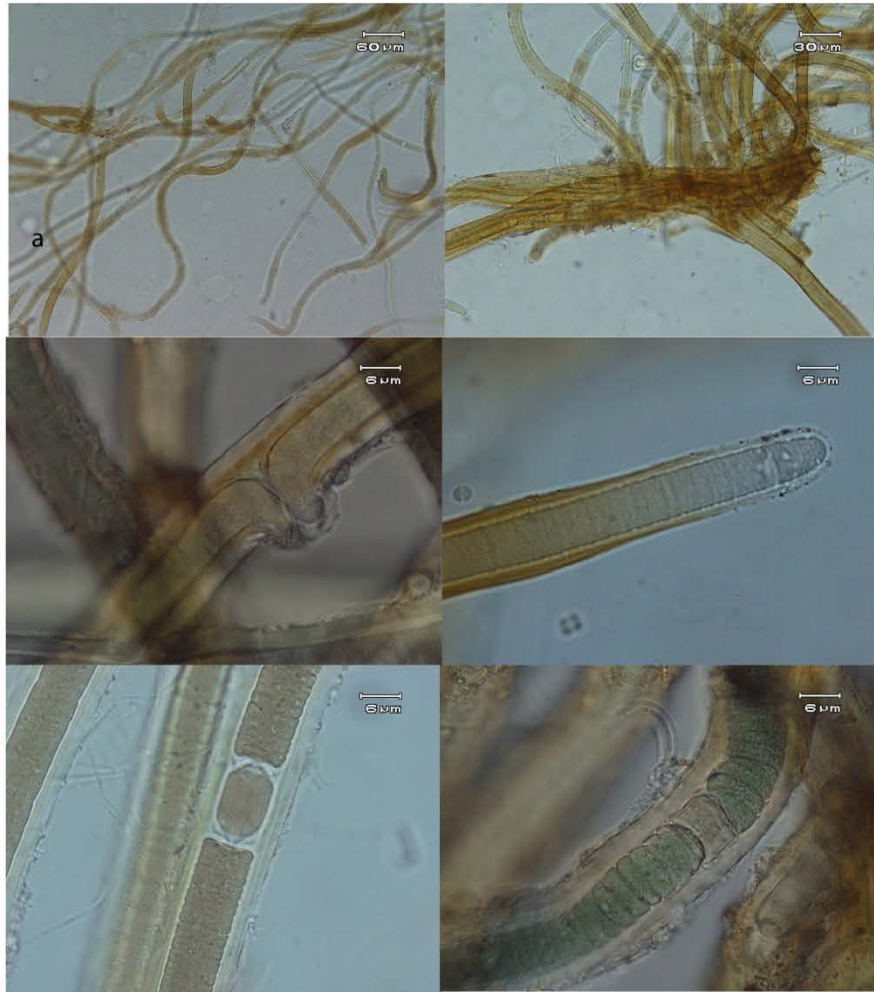


Lámina XIII

Scytonema cf incrustans (C179). a.- filamento. b.- ramificación. c.- asa y ramificación. d.- ramificación. e.- hormogonio. f.- asa.



Lámina XIV

Scytonema sp 2. (C48). a.- filamentos. b. ramificaciones. c.-hererocitos. d.- ramificaciones.



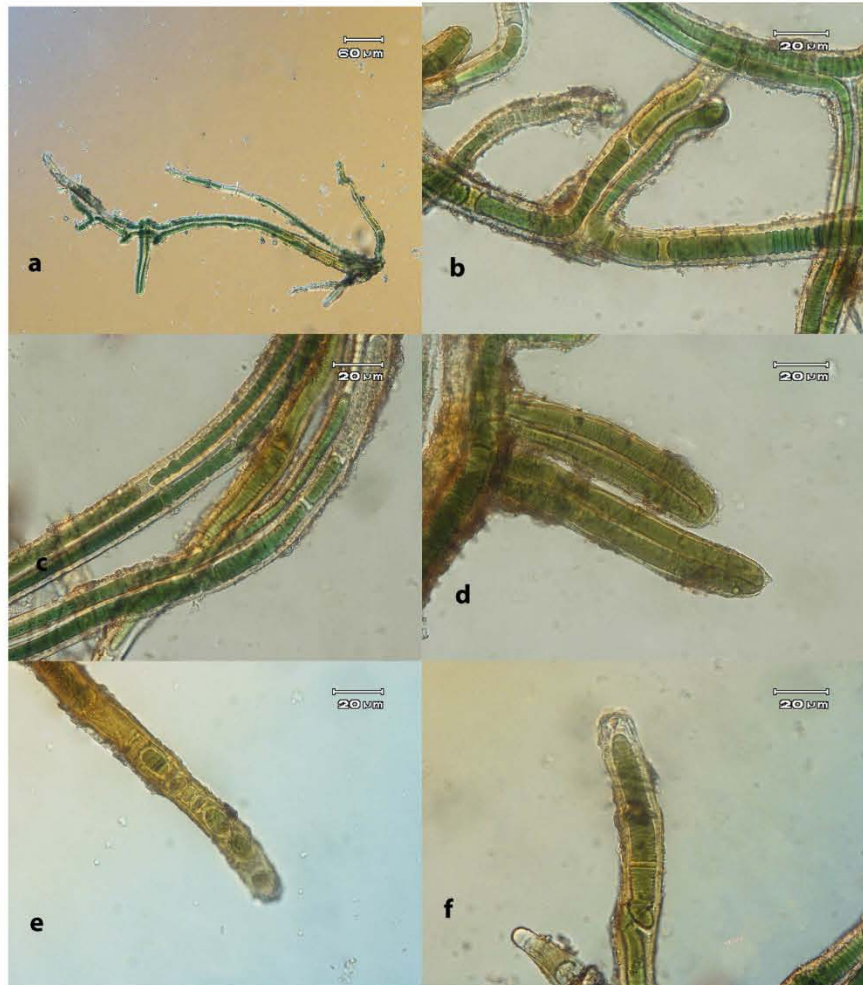
Lámina XV

Scytonema sp 2 (C433). a.- filamentos agregados. b.- ápice de los filamentos. c.- hormogonio. d.- ramificación. e.- ruptura de la vaina. f.- heterocitos.



Lámina XVI

Scytonema sp 3 (C411). a.- filamento. b.- ramificación. c.- heterocitos intercalares. d.- asas. e.-f.- hormogonios.



