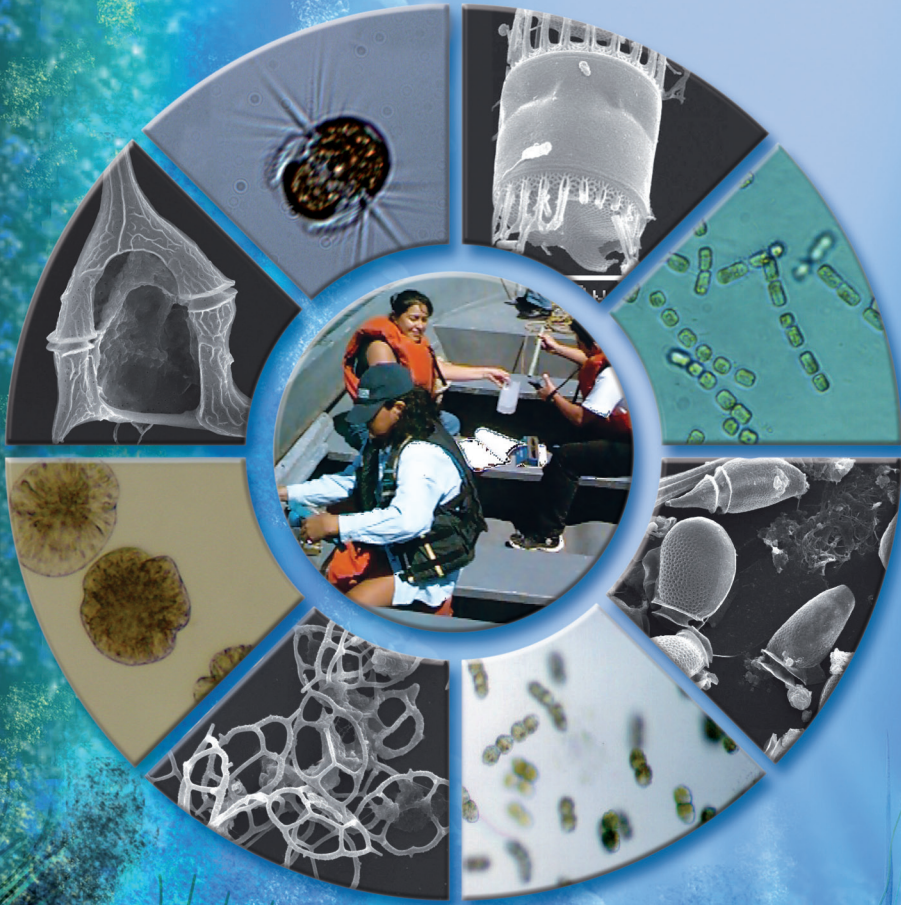


GUÍA DE FLORECIMIENTOS MICROALGALES (2000-2011) CAUSANTES DE MAREAS ROJAS EN LA BAHÍA DE BANDERAS JALISCO-NAYARIT



Autores: María del Carmen Cortés Lara, Roberto Cortés Altamirano,
Amílcar L. Cupul Magaña, Luís Vidal Rodríguez Nava
y Fernando Vega Villasante.

GUÍA DE FLORECIMIENTOS MICROALGALES (2000-2011) CAUSANTES DE MAREAS ROJAS EN LA BAHÍA DE BANDERAS JALISCO-NAYARIT

Autores:

María del Carmen Cortés Lara, Roberto Cortés Altamirano,
Amílcar L. Cupul Magaña, Luís Vidal Rodríguez Nava
y Fernando Vega Villasante.

CENTRO UNIVERSITARIO DE LA COSTA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
2012



C.u.
costa



Prometeo Editores

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Marco Antonio Cortés Guardado
Rector general

Miguel Ángel Navarro Navarro
Vicerrector ejecutivo

José Alfredo Peña Ramos
Secretario general

CENTRO UNIVERSITARIO DE LA COSTA

Maximilian Andrew Greig
Rector

Remberto Castro Castañeda
Secretario académico

Carlos Alfonso Palafox Velasco
Secretario Administrativo

GUÍA DE FLORECIMIENTOS MICROALGALES (2000-2011) CAUSANTES DE MAREAS ROJAS EN LA BAHÍA DE BANDERAS JALISCO-NAYARIT

Autores: María del Carmen Cortés Lara, Roberto Cortés Altamirano, Amílcar L. Cupul Magaña, Luís Vidal Rodríguez Nava y Fernando Vega Villasante.

Derechos Reservados © 2012, Universidad de Guadalajara

Primera. Edición.

ISBN: 978-607-8019-64-9



Universidad de Guadalajara



Centro Universitario de la Costa



Prometeo Editores

Edición: Prometeo Editores S.A. de C.V.
C. Libertad 1457 / Col. Americana / C.P. 44160
Guadalajara, Jalisco, Mex.
Tels: 38262726, 38262782.

