

**Informe final\* del Proyecto HJ033**  
**Dinoflagelados bentónicos del Arrecife Mesoamericano: Caribe Mexicano**

**Responsable:** Dr. Antonio Almazán Becerril  
**Institución:** Centro de Investigación Científica de Yucatán AC  
Unidad de Ciencias del Agua  
**Dirección:** Calle 8 # 29 Mz 29 SM64, Centro, Cancún, Qroo, 77524 , México  
**Correo electrónico:** [almazan@cicy.mx](mailto:almazan@cicy.mx)  
**Teléfono/Fax:** 998 211 3008 ext 118  
**Fecha de inicio:** Octubre 30, 2009.  
**Fecha de término:** Septiembre 20, 2012.  
**Principales resultados:** Bases de datos, fotografías, informe final.  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Almazán-Becerril, A., Rosiles-González, G., Escobar-Morales, S., Rodríguez-Palacios M. y D. U. Hernández-Becerril. 2012. Dinoflagelados bentónicos del Arrecife Mesoamericano: Caribe Mexicano. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Unidad de Ciencias del Agua. **Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. HJ033** México D. F.

**Resumen:**

Los dinoflagelados representan un grupo exitoso de protistas unicelulares que combinan estrategias fotosintéticas, heterotróficas e incluso parásitas. Su gran diversidad de formas, historias de vida y mecanismos de dispersión les han permitido colonizar la mayoría de los ambientes acuáticos. Así, se pueden encontrar tanto en ambientes dulceacuícolas como marinos, formando parte del medio pelágico o bentónico. Como parte del bentos, los dinoflagelados son un componente muy importante en los ecosistemas arrecifales, donde, suelen formar asociaciones con una gran variedad de macroalgas y pastos marinos. Existe una gran cantidad de especies que han sido descritas recientemente para el Caribe, por lo que es probable que el número de especies en el sistema arrecifal de la costa de Quintana Roo sea elevado e incluso, es posible que se obtengan registros de nuevas especies. Por lo anterior, el presente estudio pretende contribuir al conocimiento de la diversidad de dinoflagelados bentónicos del Caribe Mexicano, mediante un muestreo extensivo a lo largo del sistema arrecifal de la costa de Quintana Roo y dirigido a la colecta de macroalgas, pastos marinos, detritus flotante, fondo arenoso y columna de agua. Asimismo, se pretende realizar cultivos de las especies seleccionadas, lo cual permitirá resolver problemas taxonómicos referentes a la potencial presencia de especies crípticas en la región. Uno de los alcances más relevantes de la ejecución de la presente propuesta es que los registros de las especies serán fundamentales para estudios posteriores sobre aspectos ecológicos, o incluso epidemiológicos, en el caso de los dinoflagelados tóxicos.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

# Dinoflagelados bentónicos del Arrecife Mesoamericano: Caribe Mexicano

Responsable: Antonio Almazán Becerril  
Centro de Investigación Científica de Yucatán  
Unidad de Ciencias del Agua  
[almazan@cicy.mx](mailto:almazan@cicy.mx)

Participantes: Gabriela González Rosiles  
Sergio Escobar Morales  
David Hernández Becerril  
Mónica Cristina Rodríguez Palacio

## Resumen

Se completó una base de datos con 2,524 registros curatoriales de dinoflagelados bentónicos del Mar Caribe Mexicano que comprende 27 especies identificadas y una especie pendiente de identificar del género *Prorocentrum*. Estas especies se agrupan en ocho géneros representadas por cinco familias en cinco órdenes. Se colectaron 312 muestras de macroalgas en 42 sitios georreferenciados que abarcan diversos ambientes marinos distribuidos a lo largo de la franja costera del estado de Quintana Roo, desde Cabo Catoche hasta Xcalak. También se cuenta con una colección de 500 laminillas permanentes para observaciones en microscopía de luz y 12 preparaciones para observaciones en microscopía electrónica de barrido. Se produjeron 23 cultivos monoclonales de células aisladas en Tulum, Puerto Morelos e Isla Contoy. Este informe discute los resultados de colecta, preservación, tratamiento de macroalgas, elaboración de laminillas e identificación taxonómica de los especímenes reportados.

Palabras clave: Dinoflagelados bentónicos, Arrecife Mesoamericano, Caribe.

## Índice

<i>I</i>	Resumen	<i>i</i>
<i>II</i>	Introducción	1
<i>III</i>	Antecedentes	1
<i>IV</i>	Objetivos	3
<i>IV.1</i>	Objetivo general	3
<i>IV.2</i>	Objetivos Particulares	3
<i>V</i>	Justificación	3
<i>VI</i>	Área de Estudio	4
<i>VII</i>	Métodos	4
<i>VII.1</i>	Colecta	4
<i>VII.2</i>	Microscopia	6
<i>VII.3</i>	Cultivos de microalgas	7
<i>VIII</i>	Resultados	8
<i>VIII.1</i>	Macroalgas	9
<i>VIII.2</i>	Especies de Dinoflagelados	11
<i>VIII.3</i>	Cultivos de dinoflagelados	13
<i>VIII.4</i>	Diversidad de dinoflagelados por zona	14
<i>VIII.5</i>	Preferencia de sustrato.	15
<i>IX</i>	Discusión	17
<i>X</i>	Bibliografía	21

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	Área de estudio.	5
<b>Figura 2</b>	Porcentaje de géneros de macroalgas por División.	10
<b>Figura 3</b>	Número de especies identificadas por género.	12
<b>Figura 4</b>	Número de registros por género.	13
<b>Figura 5</b>	Número de registros por especie.	13
<b>Figura 6</b>	Número de registros por especie del género <i>Prorocentrum</i>	14
<b>Figura 7</b>	Cultivos de dinoflagelados	14
<b>Figura 8</b>	Similitud de las zonas de colecta.	15
<b>Figura 9</b>	Agrupamiento de los géneros de macroalgas en función de la presencia de dinoflagelados epífitos.	16

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b>	Sitios y localidades de colecta.	8
<b>Tabla 2</b>	Número de especímenes colectados por género de las diferentes Divisiones de macroalgas	10
<b>Tabla 3</b>	Relación taxonómica de las especies de dinoflagelados bentónicos reportadas en este estudio.	11
<b>Tabla 4</b>	Listado de cultivos monoclonales de microalgas, provenientes de varias localidades del Caribe Mexicano.	15

## **I. Introducción**

Los dinoflagelados pertenecen a un grupo muy exitoso de protistas unicelulares que poseen estrategias fotosintéticas, heterotróficas e incluso parásitas en sus historias de vida. Su diversidad de hábitos ecológicos les ha permitido colonizar la mayoría de los ambientes acuáticos. Así, se pueden encontrar tanto en ambientes dulceacuícolas como marinos, formando parte del medio pelágico o bentónico. Como parte del bentos, los dinoflagelados son un elemento muy importante en los ecosistemas arrecifales, donde suelen formar asociaciones epífitas con macroalgas y pastos marinos. Al igual que los dinoflagelados planctónicos en la columna de agua, los dinoflagelados bentónicos son un componente esencial en la captación de energía vía la fotosíntesis y en su transferencia a la cadena trófica mediada por herbivoría. Además de transferir materia y energía, muchos dinoflagelados también transfieren toxinas, que en casos graves pueden afectar directamente la salud humana o de la fauna silvestre. Por lo anterior, el presente estudio pretende contribuir al conocimiento de la diversidad de dinoflagelados bentónicos del Caribe Mexicano, mediante un muestreo extensivo a lo largo del sistema arrecifal de la costa de Quintana Roo dirigido a la colecta de macroalgas, y pastos marinos. Asimismo, se pretende realizar cultivos de las especies seleccionadas, lo cual permitirá resolver problemas taxonómicos referentes a la potencial presencia de especies crípticas en la región. Uno de los alcances más relevantes de la ejecución de la presente propuesta es que los registros de las especies serán fundamentales para estudios posteriores sobre aspectos ecológicos, taxonómicos, biogeográficos o incluso epidemiológicos, en el caso de los dinoflagelados tóxicos. Por lo anterior, los estudios de este grupo de organismos también tienen un impacto relevante para la elaboración de planes de manejo y contingencia.

## **II. Antecedentes**

Los dinoflagelados bentónicos son un componente de los ecosistemas arrecifales donde pueden encontrarse formando asociaciones epífitas con una gran variedad de macroalgas y pastos marinos (Cruz-Rivera y Villareal, 2006; Okoldokov, *et al.*, 2007) o formando parte de la flora epibéntica en sustratos arenosos (Faust, 2000). Algunas especies no limitan su hábitat al medio bentónico, sino que pueden ser habitantes comunes del plancton, lo que sugiere que desempeñan diferentes funciones ecológicas.

Uno de los principales motivos que originaron los estudios de diversidad, taxonomía y ecología de estos organismos fue su relación con la producción de

las toxinas involucradas en el síndrome de la ciguatera (CFP) en la Polinesia Francesa (Yasumoto *et al.*, 1977, 1980). Desde entonces, no sólo se descubrió al principal agente productor de ciguatoxinas, sino que este hallazgo incluyó la descripción de un nuevo género: *Gambierdiscus* (Adachi y Fukuyo, 1979). Posteriormente se demostró que la producción de toxinas se extendía a otras especies bentónicas e incluía los géneros *Prorocentrum*, *Ostreopsis*, *Coolia* y *Amphidinium* (Yasumoto *et al.*, 1987).