7.1.6.-Género *Kyrtuthrix* (Gomont) Umezaki

Kyrtuthrix sp. 1

Lámina XVII

Crecimiento que forma un tapete de color verde bandera. Filamentos alineados paralelamente de 65 - 121 μ de altura. Células de 1.7 - 4 μ de longitud y de 2.4 - 3.8 μ ancho, tienen forma cilíndrica y redondeadas con gránulos. Vaina hialina y gruesa de 7.7 - 12.3 μ de grosor total para cada par de filamentos y de 3.5 - 5.8 μ de grosor por cada filamento. Heterocitos redondeados, rectangulares y ovoides de 2.5 - 6.9 μ de largo y de 2.6 - 4.7 μ de ancho. No se observaron hormogonios

Muestra examinada: C399. Playa Muñecos, Veracruz. Sobre rocas de la zona supralitoral. 18 marzo 2012. Col. Hilda León.

Comentarios

No se ha reportado ninguna especie de *Kyrtuthrix* con estas características morfológicas en el mundo. Se puede decir que es un nuevo registro para México además de que se tienen elementos para sostener que es una nueva especie.

Las variaciones van desde la forma y tamaño celular. Las variantes son en el tamaño de las células, éstas son más pequeñas, el color es más opaco, la forma es redondeada y los heterocitos son más abundantes, aunque el ambiente es marino sobre rocas.

Kyrtuthrix sp. 2

Lámina XVIII

Crecimiento sobre roca en pequeños parches casi imperceptibles. Filamentos color café debido a la degradación del material con una longitud de 32 - 63 μ . Vaina hialina y gruesa de 6.5 - 11.2 μ de grosor total. Las células tienen forma de trapecio y tienen una longitud de 1.2 - 2.1 μ y un ancho de 1.4 - 2.6 μ . Las células apicales tienen forma rectangular y se van atenuando y perdiendo la línea divisoria entre las células formando un tipo pelo. Los heterocitos tienen formas redondeadas y rectangulares con longitudes de 2 - 4 μ y de 1 - 3 μ de ancho. No se observaron hormogonios.

Muestra examinada: S/N. Playa Muñecos, Veracruz. Fecha 2009. Sobre rocas en la zona supramareal. Col. Hilda León.

Comentarios

Esta muestra tiene medidas similares a las muestras C436 y C458 de las localidades Playa Tortuguitas y Playa Hermosa, respectivamente, por lo que se agruparon dentro de esta misma especie.

Kyrtuthrix sp. 3

Lámina XIX

Crecimiento en forma de tapete. Filamentos ordenados paralelamente color verde vivo de una longitud de 39 – 85.6 μ . Células redondeadas de 1.4 – 3.2 μ de longitud y 1.7- 3.8 μ de ancho. Los heterocitos son escasos, de forma redondeada y rectangular de una longitud de 2 – 4.5 μ y un ancho de 1.8 – 4.5 μ . Los hormogonios se desprenden del costado del filamento en la parte superior y se anclan en el sustrato formando un nuevo tapete, estas estructuras tienen una longitud de 17.8 μ en promedio.

Muestra examinada: C422. Monte Pio, Veracruz. Mesomareal. 13 abril 2012. Col. Hilda León.

Comentarios

Esta especie no coincide con ninguna de las especies descritas y reportadas para el mundo. La única similitud es con la población de Muñecos (*Kyrturhix* sp.1) antes descrita en el tamaño de las células, el tamaño de los heterocitos y el grosor de la vaina que está dentro del rango. La única diferencia es en la altura del filamento, ya que la población de Monte Pío es de mayor altura que la población de Muñecos (*Kyrtuthrix* sp. 1).

Kyrtuthrix sp. 4

Lámina XX

Crecimiento en forma de tapete. Filamentos color verde vivo con 42 - 111 μ de altura. Las células de la parte superior miden 0.8 - 1.7 μ de largo y 0.8 - 1.4 μ de ancho y terminan en un pelo. La vaina del par de extremos tiene 7.9 - 8.3 μ de

ancho. Heterocitos cuboides a semiesféricos de ($x=1.8 \mu$) 2.2 - 3.4 μ de largo y 3 - 4.5 μ de ancho. Células vegetativas en forma variable desde cilíndricas a piramidales, en ocasiones algunas células intercalares tienen forma de cono truncado. A veces se observa que alguna de las partes terminales sigue creciendo y al llegar a la parte superior se dobla en 180 grados hacia la parte basal. En la parte apical de algunos filamentos se pueden observar pequeños hormogonios que crecen sobre el filamento y que en un momento determinado se liberan y forman un nuevo crecimiento, las tallas de estas estructuras son aproximadamente de 10 – 12 μ de longitud.

Muestra examinada; C179. Playa Coral, Isla Ixtapa, Guerrero. Mesomareal. Septiembre 2011.

Comentarios

Es en la única población en que se logró ver hormogonios. Esta población tiene coincidencias en las tallas con respecto a la población descrita en Chacahua (*Kyrtuthrix* sp. 3) y Muñecos (*Kyrtuthrix* sp. 2) en longitud celular, diámetro de las células, y longitud y diámetro del heterocito. Si se llegara a confirmar que son la misma especie, daría lugar a la discusión de cómo fue que se ha distribuido tanto en el Pacífico como en el Golfo de México (Atlántico).

Kyrtuthrix sp. 4 (Cultivo SN)

Lámina XXI

Crecimiento individual no unido en forma de manchas oscuras. Filamentos desalineados de color verde bandera y presentan muchos gránulos y llega a medir de 32 - 73 μ de altura. La vaina es delgada, hialina, de un grosor de 1.5 μ en promedio. Las células tienen una longitud de 1.3 - 3.6 μ y un ancho de 2.6 - 3.8 μ . La forma de las células es redondeada y ancha con gránulos evidentes. Los heterocitos no son tan evidentes, son cortos, anchos y escasos, muchos se encuentran en etapa de diferenciación; su longitud varía de 2.4 - 4.2 μ y tienen de

0.9 - 1.6 μ de ancho. No presentan pelo. Se considera que los hormogonios son agregados de cinco o más células que crecen sobre el medio de cultivo.

Muestra examinada: C179. Playa Coral, Isla Ixtapa, Guerrero. Medio SN. Sembrado el 19 septiembre 2011.

Comentarios

Es evidente el cambio morfológico que presenta la población en medio de cultivo a las condiciones naturales de campo. Debido al cambio de sustrato y condiciones como el oleaje y la insolación esta población creció como puntos sobre el medio, no paralelamente como en condiciones de campo. Los hormogonios no se desprenden de los filamentos si no que son fragmentos que van creciendo independientemente. Esto nos da una idea de que la morfología va a cambiar con respecto a las condiciones ambientales. Tiene semejanzas con la población que se reporta en la localidad de Muñecos (*Kyrtuthrix* sp. 1) en la longitud del filamento, longitud y diámetro de las células y diámetro del heterocito y con la de Chacahua (*Kyrtuthrix* sp. 5) en el tamaño de las células y del heterocito, aunque mantiene más cercanía con la población de Veracruz que con la de la Costa de Oaxaca.