Fotografía de contraportada: Marea Roja (18-26 noviembre del 2010) de *Mesodinium rubrum* y *Gymnodinium catenatum*. Autor: Sergio Rendón Rodríguez.

Diseño y diagramación de Portada e interiores en Prometeo Editores por:
Luis Alberto Partida de la Cruz

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Impreso y hecho en México / *Printed in Mexico*



ÍNDICE

	Índice
5	Lista de taxas redescritos y créditos de fotografía
7	Agradecimientos
11	Prólogo
15	1. INTRODUCCIÓN
17	2. ÁREA DE ESTUDIO
19	3. ANTECEDENTES
21	4. MÉTODOS Y MATERIALES
23	5. DIATOMEAS
23	5.1. Generalidades
24	5.2. Estructura y Medidas
25	5.3. Especies de Diatomeas
25	<i>Leptocylindrus danicus</i>
26	<i>Haslea gretharum</i>
27	<i>Skeletonema costatum</i>
28	<i>Chaetoceros curvicetus</i>
29	<i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i>
32	<i>Pleurosigma elongatum</i>
35	6. DINOFLAGELADOS
35	6.1. Generalidades
36	6.2. Estructura y Medidas
37	6.3. Especies de Dinoflagelados
37	<i>Prorocentrum minimum</i>
40	<i>Cochlodinium catenatum</i>
44	<i>Noctiluca scintillans</i>

46	<i>Gymnodinium catenatum</i>
49	<i>Ceratium balechii</i>
50	<i>Akashiwo sanguineum</i>
52	<i>Peridinium quinquecorne</i>
54	<i>Alexandrium sp</i>
57	<i>Lingulodinium polyedrum</i>
58	<i>Prorocentrum micans</i>
60	<i>Dinophysis caudata</i>
62	<i>Dinophysis acuminata</i>
65	7. OTROS GRUPOS
65	7.1 Estructura y Medidas
66	7.2 Silicoflagelados: <i>Dictyocha californica</i>
69	7.3 Euglenofitas: <i>Eutreptiella marina</i>
71	7.4 Rafidoficeas: <i>Fibrocapsa japonica</i>
75	7.5 Ciliado: <i>Mesodinium rubrum</i>
79	8. RECOMENDACIONES
81	9. CONCLUSIONES.....
83	10.BIBLIOGRAFÍA.....
85	Anexo. Tabla 2. Días de FANS observados en 10 años de monitoreo en Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit 2000-2010 (Cortés Lara M.C y Cortés Altamirano R.)
97	Seguimiento fotográfico de diferentes eventos FAN
98	Lámina 1
99	Lámina 2
100	Lámina 3
101	Lámina 4
102	Lámina 5
103	Lámina 6



LISTA DE TAXAS REDESCRITOS Y CRÉDITOS DE FOTOGRAFÍAS

DIATOMEAS: Láminas 1 y 2

1. *Leptocylindrus danicus* Cleve. Lam.1: A, B, C) Sergio Licea Durán.
2. *Haslea gretharum* Simonsen. Lam.1: D) Ruth Luna Soria. E, F) Yolanda Hornelas Orozco.
3. *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve. Lam.1: G) Internet. H, I) Yolanda Hornelas Orozco.
4. *Chaetoceros curvicutus* Cleve. Lam. 2: A) María del Carmen Cortés Lara. B, C) Sergio Licea Durán.
5. *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle. Lam. 2: D) Ruth Luna Soria. E, F) María del Carmen Cortés Lara. G) Sergio Licea Duran.
6. *Pleurosigma elongatum* W. Smith Lam. 2: H) Ruth Luna Soria. I, J) Yolanda Hornelas Orozco. *P. normanii* Ralfs. Lam. 2: K) Ruth Luna Soria. L, M) Yolanda Hornelas Orozco. *P. nicobaricum* Grunow. Lam. 2: N) Ruth Luna Soria. O, P) Yolanda Hornelas Orozco.

DINOFLAGELADOS: Láminas 3 y 4

1. *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller. Lam. 3: A) Norberto Pasten Miranda. B) Y. Hornelas Orozco. C) Internet.
2. *Cochlodinium catenatum* Okamura. Lam. 3: F, G) María del Carmen Cortés Lara.
3. *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy. Lam. 3: E) Roberto Cortés Altamirano.
4. *Gymnodinium catenatum* Graham. Lam. 3: C) Internet. D) Yolanda Hornelas Orozco.
5. *Ceratium balechii* Meave del Castillo, Okolodkov & Zamudio. Lam. 3: H, I) Roberto Cortés Altamirano. I) Yolanda Hornelas Orozco.

6. *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) G.Hansen et Moestrup. Lam. 4: A, B) Roberto Cortés Altamirano.
7. *Peridinium quinquecorne* Abe. Lam. 4: C) Norberto Pasten Miranda D, E) Yolanda Hornelas Orozco.
8. *Alexandrium sp.* Halim Lam. 4: F) Internet.
9. *Dinophysis caudata* Saville-Kent. Lam.4: H) Yolanda Hornelas Orozco.
10. *Lingulodinium polyedrum* (Stein). Lam. 4: K, L) Yolanda Hornelas Orozco.
11. *Prorocentrum micans* Erenbergh. Lam. 4: J) Yolanda Hornelas Orozco.
12. *Dinophysis acuminata* Claparède et Lachmann. Lam. 4: G, I) Yolanda Hornelas Orozco.