Al igual que el Pacífico occidental y las costas australianas, la región del Caribe también es considerada un área ciguatoxigénica por lo que se han realizado diversos estudios sobre dinoflagelados bentónicos (Besada *et al.*, 1982; Carlson y Tindall 1985; Ballantine *et al.*, 1988; Lobel, *et al.*, 1988; Tosteson *et al.*, 1998;). En el Sistema Arrecifal Mesoamericano, en la porción correspondiente a las costas de Belice se han descrito una gran cantidad de especies nuevas entre los géneros considerados tóxicos: *Gambierdiscus belizeanus*, cuatro especies de *Ostreopsis* y once especies de *Prorocentrum* (Faust 1990, 1993a, 1993b, 1994, 1995a, 1995b, 1997 y 1999), además del género *Plagiodinium* (Faust y Balech, 1993) que no produce toxinas. Estos hallazgos hacen suponer que en la contraparte mexicana debería de existir al menos la misma diversidad que la encontrada en Belice pues el ámbito de distribución de algunas especies reportadas en esa zona se extienden hacia zonas más norteñas como el Sistema Arrecifal Veracruzano (Okolodkov, *et al.*, 2007).

En el Caribe Mexicano el conocimiento de los dinoflagelados bentónicos es muy limitado y sólo se cuenta con registros de algunas especies potencialmente tóxicas como *Gambierdiscus toxicus* en muestras de Puerto Morelos, Majahual, Xcalak, Xel-Ha, Isla Mujeres, Cancún y Bahía de la Ascensión; mientras que *G. belizeanus*, se ha reportado en Puerto Morelos y *G. yasumotoi* en muestras de Bahía de la Ascensión; además de *Prorocentrum mexicanum*, *P. lima*, *P. reutzlarianum*, y *P. belizeanum* (Almazán-Becerril, 2000; Hernández-Becerril y Almazán-Becerril, 2004). La probable existencia de nuevas especies en la zona es un reflejo de la diversidad de dinoflagelados bentónicos que albergaría el Caribe Mexicano. En primer lugar, se cuenta con el registro bibliográfico de la existencia de al menos 30 especies para el Caribe, pero además, también se puede considerar una alta probabilidad de generar nuevos registros de especies reportadas en otras áreas tropicales. Por ejemplo, *G. yasumotoi* se describió en el sureste asiático (Holmes, 1998a) pero después fue identificado en el Caribe Mexicano (Hernández-Becerril y Almazán-Becerril, 2004) y probablemente en el Sistema Arrecifal Veracruzano (Okolodkov, *et al.*, 2007). De la misma forma, *G. belizeanus* se describió en Belice (Faust, 1995a) pero se ha reportado también en muestras de Singapur (Holmes *et al.*, 1998b). Estos casos sugieren que la

distribución circuntropical puede ser común en muchas especies de dinoflagelados bentónicos. Otro aspecto más, radica en el hecho de que especies descritas en latitudes templadas se han reportado en latitudes más bajas. Por ejemplo, Okolodkov *et al.*, (2007) reportó la presencia de *Sinophysis ebriola* y *S. stenomosa* en el Sistema Arrecifal Veracruzano aun cuando estas habían sido reportadas originalmente en aguas de Inglaterra y Alemania (Herdman, 1924; Hopenrath, 2000).

Finalmente se debe destacar que no se ha realizado anteriormente un muestreo con las características del que se propone en este documento, pues se abarcará una extensión de más de 350 km con 11 puntos seleccionados a lo largo de la barrera arrecifal. Con todos estos datos se obtendrá un panorama detallado de la diversidad de dinoflagelados bentónicos del Caribe Mexicano.

#### **IV. Objetivos**

##### *IV.1. Objetivo general*

Contribuir al conocimiento de la diversidad y sistemática de los dinoflagelados bentónicos presentes en el Arrecife Mesoamericano en la porción del Caribe Mexicano.

##### *IV.2. Objetivos Particulares*

1. Elaborar una base de datos con los registros de las especies de dinoflagelados bentónicos del Caribe Mexicano
2. Elaborar un catálogo fotográfico de las especies registradas señalando las características taxonómicas más relevantes.
3. Crear una colección de laminillas dinoflagelados del Caribe Mexicano.
4. Establecer cultivos de cepas de algunos dinoflagelados para que sean utilizadas en estudios toxicológicos, fisiológicos o filogenéticos.

#### **V. Justificación**

El conocimiento de la riqueza y diversidad de los dinoflagelados bentónicos en el Caribe Mexicano representa un acercamiento a la complejidad ecológica de este grupo no sólo en el arrecife coralino, sino también de diversos ambientes marinos como las praderas de *Thalassia testudinum*, bosques de manglar y las lagunas costeras. Todos estos, elementos que se mantienen interconectados formando un gran ecosistema costero. Al igual que el fitoplancton en la columna de agua, el

fitobentos, y en particular los dinoflagelados son un componente esencial en la captación de energía vía la fotosíntesis, y en su transferencia a la cadena trófica mediada por herbivoría. Además de transferir materia, muchos dinoflagelados también transfieren toxinas, que en casos graves pueden afectar directamente la salud humana. De esta forma, los estudios taxonómicos adquieren relevancia ecológica y epidemiológica sustantiva para la elaboración de planes de manejo y conservación. Por lo anterior, esta propuesta pretende cubrir el vacío de información sobre este grupo en el Caribe Mexicano y generar las bases de registros taxonómicos y material gráfico que permitan estudios posteriores en otras áreas de conocimiento.

## **VI. Área de Estudio**

En la figura 1 se muestran los sitios donde se realizaron los muestreos. Los sitios son de norte a sur: Holbox, Isla Contoy, Isla Mujeres, Puerto Morelos, Isla Cozumel, Akumal, Tulúm, Bahía de la Ascensión, Majahual, Banco Chinchorro y Xcalak. El polígono geográfico que abarca toda el área señalada está entre 21.5527 °N y 18.1612 °N, y 87. 8430 °W y 87.7605 °W. La zona representa un ecosistema arrecifal de gran extensión geográfica y uno de los más importantes del mundo que se extiende desde las costas atlánticas de Centroamérica hasta las inmediaciones de Cabo Catoche en la Península de Yucatán. Alberga seis Áreas Naturales Protegidas de las cuales Sian ka'an y Banco Chinchorro están considerada como Reservas de la Biosfera.

## **VII. Métodos**

La costa quintanarroense está conformada por un paisaje heterogéneo que presenta diversos ambientes marinos y estuarinos. Sobresalen las praderas de pastos marinos (*Syringodium* y *Thalassia*), las lagunas arrecifales, las lagunas costeras y los manglares. Además se colectaron muestras de microambientes como pozos de marea y raíces de mangle. En todos estos sitios colectaron especímenes de macroalgas con la intención de tener representada la riqueza del lugar bajo la premisa de trabajo de que diferentes algas albergan diferentes comunidades de dinoflagelados. Las macroalgas colectadas se almacenaron en bolsas tipo *ziplock* y fueron fijadas con formol al 4%. Para la observación microscópica, los dinoflagelados se desprendieron de las macroalgas mediante agitación vigorosa de la bolsa *ziplock*.

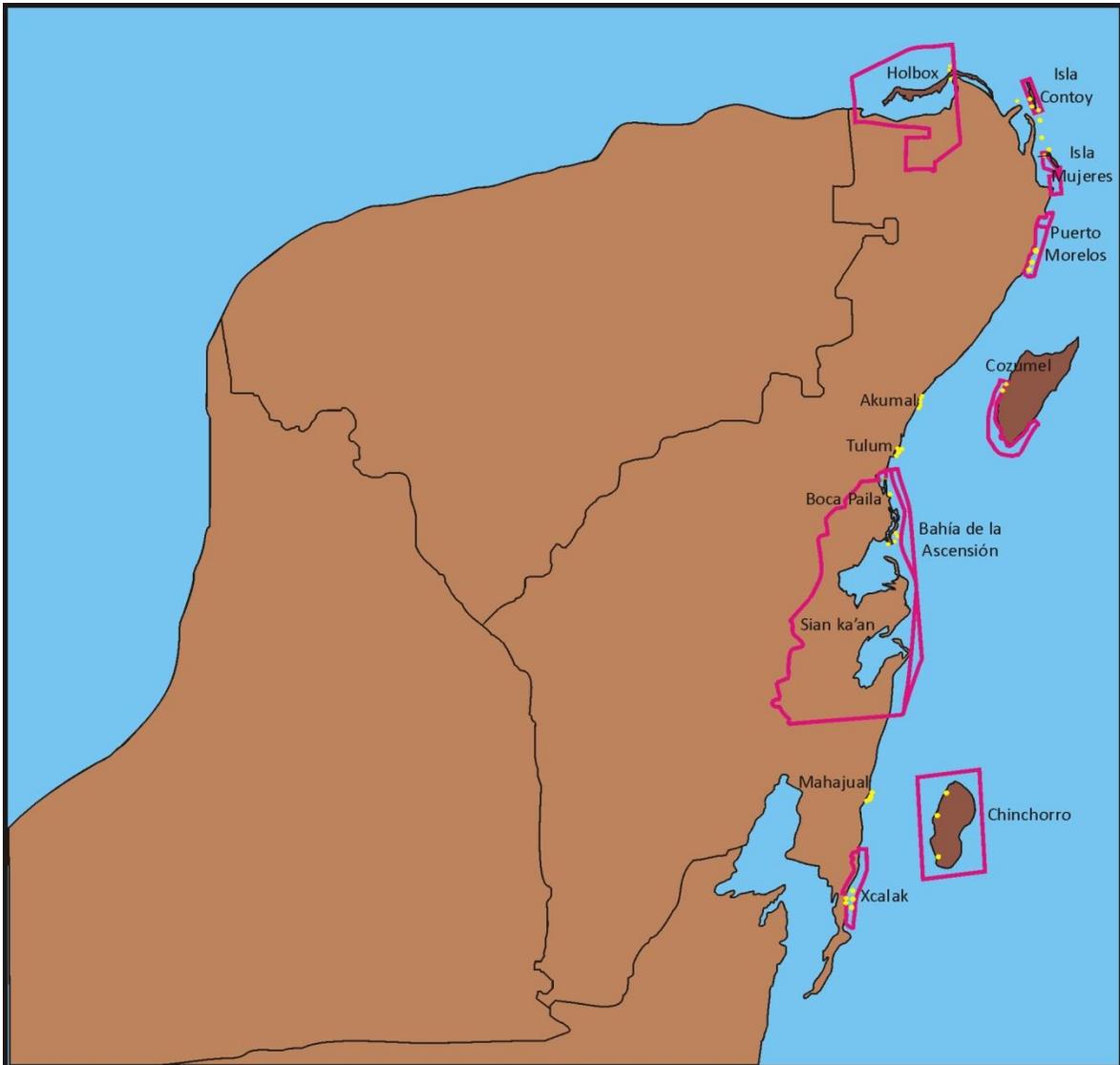


Figura 1. Área de estudio. Los puntos amarillos representan la ubicación de los sitios de colecta. En rojo se definen los polígonos de las Áreas naturales protegidas.