Kyrtuthrix sp. 5

Lámina XXII

Crecimiento en forma de tapete. Filamentos color verde vivo bandera formando bucles de 52 μ de altura en promedio (30.2 – 67 μ). Células intercalares de 1.2 – 32.9 μ de longitud y 1.5-3.1 μ de ancho, tienen forma de barril o semi redondeada. Estas células son más grandes en la base y se van reduciendo en anchura (de 0.8 - 1.8 μ) conforme se llega al ápice del filamento, el cual es una célula alargada en la punta que forma un tipo de pelo. La vaina es gruesa de 5.8 – 9.7 μ en cada par. Los heterocitos tienen forma cilíndrica y redondeada. Se presentan 1 o 2 veces en el filamento, tienen una longitud de 1.2 – 5.5 μ y un ancho de 1.8 – 3.8 μ . No se observaron hormogonios.

Muestra examinada: C478. Playa del Amor, Chacahua, Oaxaca. Sobre rocas en el supralitoral. Endolítica. Noviembre 2011.

Comentarios

Esta muestra fue tomada de la zona supralitoral, sobre una pared vertical a 20 metros aproximadamente de la línea de costa, donde sólo llegaba la brisa del mar. Era una mancha oscura por fuera pero al fragmentar la roca se pudo observar manchas verde limón y es ahí donde crecía esta población. Esta muestra entra dentro de los rangos de medidas de las especies encontradas en Playa Muñecos (*Kyrtuthrix* sp. 2) en longitud de filamento, longitud y diámetro de las células y diámetro del heterocito e Isla Ixtapa (*Kyrtuthrix* sp. 4) en el diámetro de las células y la longitud del heterocito.

Tabla 3. Caracteres morfológicos y medidas de las especies registradas para el género *Kyrtuthrix*.

Especie/Carácter	<i>Kyrtuthrix</i> sp 1 C399	<i>Kyrtuthrix</i> sp 2 Muñecos	<i>Kyrtuthrix</i> sp 2 C436	<i>Kyrtuthrix</i> sp 2 C458	<i>Kyrtuthrix</i> sp 3 C422	<i>Kyrtuthrix</i> sp 4 C179	<i>Kyrtuthrix</i> sp 4 C179 (cultivo)	<i>Kyrtuthrix</i> sp 5 C478
Altura Fil (μ)	65-121	32.7-63.7	42.5 - 48	53 - 95	39-85-6	42.7-111.6	32.6-72.4	30.2-67
Long Cel (μ)	1.7-4	1.2-2.1	1 - 1.5	1.6 - 2.8	1.4-3.2	1.5-3.1	1.3-3.6	1.2-2.9
Ancho Cel (μ)	2.4-3.8	1.4-2.6	1.2 - 2	2 -4.3	1.7-3.8	1.7-2.9	2.6-3.8	1.5-3.1
Long Het (μ)	2.5-6.9	2.2-4.1	1.2 - 1.8	1.3 - 1.5	2-4.5	1.8-3.5	2.4-4.2	1.2-5.5
Ancho Het (μ)	2.6-4.7	1.8-3.7	1.5 - 2.9	1.5 - 2.2	1.8-4.5	2.6-4.4	0.9-1.6	1.8-3.8
Grosor vaina (μ)	7.7-12.3	6.5-11.2	5.3 - 7.4		7.2		0.5-2.3	5.8-9.7
Long Horm (μ)	no se observó	no se observó	no se observó	no se observó	17.8	10.0-12	no se observó	no se observó

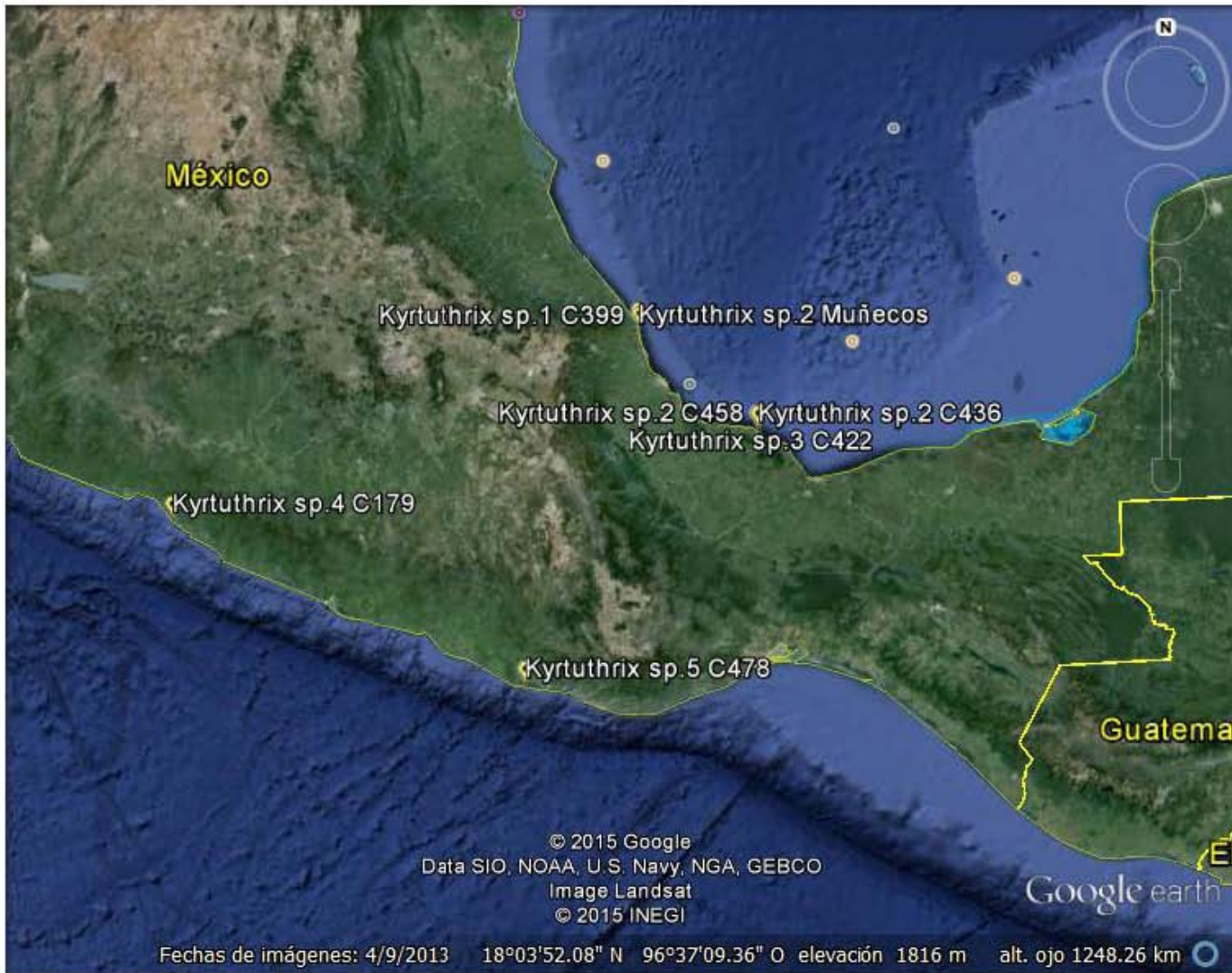


Fig. 4 Mapa de la distribución del género *Kyrtothrix*.

Lamina XVII

Kyrtuthrix sp 1 (C399). a.- tapete. b.- ápice de filamentos. c.- células. d.- parte basal del tapete. e.- vaina doble. f.- heterocitos.

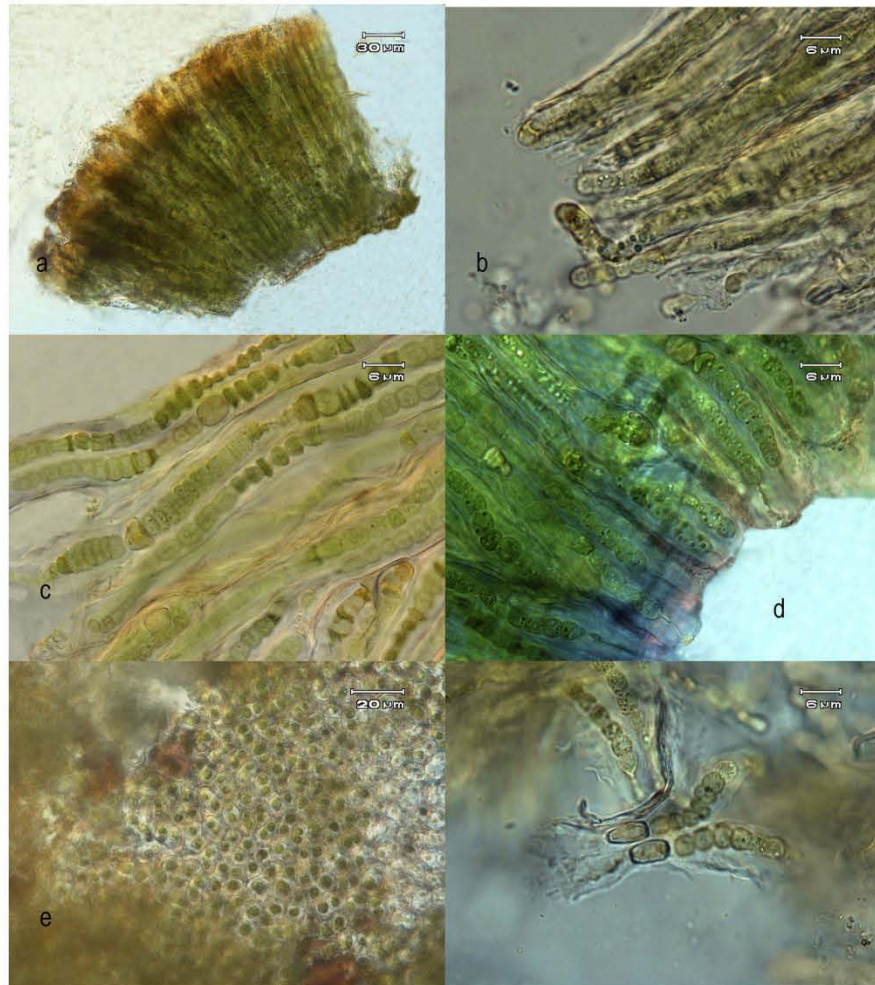


Lámina XVIII

Kyrtuthrix sp 2 (Muñecos). a.-b.- filamentos agregados. c.- asa en filamento.
d.- vaina. e.- parte basal de la colonia. f.- heterocitos.

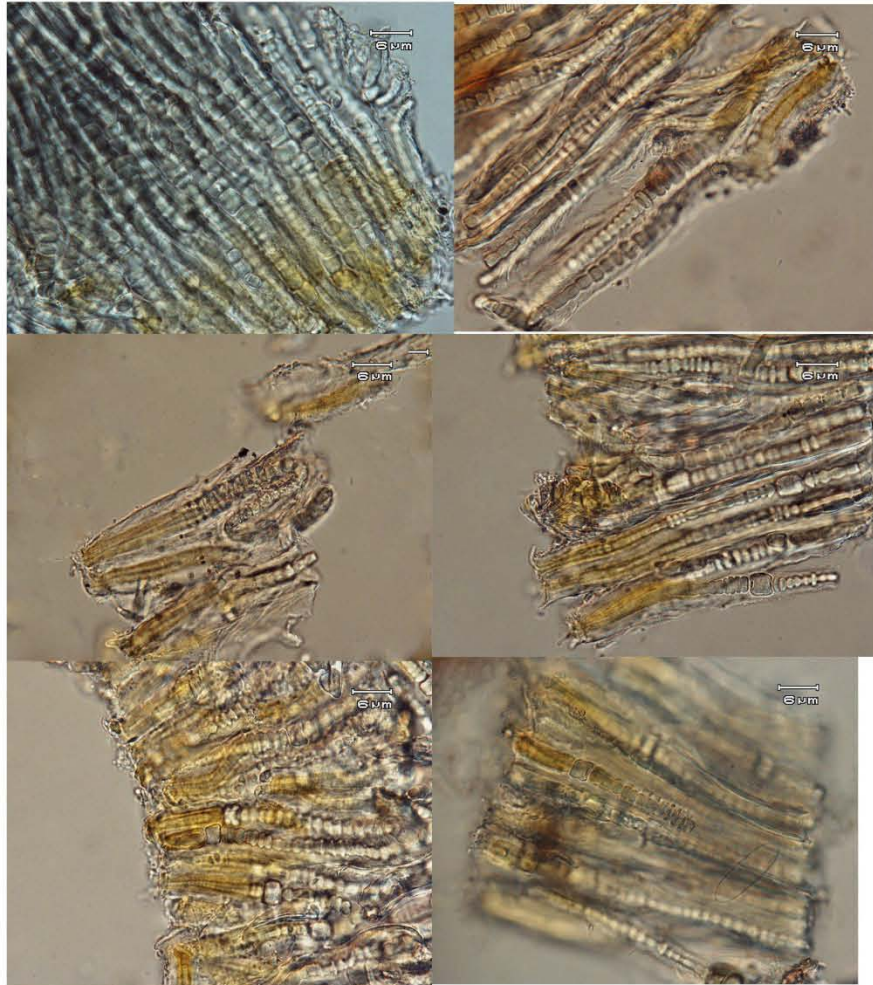


Lámina XIX

Kyrtuthrix sp 3 (C422). a.-b.- tapete de filamentos. c.- vaina doble. d.- vaina abierta en el ápice. e.-heterocitos. f.- células del filamento.