Esta operación permite el desprendimiento de los dinoflagelados adheridos y pasen al agua de lavado. Al final, ésta contiene además de los dinoflagelados, diatomeas, cianobacterias, bacterias heterótrofas, ciliados y diferentes metazoarios. De cada muestra se colocaron 10 ml en tubos de centrifuga. La centrifugación se llevó a cabo durante 5 min a 3000 rpm. El sobrenadante se retiró y el sedimento se resuspendió en otros 10 ml de agua destilada. Esta operación se repitió diez veces por cada muestra para garantizar la total remoción de sales. El resto de la muestra se almacenó en frascos de boca ancha de 100 ml para ser usado en posteriores análisis. Después de las cinco series de lavado, el sedimento remanente se resuspendió en 2 ml de agua destilada y se transfirió a tubos

ependorff. Para la preparación de laminillas permanentes se colocaron unas gotas de este material sobre un cubreobjetos que se llevó a sequedad utilizando una plancha de calentamiento. Una vez que el material estuvo seco se colocó una gota de resina naphrax en un portaobjetos y sobre ella se colocó cuidadosamente el cubreobjetos con la muestra. Una ligera presión sobre el cubreobjetos fue necesaria para expandir la resina de forma que cubriera toda la superficie de la muestra. Una vez que la resina hubo secado los bordes del cubreobjetos se sellaron con barniz transparente con objeto de impedir la entrada de microorganismos y polvo, así como de evitar la evaporación del solvente de la resina. Un total de cuatro laminillas fueron preparadas por cada muestra de la cual se seleccionaron una o dos para la colección dependiendo de la cantidad de especies representadas en ella. Con las muestras de la segunda campaña se utilizó también la gelatina como medio de montaje. Esta modificación nos permitió preservar células con tecas más frágiles como es el caso de *Ostreopsis* y *Amphidinium*, así como ciertas especies de *Prorocentrum*.

Para fines de claridad en el contenido de la base de datos hemos considerado como ejemplar cada una de las laminillas seleccionadas para la colección. De esta forma a partir de cada macroalga colectada se pueden generar hasta cuatro ejemplares, cada una de éstas tendría el mismo número de colecta, pero diferente número de catálogo. Consideramos un registro a cada especie presente en la laminilla. Si hay varias células de la misma especie, estas se consideraron duplicados. Por ejemplo si se tuvieran cuatro laminillas de la primera macroalga colectada el número de colecta es 1 y es el mismo para las cuatro, sin embargo, cada una de ellas tiene diferente número de catálogo. Si en la laminilla hay dos células de *Prorocentrum lima* y tres de *Sinophysis canaliculata*, entonces se tienen dos registros. En el primer caso habría un duplicado y en el segundo dos duplicados. Así, cada ejemplar (laminilla) puede ser objeto de varios registros, tantos como especies distintas hayan quedado conservados y reconocibles. La identificación de las especies se realizó mediante la comparación directa de los especímenes con la bibliografía especializada. Las características más importantes de los dinoflagelados tecados consisten en la fórmula tabular de la teca, la disposición del cingulum, la presencia o ausencia de aletas, la ornamentación de la teca, la presencia de poros y poroides, etc.

*VII.2 Microscopia.* Las técnicas de microscopía de luz de campo claro y campo oscuro se emplearon tanto en la observación de preparaciones permanentes como con preparaciones húmedas. Las primeras forman parte de la Colección de Microalgas del Centro de Investigación Científica de Yucatán, y servirán como fuentes de consulta a quien así lo solicite. Las células seleccionadas para

observaciones en MEB fueron lavadas con agua dulce hasta que se eliminó cualquier residuo de sal mediante enjuagues sucesivos con agua dulce. Las células limpias fueron montadas en cilindros metálicos y recubiertas con oro. Las observaciones de los especímenes se enfocaron a la estructura de la teca, número y disposición de las placas. Para las fotografías en el MEB se seleccionó un fijador apropiado para cada caso, para organismos tecados, glutaraldehído como fijador primario y tetraóxido de osmio como fijador secundario y para los atecados o desnudos, tetraóxido de osmio como único fijador.

*VII.3 Cultivos de microalgas.* Es importante mantener cepas vivas de los dinoflagelados encontrados durante esta investigación para trabajos posteriores sobre filogenia, fisiología y ecotoxicología. Para ello, las muestras se colocaron en la cámara de cultivo durante 24 horas para lograr la aclimatación de los organismos, posteriormente se concentró la muestra utilizando un aparato de filtración inversa. De este concentrado, se aislaron los dinoflagelados vivos con ayuda de pipetas Pasteur de punta adelgazada. Cada dinoflagelado se lavó varias veces en gotas de medio de cultivo. Las células se colocaron de manera individual en cada uno de los pozos de las placas de polipropileno para microtitulación estériles, los cuales se llenaron previamente con medio de cultivo (F/2, L1, P y L1SE). Las cajas se mantuvieron en una cámara de cultivo durante 8 a 10 días a una temperatura de 19 °C, con ciclo de luz:oscuridad de 12:12, sin aireación, ni agitación y con sello hermético de la caja para evitar evaporación. En los pozos donde se observó un aumentando en el número de organismos se traspasaron a cajas estériles para cultivo de tejidos, de 24 o de cuatro pozos. Al transferirlas se anotó el número de organismos trasladados, logrando así un registro del crecimiento inicial de cada cepa. Los medios utilizados para el cultivo de dinoflagelados fueron principalmente el f/2 (Guillard y Ryther, 1962), el K (Keller *et al.*, 1987), el ES (Harrison *et al.*, 1980; Berges *et al.*, 2001), el GP (Loeblich y Smith, 1968), el GSe que es una modificación del GP que utiliza extracto de suelo (Arredondo y Band, 2000) y el L1 (Guillard y Hargraves 1993) que es una modificación del F/2 que contiene óxido de selenio, el cual ayuda a la proliferación de dinoflagelados y algunas combinaciones del L1 como es el L1SE (Rodríguez-Palacio *et al.*, 2006). Para la preparación de los medios de cultivo se utilizó agua de la zona de colecta, ésta se filtró a través de membranas de nitrocelulosa de 0.22 µm de abertura de poro y se esterilizaron en autoclave a 120 °C y 15 lb/in<sup>2</sup> de presión durante 15 min. Se prepararán inicialmente los siguientes cuatro medios de cultivo: L1, L1SE, P, F/2.

## VIII. Resultados

En la tabla 1 se presenta el número de sitios, el nombre de las localidades y la ubicación en las que se colectaron macroalgas.

Tabla 1. Sitios y localidades de colecta

No	Sitio	ID	Latitud °N	Longitud °W	Ambiente
1	Isla Contoy	IC-1	21.46874	-86.8341	Pradera de <i>Thalassia</i>
2		IC-2	21.45582	-86.78620	Parches de coral duro
3		IC-3	21.43405	-86.78224	Parches de coral duro
4		IC-4	21.38044	-86.77774	Cayos rocosos
5		IC-5	21.38141	-86.77826	Cayos rocosos
6		IC-6	21.472639	-86.78996	Cayos rocosos
7	Isla Mujeres	IM-1	21.25939	-86.75732	Laguna arrecifal
8		IM-2	21.26544	-86.75732	Macizo rocoso
9	Puerto Morelos	PM-1	20.84796	-86.87056	Arrecife
10		PM-2	20.87439	-86.87056	Laguna arrecifal
11		PM-3	20.83415	-86.87830	Laguna arrecifal
12	Tulum	TM-1	20.20598	-87.42623	Laguna arrecifal
13		TM-2	20.19924	-87.42986	Laguna arrecifal
14		TM-3	20.20268	-87.42750	Laguna arrecifal
15		TM-4	20.17144	-87.44794	Poza de marea
16	Akumal	AK-1	20.38413	-87.32351	Playa rocosa intermareal
17		AK-2	20.38561	-87.32318	Playa rocosa intermareal
18		AK-3	20.40237	-87.30926	Macizo rocoso
19		AK-4	20.40691	-87.30390	Intermareal rocoso-arenoso
20		AK-5	20.39280	-87.31797	Intermareal rocoso-arenoso
21	Bahía Ascensión	BA-1	19.8276	-87.4526	Laguna arrecifal
22		BA-2	19.8190	-87.4525	Laguna arrecifal
23		BA-3	19.7989	-87.4525	Manglar
24		BA-4	19.7989	-87.4745	Muelle
25		BA-5	20.00669	-87.48172	Laguna costera
26	Majahual	MH-1	18.7180	-87.7062	Pradera de <i>Syringodium</i>
27		MH-2	18.7072	-87.7089	Arrecife
28		MH-3	18.7057	-87.7096	Laguna arrecifal
29		MH-4	18.7047	-87.709800	Laguna arrecifal
30	Xcalak	XK-1	18.2706	-87.8349	Pradera de <i>Thalassia</i>
31		XK-2	18.2742	-87.8336	Macizo rocoso
32		XK-3	18.25061	-87.82999	Playa somera
33		XK-4	18.2578	-87.82742	Arrecife
34		XK-5	18.27538	-87.82816	Fondo arenoso
35	Holbox	HB-1	21.61137	-87.10651	Pradera de <i>Thalassia</i>
36		HB-2	21.5995	-87.11383	Canal de navegación
37		HB-3	21.59443	-87.11141	Laguna costera
38	Cozumel	CZ-1	20.45934	-86.98586	Sustrato calcáreo
39		CZ-2	20.45059	-87.82999	Sustrato calcáreo
40	Chinchorro	BCh-1	18.43711	-87.41219	Atolón
41		BCh-2	18.64450	-87.40860	Atolón
42		BCh-3	18.74598	-87.34710	Atolón

Se realizaron colectas en 42 sitios distribuidos a lo largo de la costa de Quintana Roo, desde Holbox en el norte hasta Xcalak en la zona sur del estado. En algunos de ellos se colectó en dos o más ocasiones como en el caso de Isla Contoy, Isla Mujeres y Puerto Morelos.