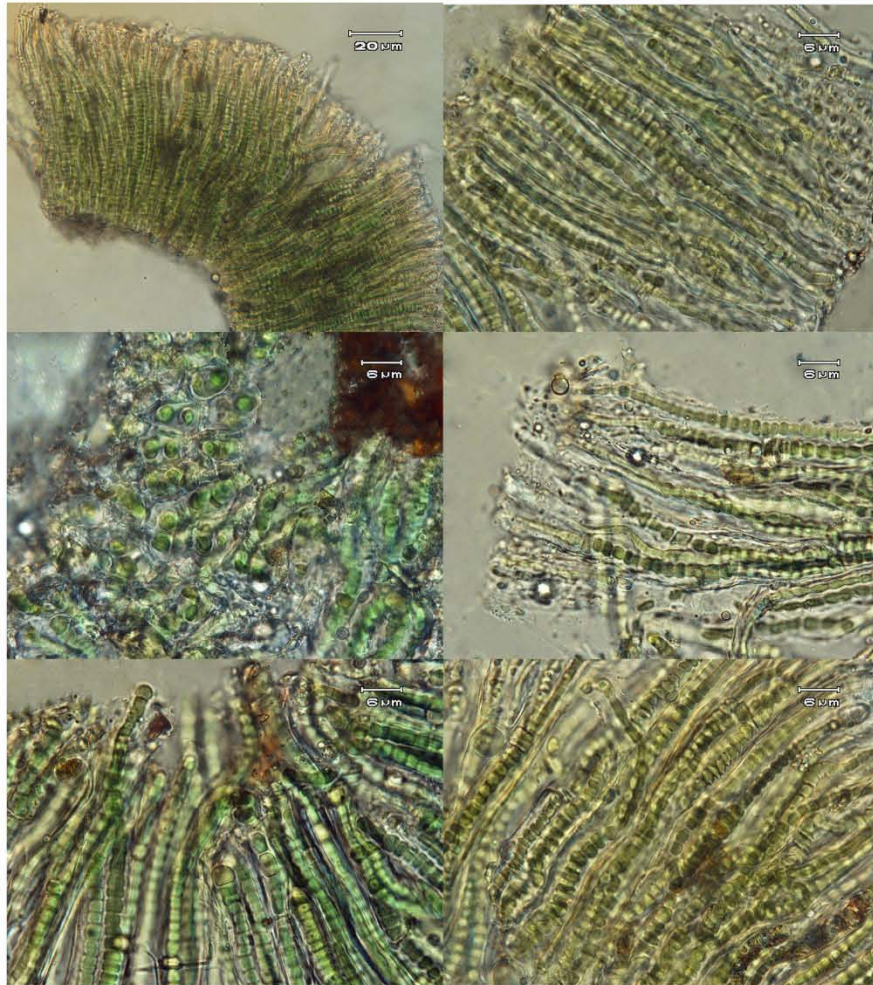


Lámina XX

Kyrtuthrix sp 4 (C179). a.- tapete- b.- filamentos alineados. c.- vaina doble.
d.- hormogonios en el ápice. e.-f.- heterocitos y células.

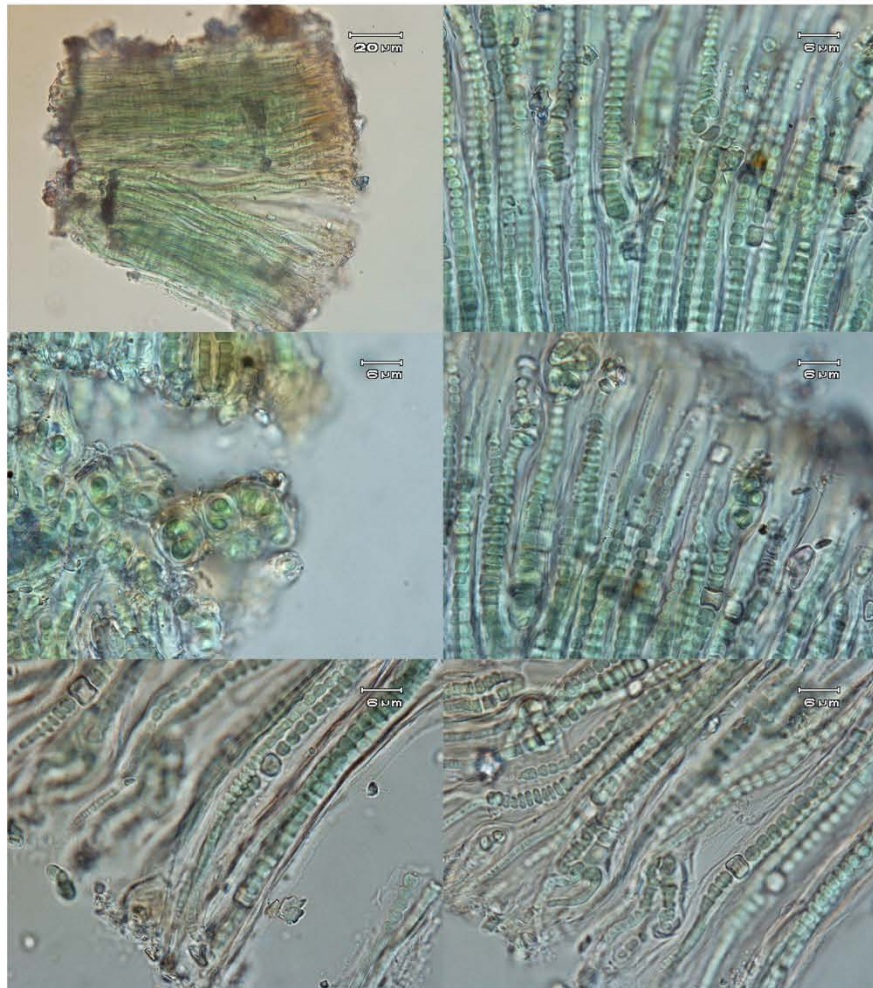


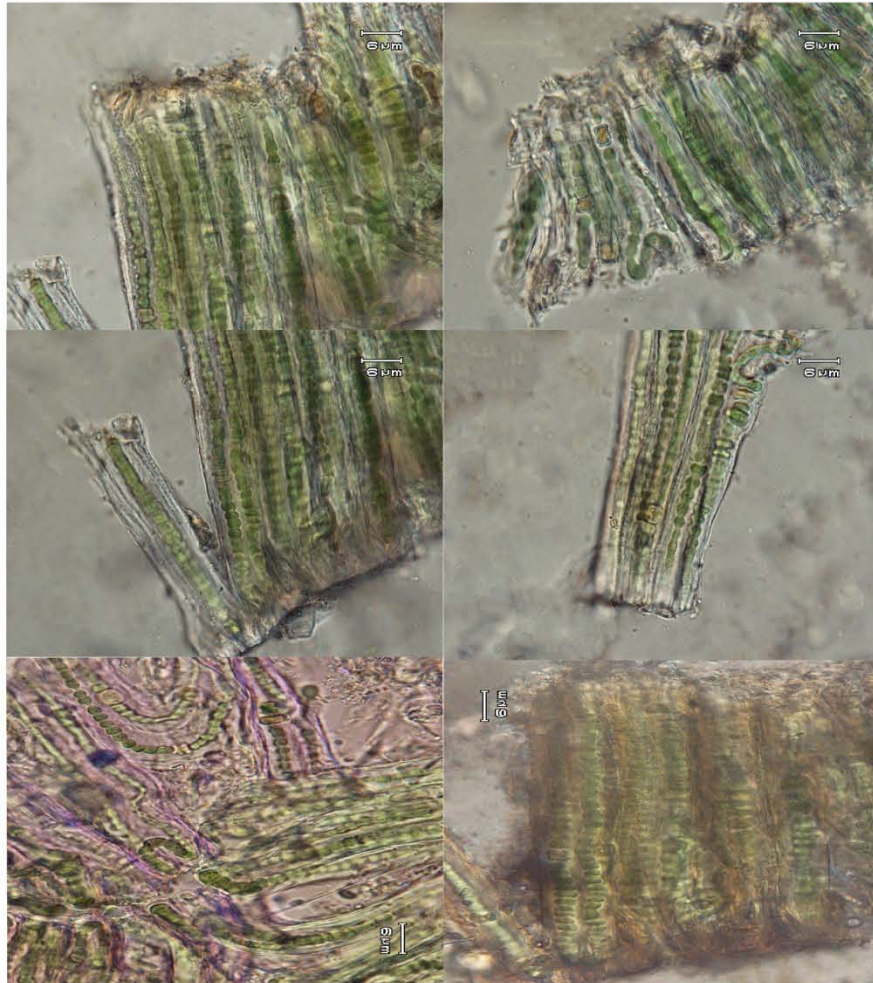
Lámina XXI

Kyrtuthrix sp 4 (cultivo). a.- aregado de filamentos. b.-c.- asas. d.- filamentos paralelos. e.- heterocitos. f.- filamento.



Lámina XXII

Kyrtuthrix sp 5 (C478). a.- apice del tapete. b.- tapete en crecimiento. c.- parte basal del tapete. d.- heterocitos. e.-asas en la parte basal. f.- filamentos enbebidos en la vaina.



8.- Discusión y Conclusión

La morfología de las cianofitas causa muchas dificultades en la identificación para el taxónomo, pero es una herramienta básica y sirve como un primer acercamiento para la correcta agrupación y tipificación de este grupo.

La determinación de criterios para reconocer cada morfoespecie no es simple, hay que tomar en cuenta qué caracteres son importantes y significativos y cuales no lo son para cada grupo, además de integrar otros criterios como genéticos o moleculares, fisiológicos y ecológicos.

El establecimiento y desarrollo de una especie en cierto momento y en cierto lugar sólo puede explicarse por la presencia de condiciones ambientales adecuadas. Las especies son indicadores y sensores muy precisos de las cualidades y propiedades del ambiente. La coexistencia eventual de varias especies posibilita la caracterización de las condiciones de dicho evento por el traslape de los óptimos ecofisiológicos atribuibles a dichas especies (González-González, 1992). En este trabajo solo se consideraron los caracteres morfológicos, aunque se tienen pocos datos ambientales, no fueron suficientes para correlacionar el ambiente con la presencia de ciertas especies; por lo que se podría enriquecer y determinar con una caracterización ambiental y microambiental y su relación con la variación morfológica. Asimismo, se puede completar con herramientas moleculares que actualmente están contribuyendo a la clasificación del grupo.

Numerosas especies del grupo Nostocales presentan un alto grado de plasticidad fenotípica (Dasey, *et al.*, 2005), por lo que pueden presentar diferentes morfos en respuesta a diferentes condiciones, lo cual se pudo comprobar en la especie de *Kyrtuthrix* que se logró cultivar (C179). Esta especie mostró diferencias entre el material de cultivo y el campo, por ejemplo: a) formar asas irregulares, b) la producción de hormogonios en la parte superior del filamento, c) no presenta el mismo arreglo grupal ni se presenta la vaina firme y gruesa como en condiciones de campo.

Las especies del género *Calothrix* y *Scytonematopsis* reportadas en este documento tienen tallas más pequeñas en el largo celular, largo del filamento, respecto a las citadas por otros autores, aunque la morfología general es muy parecida. Es por este motivo que se consideran como nuevas especies, a pesar de que pueden presentar semejanzas a simple vista con especies reportadas.

Como se mencionó, se necesitan estudios más profundos (moleculares, ecológicos) que nos revelen si en verdad son otras especies o son sólo poblaciones que presentan variaciones morfológicas resultado de adaptaciones al ambiente, al respecto Silva y Pienaar (2000) reportan que las especies de *Calothrix* a una incubación de 29°C crecían con tallas más grandes mientras que las especies cultivadas a bajas temperaturas 19°C presentan estructuras de menor tamaño, lo cual nos puede indicar que la variación morfológica se puede deber también a la temperatura, tipo de sustrato y condiciones en general. Además de que los estudios moleculares nos pueden dar una información más detallada de la filogenia de estas especies.

Respecto al género *Scytonema* las poblaciones encontradas en México difieren en tamaño a las que se han registrado en el mundo, siendo las poblaciones mexicanas reportadas aquí, más pequeñas en todas sus dimensiones. Para este grupo se proponen tres nuevas especies: *Scytonema* sp. 1 que a diferencia de la sp. 2 y sp. 3 presenta muy pocos heterocitos y la ramificación también es escasa. Mientras que *Scytonema* sp. 2 presenta un color parduzco y respecto al tamaño celular es más grande que *Scytonema* sp. 3, y esta a su vez podría parecer *Scytonema* cf. *incustrans* pero las medidas que presentan son menores a las reportadas.

Las diferencias entre las poblaciones de *Kyrtuthrix* como el ancho y largo de las células, las medidas de los heterocitos y el arreglo entre la población de campo y el de cultivo son evidentes y suponemos que se debe al cambio en el tipo de sustrato y de las condiciones a las que está sometida. La falta de heterocitos en

condiciones de cultivo puede indicar que no necesita fijar nitrógeno, ya que el medio le proporciona el nitrógeno necesario.

Las poblaciones de *Kyrtuthrix* reportadas en este documento no se asemejan a las descritas en otras partes del mundo. Todas las especies reportadas son mucho más pequeñas en altura del crecimiento, grosor y largo de las células. Se puede suponer que son especies nuevas, pero se tendría que comprobar molecularmente. En caso de que no lo sean, se podría concluir que esta especie tiene una gran plasticidad morfológica.