Como se puede observar, las muestras provienen de una gran diversidad de ambientes que incluyen sitios muy poco impactados por causas antrópicas como las localidades de Banco Chinchorro y Bahía de la Ascensión, hasta sitios donde las algas fueron colectadas sobre sustratos contruidos o colocados por el hombre como el caso del muelle de Punta Allen (BA-4), o en el apilamiento de costales que permitía mantener la integridad del canal que une la laguna Yalahau con el Mar en Isla Holbox (HB-2). Se debe hacer notar que en estos sitios donde se encuentran sustratos artificiales es muy alta la cobertura de macroalgas.

### *VIII.1 Macroalgas*

Se han colectado 312 ejemplares entre macroalgas y pastos marinos de los cuales se identificaron 282 a nivel de especie o género. La determinación taxonómica hasta el nivel de especie no fue posible en todos los casos por lo que de aquí en adelante se tratará esta información a nivel de género, aunque en la base de datos cada registro incluyó el nombre del sustrato (macroalga) al mayor nivel taxonómico posible. En la tabla 2 se presenta el número de especímenes colectados por género de macroalgas. Los mejor representados son *Halimeda*, *Caulerpa*, *Dictyota*, *Styopodium*, *Amphiroa* y *Laurencia*, mientras que ocho géneros sólo contribuyeron con un espécimen.

El porcentaje de cada una de las Divisiones de algas de la tabla 2 del total de muestras se presenta en la figura 2, donde se aprecia que las algas rojas contribuyeron con más especímenes a las muestras. Se debe hacer hincapié en que el muestreo se dirigió en la medida de lo posible a cubrir la diversidad de algas presentes en cada sitio más que en representar la mayor cobertura.

Tabla 2. Número de especímenes colectados por género de las diferentes Divisiones de macroalgas

<b>Algas Verdes</b>		<b>Algas Pardas</b>	
<i>Halimeda</i>	37	<i>Dictyota</i>	40
<i>Caulerpa</i>	16	<i>Styopodium</i>	18
<i>Udotea</i>	13	<i>Turbinaria</i>	8
<i>Penicillus</i>	9	<i>Sargassum</i>	8
<i>Avrainvillea</i>	4	<i>Dictyopteris</i>	3
<i>Codium</i>	3	<i>Lobophora</i>	2
<i>Acetabularia</i>	3	<i>Padina</i>	1
<i>Rhypocephalus</i>	1		
<i>Cladophora</i>	1		
<i>Batophora</i>	1		
<i>Dasycladus</i>	1		
<b>Algas Rojas</b>		<b>Pastos Marinos</b>	
<i>Amphiroa</i>	33	<i>Thalassia</i>	8
<i>Laurencia</i>	28	<i>Syringodium</i>	3
<i>Ceramium</i>	18	<i>Halodule</i>	2
<i>Liagora</i>	10		
<i>Hypnea</i>	4		
<i>Acanthophora</i>	4		
<i>Halymenia</i>	1		
<i>Eucheuma</i>	1		
<i>Eupogodon</i>	1		
<i>Trichogleopsis</i>	1		

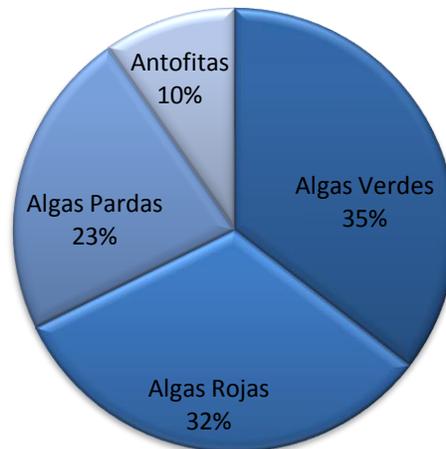


Figura 2. Porcentaje de géneros de macroalgas por División. Las Antofitas corresponden a los pastos marinos.

## VIII.2. Especies de Dinoflagelados

La tabla 3 muestra la jerarquía taxonómica a la que corresponden las especies de dinoflagelados y la identidad de cada una de ellas. Hasta ahora se han identificado quince especies de *Prorocentrum*, cuatro de *Ostreopsis*, dos *Bysmatrum* y *Sinophysis*, y una de *Gambierdiscus*, *Amphidinium*, *Coolia*, y *Plagiodinium*. Estos géneros están integrados en seis familias y cinco órdenes. Una especie de *Prorocentrum* permanece pendiente de identificar hasta un análisis más minucioso de la ornamentación de su teca mediante microscopía.

Tabla 3. Relación taxonómica de las especies de dinoflagelados bentónicos reportadas en este estudio.

Orden	Familia	Género	Especies
Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum</i>	<i>P. arenarium</i>
			<i>P. belizeanum</i>
			<i>P. caribaeum</i>
			<i>P. concavum</i>
			<i>P. emarginatum</i>
			<i>P. elegans</i>
			<i>P. foraminosum</i>
			<i>P. gracile</i>
			<i>P. hoffmanianum</i>
			<i>P. lebourae</i>
			<i>P. lima</i>
			<i>P. maculosum</i>
			<i>P. mexicanum</i>
			<i>P. ruetzlerianum</i>
			<i>P. sp.</i>
Gonyaulacales	Goniodomaceae	<i>Plagiodinium</i>	<i>P. belizeanum</i>
		<i>Gambierdiscus</i>	<i>G. toxicus</i>
		<i>Ostreopsis</i>	<i>O. heptagona</i>
			<i>O. belizeanus</i>
			<i>O. siamensis</i>
<i>O. ovata</i>			
Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Coolia</i>	<i>C. monotis</i>
		<i>Sinophysis</i>	<i>S. canaliculata</i>
Peridinales	Peridenaceae	<i>Bysmatrum</i>	<i>S. microcephalus</i>
			<i>B. caponii</i>
Gymnodiniales	Gymnodinaceae	<i>Amphidinium</i>	<i>B. subsalsa</i>
			<i>A. operculatum</i>

Los resultados indican que el género más diverso en el ambiente bentónico/epífito es *Prorocentrum*. La figura 6 muestra que *Prorocentrum lima*, *P. hoffmannianum*,

*P. mexicanum*, *P. emarginatum*, *P. belizeanum*, *P. elegans* y *P. sp.* constituyen en conjunto más del 90% de los registros del género. Por el contrario, *P. ruetzlerianum* y *P. gracile* se han encontrado una sola vez. Por su parte, *Prorocentrum lebourae*, *P. maculosum*, *P. arenarium*, *P. foraminosum* y *P. concavum* se han encontrado en algunas muestras y en bajas densidades.

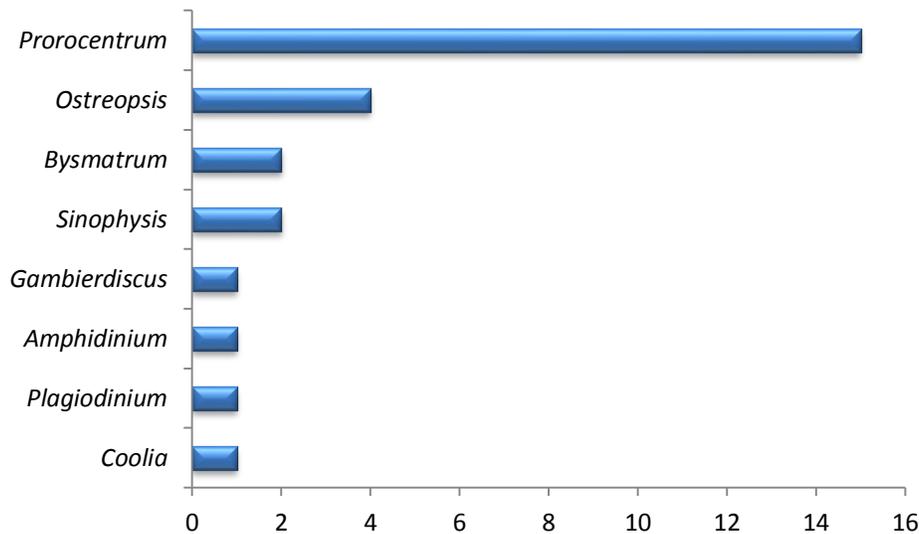


Figura 3. Número de especies identificadas por género.