Los ambientes de las especies que se aproximaron a una identificación, son en el caso de *Calothrix* marino, y esto respalda en cierta medida su aproximación, aunque la especie de *Scytonema* tiene un ambiente totalmente diferente (aguas continentales) lo que se puede proponer que la plasticidad de esta especie le permite adaptarse a otros ambientes extremos, o quizá sea una variedad.

La dificultad para identificar especies de cianofitas radica en que la información que se tiene disponible es escasa, ya que para México no hay muchos reportes que incluyan la morfología de las poblaciones y/o especies encontradas, no incluyen descripciones y las imágenes son escasas, además de que no existe una clave que contenga las descripciones de todo el grupo o al menos de cada género. En algunos casos en que no hay más que una aparente variación morfológica, se necesitan realizar estudios moleculares para determinar si en verdad son especies diferentes o la variación morfológica es debida a adaptaciones al ambiente.

Los caracteres que definen los géneros fueron consistentes con las descripciones de las muestras estudiadas.

Las características más importantes que permitieron diferenciar a las especies fueron el tamaño celular y la longitud de los filamentos, los cuales salían de los parámetros reportados por otros autores.

Respecto a la distribución de *Calothrix* y *Scytonematopsis* (Fig. 2), estas solo se encuentran en el Estado de Veracruz, y su presencia es más frecuente que

Scytonema y *Kyrtuthrix* en las localidades de colecta. La especie *Scytonematopsis* sp. 1 se encuentra en dos localidades diferentes: El Morro y Playa Muñecos, esto nos puede dar indicios de que su distribución es más amplia, además de que es más frecuente.

La distribución de *Scytonema* (Fig. 3) abarca los tres Estados, y dos morfoespecies se presentan en el Pacífico y en el Golfo de México. La especie *Scytonema* cf. *incrustans* se encuentra en Ixtapa y en Veracruz, lo cual nos podría indicar una amplia distribución.

Mientras que *Scytonema* sp.2 se encuentra en Cacaluta y Veracruz, dando soporte a que este género tiene la capacidad de adaptarse a diferentes ambientes.

En el género *Kyrtuthrix* (Fig. 4), la distribución de esta especie es amplia ya que se encuentra en los tres Estados, y solo dos poblaciones presentan similitudes: *Kyrtuthrix* sp. 2 que se encuentra en Playa Muñecos y Monte Pío, Veracruz.

Dentro de la localidad Muñecos se encontraron dos especies distintas, al igual que en Monte Pío, lo que nos puede dar una idea de que esta especie es abundante pero específica.

Citas Bibliográficas

- Alfaro, M. G. Sanchez. 2002. Chacahua: Reflejos de un Parque. Plaza y Valdés. México, 285 pp.
- Anagnostidis, K. and Komarek, J. 1985. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 1. Introduction. Arch. Hydrobiol. /Suppl. 71, algological Studies 38/39: 291-302.
- Anagnostidis, K. and Komarek, J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol. /Suppl. 80, algological Studies 50/53: 327-472
- Anagnostidis, K. and Komarek, J. 1990. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 5. Stigonematales. Arch. Hydrobiol. /Suppl. 86, algological Studies 59: 1-73.
- Arroyo-Arroyo, M. 2000. Estudio ficoflorístico estacional de las Rodophytas en el litoral del municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca, México. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana.
- Bauld, J. 1986. Benthic microbial communities of Australian saline lakes. In 'Limnology in Australia'. (Eds P. De Deckker and W. D.Williams.) pp. 95–111. (Dr W. Junk Publishers: Dordrecht).
- Cain, A. J., 1954. Animal species and their evolution. Hutchinson, Londres.
- Cartagena, M. 2004. Taxonomía y distribución de cianofitas filamentosas de la Huasteca, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 211pp.
- Chapman. 1956. The Marine Algae of New Zelanda Part I. Myxophyceae and Chlorophyceae. Gran Bretaña.
- Dasey, M. N. Ryan, Wilson J., G. McGregor, *et al.* 2005. Investigations into the taxonomy, toxicity and ecology of benthic cyanobacterial accumulations in Myall Lake, Australia. Marine and Freshwater research. 56: 45-55
- Desikarchary T.V. 1959. Cyanophyta. University of Madras, Botany Department. Academy press, new york and london. Indian council of agricultural research, New Delhi.
- Di Castri F. and Younes T. 1994. Diversities: yesterday, today and a path towards the future. *Biol. Int.* **29**: 3-23.

- Drouet F. and Daily W.A. 1956. Revision of the coccoid Myxophyceae. *Butler Univ. Bot. Stud.* **12**: 1218.
- Ercegovic, A. 1929. Sur la valeur systematique et la ramification des genres *Brachytrichia* Zan. et *Kyrtuthrix* Erceg. et sur un nouveau type d'algue perforante. *Annales de Protistologie.* (2):127-138.
- Fogg, G. E., W. D. P. Stewart, P. Fay, and A. E. Walsby. 1973. *The blue-green algae.* Academic Press, London. 459 p.
- Frémy. 1930. Les Myxophycées de l' Afrique équatoriale française. *Archives de Botanique,* 2: 1-508.
- Geitler, L. 1932. *Cyanophyceae,* Rabenhorst, *Kryptogamen-Flora* 14, Akad, Verlag,, Leipzig. 1196 pp
- Huerta, M.L. y L.T. Tirado, 1970. Estudio florístico ecológico de las algas marinas de la costa del Golfo de Tehuantepec. *México Bol. Soc. Bot. Mex.* 31: 115-137.
- John D. M, Brian A. Whitton, Alan J. Brook 2002. *The freshwater algal flora of the British Isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae.* Cambridge University Press. Londres, 702 pp.
- Komárek J, y Anagnostidis K. 1986. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2. Chroococcales. *Arch. Hydrobiol. /Suppl.* 73, *algological Studies* 43: 157-226.
- Komárek J, y Anagnostidis K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4. Nostocales . *Arch. Hydrobiol. /Suppl.* 82, *algological Studies* 56: 247-345.
- Komárek J. 2010. Recent changes (2008) in cyanobacteria taxonomy based on a combination of molecular background with phenotype and ecological consequences (genus and species concept). *Hydrobiologia.* Volume 639, pp 245-259.
- Komárek J. y Hauer T. 2013: *CyanoDB.cz - On-line database of cyanobacterial genera.* - Word-wide electronic publication, Univ. of South Bohemia & Inst. of Botany AS CR, <http://www.cyanodb.cz>.