La figura 3 muestra el número de especies identificadas por género y la figura 4 el número de registros de cada uno. *Prorocentrum* por sí sólo representa casi el 70% de los registros totales lo que sugiere una importancia notable del grupo en este ambiente. El número de registros por especie se muestra figura 5, donde se observa que las primeras nueve especies constituyen en conjunto más del 80% de los registros totales. Lo anterior sugiere que son las que tienen mayor grado de importancia cuando se consideran todo el Caribe Mexicano. De las nueve especies siete son productoras de toxinas implicadas en el Síndrome Diarréico (DSP) y en la ciguatera (CFP, Faust y Gullledge, 2002).

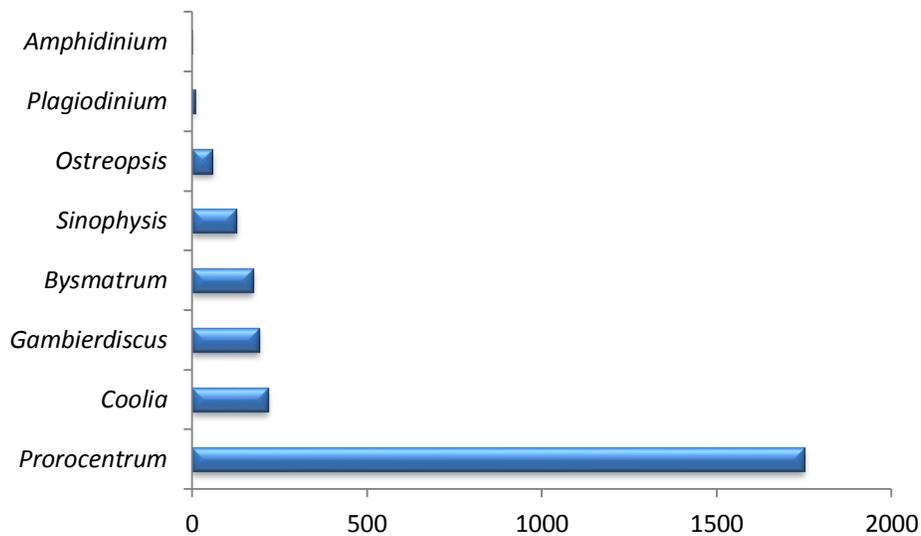


Figura 4. Número de registros por género

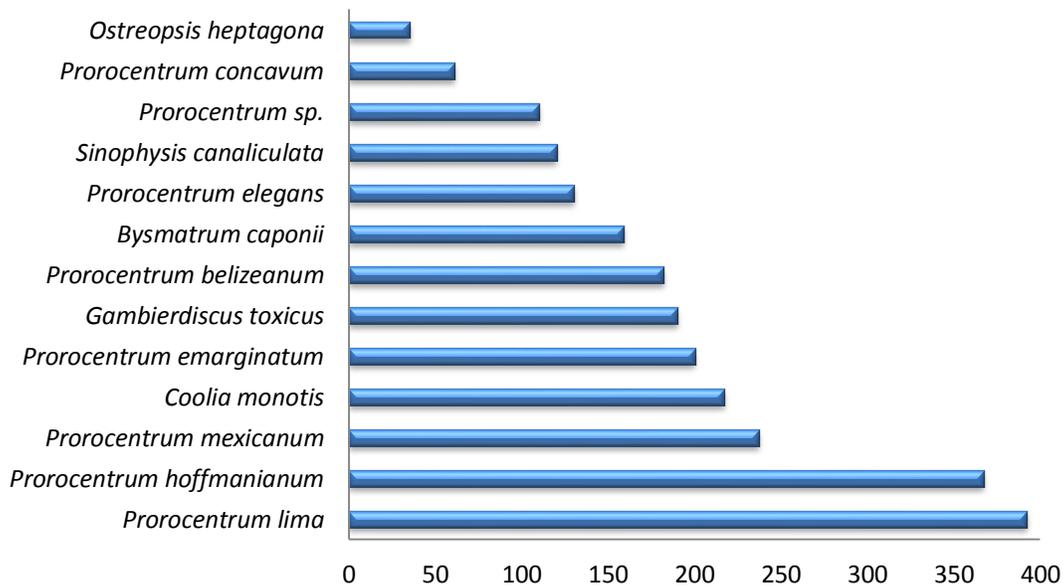


Figura 5. Número de registros por especie.

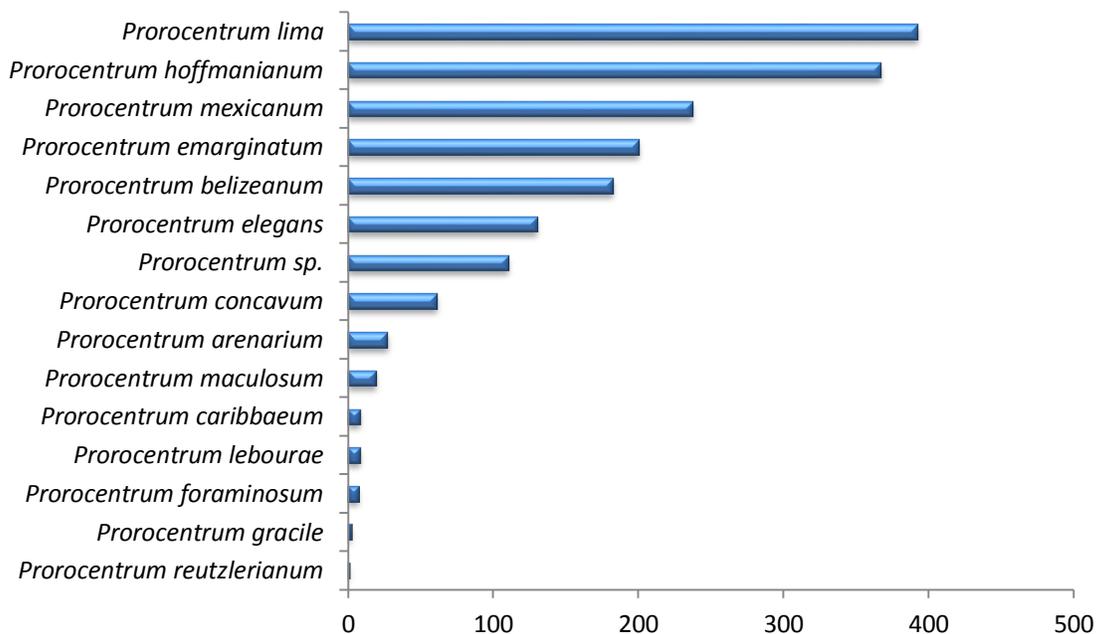


Figura 6. Número de registros por especie del género *Prorocentrum*

### VIII.3. Cultivos de dinoflagelados

Durante la segunda campaña de muestreo se aislaron células de dinoflagelados provenientes de Akumal, Tulum y Puerto Juárez con objeto de cultivarlos. En la tabla 4 se presenta una relación de cultivos exitosos. Las clonas existentes corresponden a seis de *Amphidinium*, trece de *Prorocentrum*, tres de *Coolia* y una de *Ostreopsis* (Fig 7).

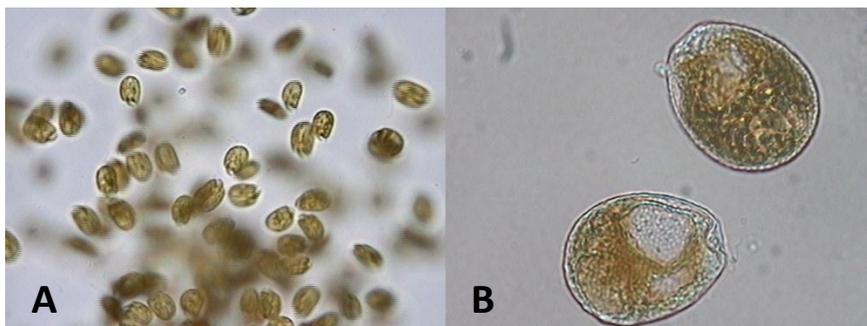


Figura 7. Dos ejemplos de cultivo. A) *Amphidinium*. B) *Prorocentrum*.

Tabla 4. Listado de cultivos monoclonales de microalgas, provenientes de varias localidades del Caribe Mexicano. Los medios de cultivo usados son: L1, L1SE y F/2 +Se.

Clave	Especie	Localidad	Fecha de colecta	No. cepa
11B	<i>Amphidinium</i> sp	Puerto Juárez	10 Octubre 2010	1
21B	<i>Prorocentrum</i> sp	Puerto Juárez	10 Octubre 2010	2
31B	<i>Prorocentrum</i> sp	Puerto Juárez	10 Octubre 2010	3
41B	<i>Prorocentrum</i> sp	Puerto Juárez	10 Octubre 2010	4
51B	<i>Ostreopsis</i> sp	Puerto Juárez	10 Octubre 2010	5
61B	<i>Coolia</i> sp	Tulum	10 Octubre 2010	6
71B	<i>Prorocentrum</i> sp	Tulum	10 Octubre 2010	7
81B	<i>Amphidinium</i> sp	Tulum	10 Octubre 2010	8
91B	<i>P. mexicanum</i>	Tulum	10 Octubre 2010	9
101B	<i>P. mexicanum</i>	Tulum	10 Octubre 2010	10
111B	<i>Amphidinium</i> sp	Bahia Jade	10 Octubre 2010	11
121B	<i>Prorocentrum lima</i>	Bahia Jade	10 Octubre 2010	12
131B	<i>Amphidinium</i> sp	Bahia Jade	10 Octubre 2010	13
141B	<i>Coolia</i> sp	Bahia Jade	10 Octubre 2010	14
151B	<i>Coolia</i> sp	Puerto Juárez	10 Octubre 2010	15
161B	<i>Prorocentrum</i> sp	Puerto Juárez	10 Octubre 2010	16
171B	<i>Amphidinium</i> sp	Puerto Juárez	10 Octubre 2010	17
181B	<i>Prorocentrum</i> sp	Puerto Juárez	10 Octubre 2010	18
191B	<i>Amphidinium</i>	Bahía Media Luna	10 Octubre 2010	19
201B	<i>Prorocentrum lima</i>	Puerto Juárez	10 Octubre 2010	20
211B	<i>Coolia</i> sp	Puerto Juárez	10 Octubre 2010	21
241B	<i>Prorocentrum</i> sp	Bahía Media Luna	10 Octubre 2010	22
251B	<i>Prorocentrum</i> sp	Bahía Media Luna	10 Octubre 2010	23

El proceso para establecer los cultivos varía según la tasa de crecimiento de la especie que en algunos casos como los dinoflagelados del género *Coolia* es muy rápida pero en organismos del género *Ostreopsis* ha resultado ser más lenta con las mismas condiciones de ciclo día:luz e intensidad luminosa, por lo que en el momento sólo se cuenta con una cepa. En el caso del género *Gambierdiscus*, no se logró establecer cultivos en esta ocasión por lo que se intentará con otras técnicas y medios de cultivo. De cada uno de los cultivos establecidos se colectarán submuestras para referencia, estudios filogenéticos, análisis de biotoxinas y preparación de laminillas permanentes para ML y MEB.

#### VIII.4. Diversidad de dinoflagelados por zona

En la figura 8 se presenta un dendrograma de la similitud de sitios de acuerdo a las especies de dinoflagelados presentes en cada zona utilizando el índice de Jaccard.

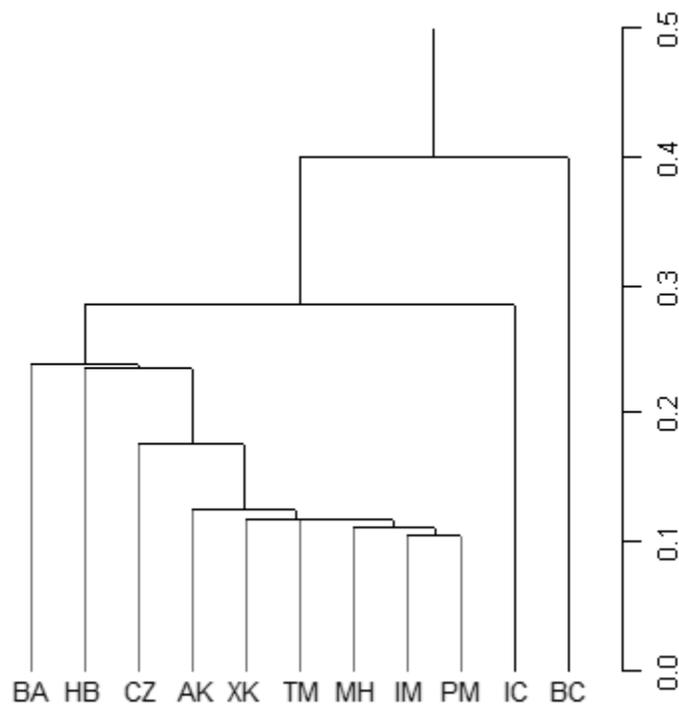


Figura 8. Agrupamiento de las zonas de colecta en base al índice de similitud de Jaccard.

La figura 8 no presenta un patrón que permita establecer diferencias geográficas en cuanto a la distribución de los organismos ya que en el mismo *cluster* se encuentran sitios de la zona norte (Isla Mujeres), centro (Tulum) y sur (Xcalak) del estado. Sin embargo, es notable que Banco Chinchorro e Isla Contoy queden separados del resto de los sitios.

#### VIII. 5. Preferencia de sustrato.

La figura 9 muestra el agrupamiento de géneros de macroalgas en función del número de especies de dinoflagelados encontrados en ellas.

Según esta figura, no hay ningún indicio de que los dinoflagelados tengan alguna preferencia por alguna división de macroalgas más que por otras. Sin embargo, sí se define al menos un gran *cluster* central donde se encuentran los géneros que se colectaron con mayor frecuencia (Tabla 2).

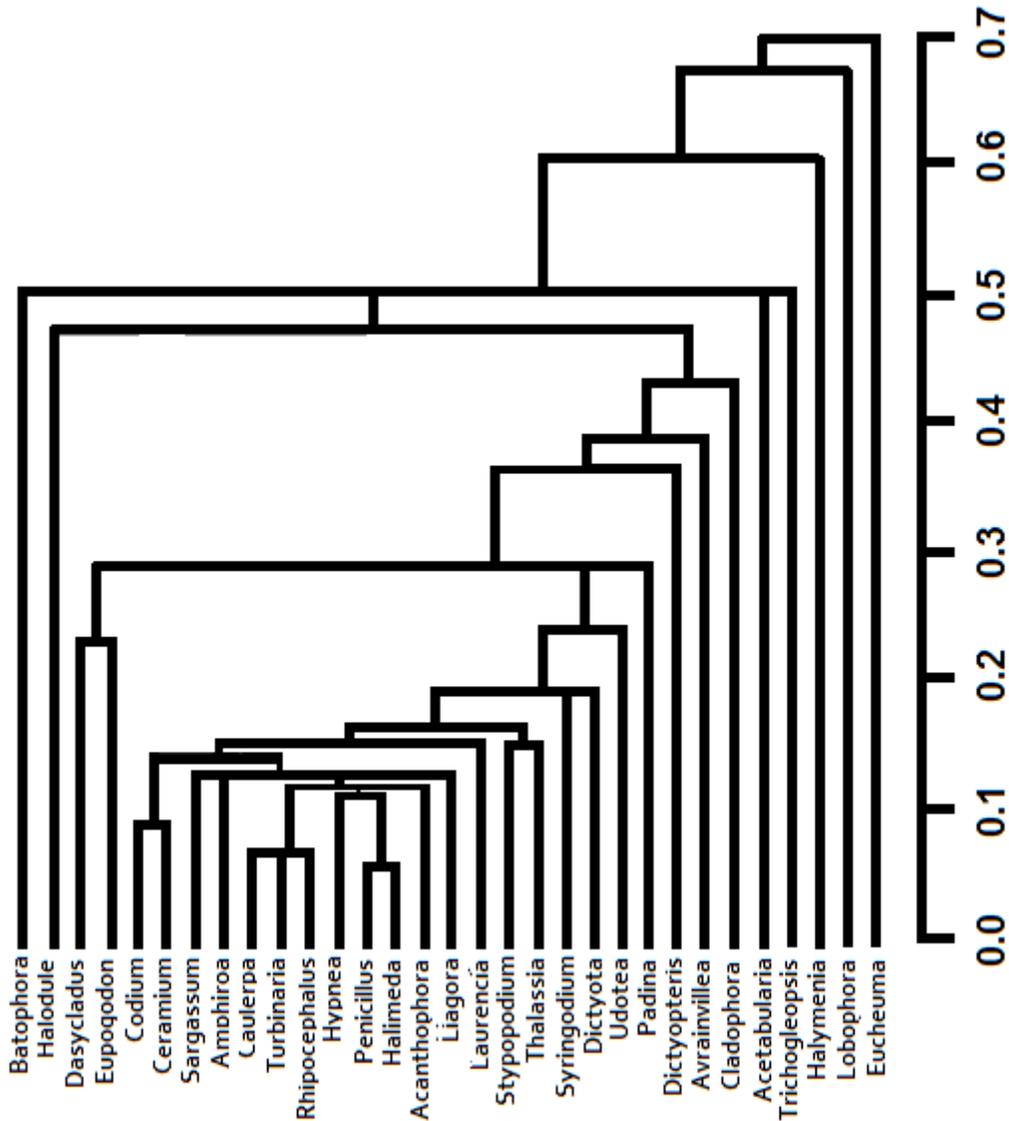


Figura 9. Agrupamiento de los géneros de macroalgas en función de la presencia de dinoflagelados epífitos.

## IX. Discusión

Los resultados anteriores reflejan una clara dominancia del género *Prorocentrum* en el Caribe Mexicano, tanto en número de especies como en ocurrencia de las mismas. Lo anterior se puede considerar normal y consistente con las observaciones de diferentes estudios sobre dinoflagelados bentónicos (Mohammad-Noor, *et al.*, 2005; Parsons y Preskitt, 2007). Particularmente, *P. lima*

fue una especie que se identificó en casi el 90% de las muestras, ratificando su carácter cosmopolita (Morton y Faust, 1997; Bouaïcha, *et al.*, 2001; Vila *et al.*, 2001). *P. hoffmannianum* resultó ser la segunda especie más abundante en la zona de estudio. *P. belizeanum*, *P. emarginatum*, *P. mexicanum*, *P. foraminosum*, *P. concavum*, *P. maculosum*, *P. arenarium* también se reportaron en la región occidental del Océano Índico (Ten-Hage, *et al.*, 2000b, Hansen *et al.*, 2001) suponiendo una distribución circuntropical. Otras especies importantes de fueron *P. elegans*, *P. caribbaeum*, y una especie aún no identificada denominada *Prorocentrum* sp. presentan una ocurrencia moderada en la zona. Y finalmente, *P. reutzlerianum* y *P. gracile* fueron las especies con menos registros. En el caso del primero es posible que su preferencia no sean los sustratos vegetales pues Faust y Gullledge (2002) los encontró en detritus flotante y sedimentos; mientras que en el caso del segundo se sabe que su presencia es incidental al ser una especie netamente planctónica.