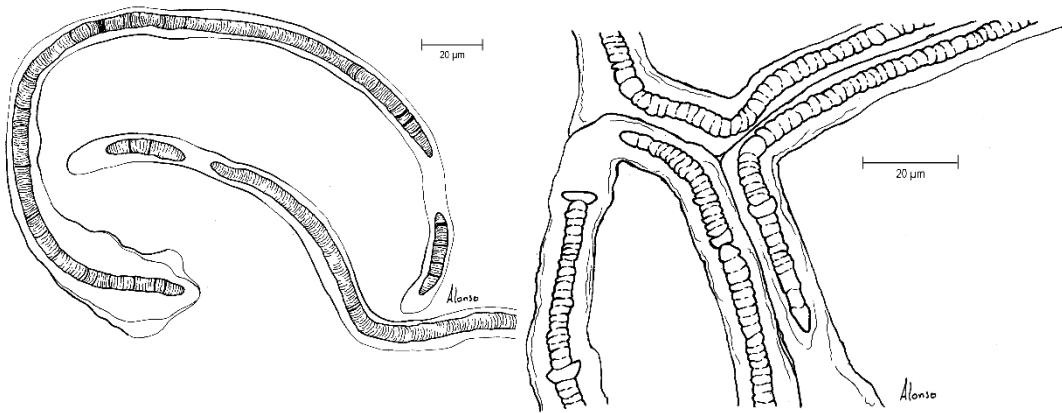
- Komárek J. (1985). Do all cyanophytes have cosmopolitan distribution?. Survey of the freshwater Cyanophyte flora of Cuba. Arch. Hydrobiol./ suppl. 71, Algological Studies 56: 247-345.
- Komárek, J. 2006. Cyanobacterial Taxonomy: Current Problems and Prospects for the Integration of Traditional and Molecular Approaches. Algae. 21 (4): 349-375.
- Komárek, J. 2014. Cyanoprokaryota. Heterocytous Genera. Springer Spektrum. 1130 pp.
- Kosinskaja. 1948. Determinants of marine blue green algae. Publishing House Academy of Sciences of URSS, Moscow. Leningrad (En ruso) 278pp.
- Lagunes-Rodriguez, M. 2002. Morfometría de las algas coralinas no geniculadas (Coralinaceae, Rodophyta) de las costas rocosas veracruzanas. Tesis Licenciatura. Universidad Veracruzana, Facultad de Biología. Xalapa Ver. 52 pp.
- León-Tejera, H., M. Gold-Morgan, and G. Montejano. 2009. Benthic Cyanoprokaryota (Cyanobacteria) of the Gulf of Mexico, Pp. 47–56 in Felder, D.L. and D.K. Camp (eds.), Gulf of Mexico—Origins, Waters, and Biota. Biodiversity. Texas A&M Press, College Station, Texas.
- Mateo-Cid L. C. y Mendoza González, 1997. Nuevos Registros de Algas Marinas para Oaxaca, México. 4:54-74. Herbario. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
- Mendoza-Ortega, 1991. Algas bénticas de la costa del estado de Colima, México. Acta Bot. Mex. 13:9-30.
- Montejano G., 1998. Taxonomía de Cyanoprokaryota (Cyanophyta/Cianobacteria) epífitos del orden Chroococales de la región Central de México. Tesis Doctoral. Fac Ciencias, UNAM. 271 pp.
- Montoya, H. 2003. Poblaciones naturales y de cultivo del alga marina *Kyrtuthrix maculans*(Gomont) Umezaki (Cyanophyta, Dcytonemataceae), primer registro para la flora peruana. Arnaldoa. 10 (1): 7-18.
- Oren, A. 2011. Cyanobacterial systematics and nomenclature as featured in the International Bulletin of Bacteriological Nomenclature and Taxonomy / International Journal of Systematic Bacteriology / International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 61, 10-15 p.

- Ortega M, J.L. Godínez, Garduño G. 2001. Catálogo de algas bénticas de las Costas Mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. UNAM. 594 pp.
- Rippka R., Deruelles J., Waterbury J.B., Herdman M., y Stanier R.Y. 1979. Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *Journal of General Microbiology* 111: 1-61.
- Rosello-Mora, R y R. Aman. 2001. The species concept for prokaryotes. *FEMS Microbiological Reviews*. 25:39-67.
- Rosello-Mora, R. 2005. El concepto de especie en Procariotas. *Ecosistemas* 14 (2): 11-16
- Setchell W. and Gardner N. 1919. *The Marine Algae of the Pacific Coast of North America: Myxophyceae*. University California Press.
- Silva S. y Pienaar R. 2000. *Benthic Marine Cyanophyceae from Kwa-Zulu Natal, South Africa*. Berlín. J. Cramer. 456 pp.
- Silva, P. C. 1978. Revisiting the rocky shores of Oaxaca and Guerrero. *Phycological Newsletter*. 14(2): Special report.
- Stanier R. Y, Sistrom, W.R, Hansen, T. A. 1978. Proposal to Place the Nomenclature of the Cyanobacteria (Blue-Green Algae) Under the Rules of International Code of Nomenclature of Bacteria. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 28 : 2.
- Tilden J. 1968. *The Myxophyceae of North America and Adjacent Regions (Volume 1 of Minnesota Algae)*. Bibliotheca Phycologica. New York.
- Todar, K. 2004. Major groups of Procaryotes. University of Wisconsin-Madison Department of Bacteriology. *Todar's Online Textbook of Bacteriology*.
- Umezaki I. 1961. *The Marine Blue-green algae of Japan*. Memories of the College of Agriculture. Kyoto University. No. 83.
- Watanabe M.M. 1999. Network approach to make biodiversity information accessible worldwide - as an example of microorganisms. In: *Species 2000, Abstr. Internat. Joint Workshop for Studies on Biodiversity*. Tsukuba, p. 13. (Abstract).

ANEXO. ILUSTRACIONES DE ALGUNAS DE LAS MORFOESPECIES

Por: Alonso López Toledo.

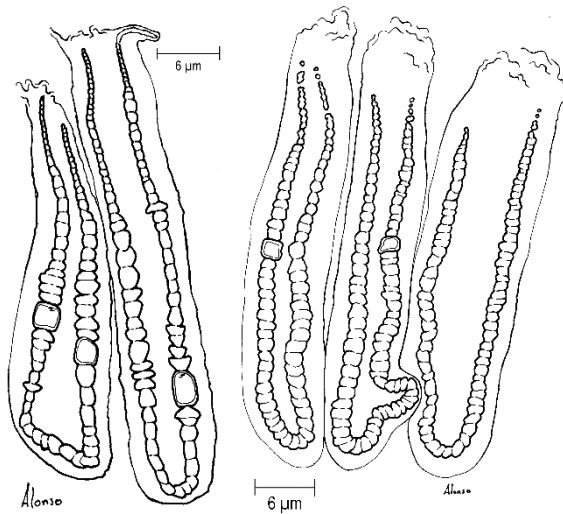
Scytonema



Scytonema sp 3

Scytonema cf. *incrustans*

Kyrtuthrix



Kyrtuthrix sp. 2

Kyrtuthrix sp. 5