De las 27 especies reportadas en este documento cuatro corresponden a *Ostreopsis*, (*O. heptagona*, *O. siamensis*, *O. ovata* y *O. belizeanum*). De *O. heptagona* y *O. siamensis* se registraron altas abundancias en al menos una muestra en cada caso, lo que no ocurrió con ningún otro dinoflagelado. Las especies de este género están recibiendo mucha atención pues al parecer están colonizando nuevas áreas donde no se habían detectado anteriormente incluyendo regiones templadas (Shears y Ross, 2009; Granéli, *et al.*, 2011; Rhodes, 2011). En el Caribe, Faust (1999) describió tres nuevas especies: *O. marinus*, *O. belizeanus* y *O. caribbeanus* de las cuales nosotros sólo detectamos a *O. belizeanus*. En ese mismo trabajo, la autora reportó la presencia de *O. marinus* enfatizando la preferencia de esta especie en la macroalga *Dictyota* en el Caribe, sin embargo, nosotros colectamos al menos 40 especímenes de *Dictyota*, pero no detectamos la presencia de una especie diferente a las ya mencionadas. *O. caribbeanus* tampoco fue identificado en las muestras de este trabajo. Todas las especies descritas de *Ostreopsis* se han reportado en el Caribe (Rhodes, 2011) por lo que es posible que no hayamos podido reflejar la riqueza del género en este trabajo.

Del género *Gambierdiscus* identificamos plenamente a *G. toxicus* pero es posible que existan más especies, incluso en las muestras colectadas que aún no hayamos sido capaces de identificar. La razón de lo anterior es que existen especies relacionadas que sólo se pueden identificar a partir del análisis de abundante material y/o por medio de análisis filogenéticos basados en características moleculares. Por ejemplo, recientemente Litaker *et al.*, (2009) describieron cuatro especies nuevas: *G. carpenteri*, *G. carolinianus*, *G. caribbaeus* y *G. reutzleri*, y más recientemente Fraga *et al.*, (2011) describieron a *G. excentricus*. En todos los casos, y desde el descubrimiento de *G. australes*, *G.*

*pacificus*, y *G. polynesiensis*, la taxonomía molecular ha ayudado a erigir nuevas especies.

De *Coolia* se han descrito cinco especies en todo el mundo: *C. monotis*, *C. tropicalis*, *C. malayensis*, *C. areolata* y *C. canarensis* (Faust, 1995a; Ten-Hage, *et al.*, 2000b; Fraga, *et al.*, 2008; Chiu-Pin, *et al.*, 2010). Mientras que la distribución de *C. monotis* parece ser cosmopolita, las otras especies sólo se han identificado en las regiones que les dan su nombre (Islas Canarias, Malasia, etc.). Para la región del Caribe, además de *C. monotis* se describió *C. tropicalis* (Faust, 1995a). En nuestros registros sólo reportamos la presencia de *Coolia monotis*, a pesar de que esperábamos tener una mayor representatividad de ese género en la zona. No obstante, esta especie que fue de las más abundantes en la región y se encontró en la mayoría de las especies de macroalgas colectadas.

Del género *Sinophysis* reportamos dos especies, *S. canaliculata* y *S. microcephalus*, lo cual es consistente con la distribución reportada para estas especies (Quod, *et al.*, 1999, Mohamed-Noor, *et al.*, 2007), ya que otros representantes del género se han reportado para latitudes templadas (Hoppenrath, 2000; Selina y Hoppenrath, 2004). En México ya se había reportado para el Caribe la presencia de *S. microcephalus* (Almazán-Becerril, 2001) y de esta especie más *S. canaliculata* en el Arrecife Veracruzano (Okolodkov, *et al.*, 2007), este mismo trabajo identificó a *S. stenomosa* y *S. ebriola*.

*Amphidinium* y *Plagiodinium* contribuyen con una especie al listado taxonómico, *A. operculatum* y *P. belizeanum*. Ésta última, es la única especie descrita para el género (Faust y Balech, 1993) y no se ha reportado fuera del Caribe. *Amphidinium*, por su parte, es un género integrado por varias especies, de las cuales al menos *A. carterae* y *A. operculatum* están ampliamente distribuidas en las zonas costeras tanto en latitudes templadas como tropicales (Murray y Patterson, 2006; Baig, *et al.*, 2002).

*Bysmatrum* contribuyó con dos especies a la diversidad reportada en la zona con *B. caponii* y *B. subsalsum*. *B. caponii* está ampliamente distribuido en nuestra zona de estudio, lo cual contrasta con reportes anteriores donde se manifiesta que la especie es exclusiva de pozas de marea (Faust y Steidinger, 1998) y lo detectamos tanto en las pozas de marea, donde es común, hasta en ambientes oceánicos como el atolón de Banco Chinchorro.

Es importante aclarar que este reporte está basado solamente en los registros curatoriales, por lo que la diversidad de este grupo pueda ser aún mayor. Es posible que aun haya más especies en las muestras líquidas que sean identificadas mediante una revisión más minuciosa. Es probable también, que no se detectaran algunas especies debido a que no coincidió la época de colecta con sus picos poblacionales. La anterior puede ser una explicación de la baja densidad

de dinoflagelados que detectamos en la mayoría de las muestras, habiendo especímenes de macroalgas que incluso no presentaron ningún espécimen.

Un problema común que detectamos en *Prorocentrum* es la amplia variabilidad entre organismos de la misma especie, y la semejanza entre especies diferentes. Este fenómeno dificultó la identificación de las especies ya que variaciones menores como el tamaño de las areolas, o la talla, no son caracteres tan robustos. Esta situación nos lleva a plantearnos el uso de características moleculares para determinar el número exacto de posibles especies y aparejar estos resultados con características detectables mediante los análisis microscópicos rutinarios.

En conjunto con este reporte, se prepara un catálogo ilustrado de las especies mencionadas en este trabajo para detallar y abundar en la discusión de este trabajo.

Gracias al financiamiento otorgado por la CONABIO para esta investigación, se generó la infraestructura mínima y los protocolos básicos que nos permitirán continuar con esta línea de investigación y otras relacionadas con los dinoflagelados bentónicos, como lo son los estudios toxicológicos y demográficos de las especies tóxicas. En la actualidad, el estudio de este grupo de organismos está cobrando mayor relevancia dado que los nuevos reportes de la presencia de estos grupos en latitudes templadas y subtropicales, hace suponer que está en marcha un proceso de tropicalización de los océanos. Al mismo tiempo, se acumula más información sobre la presencia de nuevas especies, o del potencial tóxico de especies no consideradas nocivas con anterioridad. Estos factores en conjunto sugieren la necesidad de contar con un plan de monitoreo permanente.

## X. Bibliografía

1. Adachi, R., y Y. Fukuyo, 1979. The thecal structure of the marine dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* gen. et sp. nov. collected in a ciguatera-endemic area. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 45: 67–71.
2. Almazán-Becerril, A. 2000. Estudio taxonómico de dinoflagelados tóxicos y potencialmente tóxicos en el Caribe Mexicano. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM.
3. Arredondo, V. B. O. y C. J. S. Band. 2000. Aislamiento mantenimiento y cultivo de microalgas nocivas. Manual de curso de cultivos. CIBNOR. La Paz Baja California. 26 p.
4. Baig, H. S., Saifullah, S. M. y A. Dar. 2006. Occurrence and toxicity of *Amphidinium carterae* Hulburt in the North Arabian Sea. Harmful Algae 5(2):133-140.
5. Ballantine, D. L., Tosteson, T. R. y A. T. Bardales. 1988. Population dynamics and toxicity of natural populations of benthic dinoflagellates in southwestern Puerto Rico. J Exp. Mar. Biol. Ecol. 119:201–212
6. Berges, J.A., D.J. Franklin y P.J. Harrison. 2001. Evolution of an artificial seawater medium: improvements in enriched seawater, artificial water over the last two decades. J. Phycol., 37: 1138-1145.
7. Besada, E.G., Loeblich, L. A. y A. R. Loeblich III. 1982. Observations on tropical, benthic dinoflagellates from ciguatera endemic areas: *Coolia*, *Gambierdiscus*, and *Ostreopsis*. Bull. Mar. Sci. 32(3):723–735.
8. Bouaïcha, N., Chézeae, A., Turquet, J., Quod, J. –P. y S. Puiseux-Dao. 2001. Morphological and toxicological variability of *Prorocentrum lima* clones isolated from four locations in the south-west Indian Ocean. Toxicon 39:1195-1202.
9. Carlson, R. D. y D. R. Tindall. 1985. Distribution and periodicity of toxic dinoflagellates in the Virgin Islands. In: Anderson DM, White AW, Baden DG (eds) Toxic dinoflagellates. Elsevier Science, New York, p 171–176.
10. Chiu-Pin, L., Po-Teen, L., Kok-Wah, C., Boon-Koon, N. y G. Usup. 2010. Morphology and molecular characterization of a new species of thecate benthic dinoflagellate *Coolia malayensis* sp. nov. (Dinophyceae). J. Phycol. 46:162-171.
11. Cruz-Rivera, E. y T. A. Villareal. 2006. Macroalgal palatability and the flux of ciguatera toxins through marine food webs. Harmful Algae. 5:497-525.
12. Faust, M. A. 1990. Morphologic details of six benthic species of *Prorocentrum* (Pyrrophyta) from a mangrove island, Twin Cays, Belize, including two new species. J. Phycol. 26:548-558.
13. Faust, M. A. 1993a. *Prorocentrum belizeanum*, *Prorocentrum elegans* and *Prorocentrum caribbaeum*, three new benthic species (Dinophyceae) from a mangrove island Twin Cays, Belize. J. Phycol. 29:100-107.
14. Faust, M. A. 1993b. Three new benthic species of *Prorocentrum* (Dinophyceae) from a mangrove island Twin Cays, Belize. J. Phycol. 32:410-418

15. Faust, M. A. 1994. Three new species of *Prorocentrum* (Dinophyceae) from Carrie Bow Cay, Belize: *P. sabulosum* sp. nov., *P. sculptile* sp. nov., y *P. arenarium* sp. nov. J. Phycol. 30:755-763.
16. Faust, M. A. 1995a. Observations of sand-dwelling dinoflagellates (Dinophyceae) from widely different sites, including two new species. J. Phycol. 31:996-1003.
17. Faust, M. A. 1995b. Morphology and ecology of the marine dinoflagellate *Ostreopsis labens* sp. nov. (Dinophyceae). J. Phycol. 32:669-675.
18. Faust, M. A. 1997. Three new benthic *Prorocentrum* (Dinophyceae) from Belize: *P. norrisianum* sp. nov., *P. tropicalis* sp. nov. and *P. reticulatum* sp. nov. J. Phycol. 33:851-58.
19. Faust, M. A. 1999. Three new *Ostreopsis* species (Dinophyceae): *O. marinus* sp. nov., *O. belizeanus* sp. nov. and *O. caribbeanus* sp. nov. Phycologia 38: 92-99.
20. Faust, M. A. 2000. Dinoflagellate associations in a coral reef-mangrove ecosystem: pelican and associated cays, Belize. Atoll Res. Bull. 473:135-149.
21. Faust, M. A. y E. Balech. 1993. A further study of marine benthic dinoflagellates from a mangrove island, Twin Cays, Belize, including *Plagiodinium belizeanum* gen et sp. nov. J. Phycology 29: 826-832.
22. Faust, M. A. y K. Steidinger. 1998. *Bysmatrum* gen. nov. (Dinophyceae) and three new combinations for benthic scrippsielloid species. Phycologia 37(1):47-52.
23. Faust, M. A. y R. A. Gullette. 2002. Identifying harmful marine dinoflagellates. Smithsonian Contributions from the United States National Herbarium, 42:1-144.
24. Fraga, S., Penna, A., Bianconi, I., Paz, B. y M. Zapata. 2008. *Coolia canariensis* sp. nov. (Dinophyceae), a new nontoxic epiphytic benthic dinoflagellate from the Canary Islands. J. Phycol.44:1060–70.
25. Fraga, S., Rodripiguez, F., Caillaud, A., Diogene, J., Raho, N. y M. Zapata. 2011. *Gambierdiscus excentricus* sp. nov. (Dinophyceae), a benthic toxic dinoflagellate from the Canary Islands (NE Atlantic Ocean). Harmful Algae. doi:10.1016/j.hal.2011.06.013
26. Granéli, E., Vidyarathana, K. N., Funari, E., Cumaranatunga, P. R. T. y R. Scenati. 2011. Can increases in temperature stimulate blooms of the toxic benthic dinoflagellate *Ostreopsis ovata*? Harmful Algae. 10:165-172.
27. Guillard, R. R. L. y J. H. Ryther. 1962. Studies on the Marine Planktonic Diatoms. I *Cyclotella nana* Husted and *Detonella cofervacea* (Cleve). Can. J. Microbiol., 8: 229-39.
28. Guillard, R. y P. E. Hargraves 1993. *Stichochrysis immobilis* is a diatom, not a Chysophyte. Phycol., 32, 234-236.
29. Harrison, P.J., R.E. Waters y F. J. R. Taylor. 1980. A broad spectrum artificial seawater medium for coastal and open ocean phytoplankton. J. Phycol., 16:28-35.
30. Hansen *et al.* 2001. Potentially harmful micralgae of the Western Indian Ocean. A guide based on preliminary survey. IOC Manuals and Guides No. 41. Intergovernmental Oceanic Commission of UNESCO. Francia. 105 pp.

31. Herdman, E. C. 1924. Notes on dinoflagellates and other organisms causing discolouration of the sand of Port Erin. – Proc. Trans. Liverpool Biol. Soc., pp. 75-84.
32. Hernández-Becerril, D. U. y A. Almazán-Becerril. 2004. El género *Gambierdiscus* (Dinophyceae) en el Caribe Mexicano. Rev. Biol. 52 Suppl 1:77-87
33. Holmes, M. J., F. C., Lee, S. L. M., S. L. M., Teo y H. W. Khoo. 1998. A survey of benthic dinoflagellates on Singapore reefs. In: Reguera, B., Blanco, J., Fernández, M. L., y T. Wyatt (eds). Harmful Algae. Xunta de Galicia and Internacional Oceanographic Commission of UNESCO, Santiago de Compostela. 1998; 50–1.
34. Hoppenrath, M. 2000. Morphology and taxonomy of *Sinophysis* (Dinophyceae, Dinophysiales) including two new marine sand-dwelling species from the North German Wadden Sea. Eur. J. Phycol. 35:153–162.
35. Keller, D. K., R. C. Selvin, W. Claus y R.R.L. Guillard. 1987. Medium for the Culture of Oceanic Ultraphytoplankton. J. Phycol., 23:633-38.
36. Litaker, R. W., Vandersea, M. W., Faust, M. A., Kibler, S. R., Chinain, M., Holmes, J. M., Holland, C. W. y P. A. tester. 2009. Taxonomy of *Gambierdiscus* including four new species, *Gambierdiscus caribaeus*, *Gambierdiscus coralinianus*, *Gambierdiscus carpenteri* and *Gambierdiscus ruetzleri* (Gonyaulacales, Dinophyceae). Phycologia 48(5):344-390.
37. Lobel, P. S., Anderson, D. M. y M. Durand-Clement. 1988. Assessment of ciguatera dinoflagellate populations: sample variability and algal substrate selection. Biol. Bull. 175: 94-101.
38. Loeblich, A. R. III y V. E. Smith, 1968. Chloroplast pigments of the marine dinoflagellates *Gyrodinium resplends*. Lipids. 3(1): 5-13.
39. Mohammad-Noor, N., Daugbjerg, N., Moestrup ,Ø. y A. Anton. 2007. Marine epibenthic dinoflagellates from Malaysia - a study of live cultures and preserved samples based on light and scanning electron microscopy. Nord. J. Bot. 24(6) 629
40. Murray, S. y D. J. Patterson. 2002. The benthic dinoflagellate genus *Amphidinium* in south-eastern Australian waters, including three new species. Eur. J. Phycol., 37: 279 – 298.
41. Okolodkov, Y., Campos-Bautista, G., Gárate-Lizarraga, I., González-González, J. A. G., Hoppenrath, M. y V. Arenas. 2007. Seasonal changes of benthic and epiphytic dinoflagellates in the Veracruz ref. zone, Gulf of Mexico. Aquat. Microb. Ecol. 47:223-237
42. Parsons. M. L. y L. B. Preskitt. 2007. A survey of epiphytic dinoflagellates from the coastal waters of the island of Hawai'i, Harmul Algae. 6:658-669.
43. Quod. J., Ten-Hage, L., Turquet, J. Mascarell, G. y A. Coute. 1999. *Sinophysis canaliculata* sp. nov. (Dinophyceae), a new benthic dinoflagellate from western Indian Ocean Islands. Phycologia, 38: 87 – 91.
44. Rhodes, L. 2011. World-wide occurrence of the toxic dinoflagellate genus *Ostreopsis* Schmidt. Toxicon 57:400-407

45. Rodríguez-Palacio M.C. 2006. Establecimiento de cultivos de dinoflagelados del Pacífico Mexicano. Tesis de Maestría en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F. 105 p.
46. Shears, T. M. y P. M. Ross. 2009. Blooms of benthic dinoflagellates of the genus *Ostreopsis*; an increasing and ecologically important phenomenon on temperate reefs in New Zealand and worldwide. *Harmful Algae*
47. Selina, M y M. Hoppenrath. 2004 Morphology of *Sinophysis minima* sp. nov. and three *Sinophysis* species (Dinophyceae, Dinophysiales) from the Sea of Japan. *Phycol Res.* 52:149–159.
48. Ten-Hage, L., Quod. J. P. y A. Coute. 2000a. *Coolia areolata* sp. nov. (Dinophyceae), a new sand-dwelling dinoflagellate from the southwestern Indian Ocean. *Phycologia*, 39: 377-383.
49. Ten-Hage, L., Tourquet, J., Poiseux-Dao, S. y A. Couté. 2000b. *Prorocentrum borbonicum* sp. nov. (Dinophyceae), a new toxic benthic dinoflagellate from southwestern Indian Ocean. *Phycologia* 34:296-301
50. Tosteson, R. T., Ballantine, L. D., Tosteson, G. C., Hensley, V. y T. Bardales. 1989. Associated bacterial flora, growth, and toxicity of cultured benthic dinoflagellates *Ostreopsis lenticularis* and *Gamberdiscus toxicus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 55(1):137-141.
51. Vila, M., Garces, E., Maso, M., 2001. Potentially toxic epiphytic dinoflagellate assemblages on macroalgae in the NW Mediterranean. *Aquatic Microbial Ecology* 26, 51–60.
52. Yasumoto, T., Nakajima, I., Bagnis, R. A. y R. Adachi. 1977. Finding of a dinoflagellate as a likely culprit of ciguatera. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 43(8):1021-1026.
53. Yasumoto, T., Inoue, A., Ochi, T., Fujimoto, K., Oshima, Y., Fukuyo, Y., Adachi, R. y R. A. Bagnis. 1980. Environmental studies on a toxic dinoflagellate responsible for ciguatera. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 46:1397-1404.
54. Yasumoto, T., Seino, N., Murakami, Y., M. Murata. 1987. Toxins produced by benthic dinoflagellates. *Biol. Bull.* 172: 128-131.