SILICOFLAGELADOS, EUGLENOFITAS, RAFIDOFICEAS y CILIADOS: Lámina 5

1. *Dictyocha californica* Schrader et Murray. A, B, C) Yolanda Hornelas Orozco.
2. *Eutreptiella marina* da Cunha. D) Rosalba Alonso Rodríguez.
3. *Fibrocapsa japonica* S. Toriumi & H. Takano. E, F) María del Carmen Cortés Lara.
4. *Mesodinium rubrum* Leegaard. G, H, I, J) Rosalba Alonso Rodríguez.

DINOPHYSIS ACUMINATA: Lámina 6.

A-F. Todas las fotografías fueron proporcionadas por Yolanda Hornelas Orozco.



AGRADECIMIENTOS:

Reconocemos y agradecemos al Dr. Maximilian Andrew Greig, Rector del Centro Universitario de la Costa U de G, por su constante interés en la continuidad de los proyectos de investigación de este centro universitario.

Gracias por el apoyo financiero del Centro Universitario de la Costa U de G, a través del proyecto P/PIFI-2010-14MSU0010Z-10 asignado al CA-UDG-304.

De manera muy especial, gracias también al Oceanólogo Rafael García de Quevedo M., Jefe del Departamento de Ciencias Biológicas del CUCOSTA-U de G., por el apoyo recibido, su amistad y porque siempre ha estado al pendiente de este programa de monitoreo en la bahía.

Agradecemos a Arturo P. Sierra Beltrán del CIBNOR-La Paz por su asesoramiento oportuno y material facilitado que hizo posible la preparación de la presente guía.

Los autores agradecen el apoyo y colaboración de la Región Sanitaria # 8 de Puerto Vallarta Jalisco, a través de la Dra. Alina Quintero Ramírez, y a la QFB. Marcela Villa Estrada.

Nuestro agradecimiento a Mariana Cupul Cortés, por facilitar las fotografías de los peces afectados durante la marea roja de *Eutroptiella marina*.

Agradecemos de manera especial y sincera a la Dra. Alma Paola Rodríguez Troncoso por su amistad y generosa ayuda en el trabajo de campo, durante su estancia pos-doctoral.

Finalmente queremos agradecer a Sergio Licea Durán, Ruth Luna Soria, Yolanda Hornelas Orozco, Norberto Pasten Miranda, Esther Meave del Castillo, Yuri B. Okolodkov, Ma. Eugenia Zamudio Resendiz, y a Rosalba Alonso Rodríguez, por proporcionar las microfotografías de los diferentes grupos fitoplanctónicos utilizados en este trabajo.

Los autores

***ESTE CATÁLOGO ESTÁ DEDICADO A TI SEÑOR
PORQUE SIN TU PODER Y TU GRACIA
SE QUE NO ESTARÍA DONDE ESTOY***

Allí, en las aguas profundas, vieron las obras
del Señor y sus maravillas
Salmo 107:24



PRÓLOGO

Es casi obligado conocer e identificar el fitoplancton en cada puerto de importancia pesquera y turística debido a que representan a los productores primarios que serán la base de la sustentación de la trama alimenticia.

Afortunadamente solo las toxinas de muy pocas especies de fitoplancton son capaces de causar mortandades en la biota marina y dulceacuícola, asimismo muy pocas de estas especies pueden afectar el entorno marino turístico, o causar envenenamiento al ser humano.

Observar y describir la diversidad de fitoplancton en esta localidad es una forma de exhibir su belleza, revelar una base histórica de datos, y presentar las actividades científicas propias del Programa de Monitoreo de Mareas Rojas de Bahía de Banderas-CUCOSTA-U de G.

Particularmente esta guía se enfoca en el reconocimiento de especies potencialmente tóxicas en Bahía de Banderas que pudieran representar un riesgo para la salud de la población.

Aunque está dirigida a personas no familiarizadas con la taxonomía de fitoplancton (estudiantes, naturalistas y público en general), será de gran utilidad también a la comunidad científica y del área de la salud pública, esperando que provea datos útiles para propósitos educativos. Asimismo, es un buen recurso para aquellos que activamente conducen investigación en fitoplancton.

Esta guía describe información general sobre la morfología de cada taxón, mencionando sus características más sobresalientes, lista de sinónimos, su toxicidad, distribución, problemas de salud humana asociados a ellas, y una lista de referencias. Se consideran también los frecuentes cambios en

el nombre de muchas algas tóxicas, ya que esta inestabilidad de nombres confunde a ecólogos, toxicólogos y al personal de vigilancia.

Las imágenes seleccionadas en esta guía de florecimientos microalgales, se tomaron en el Laboratorio de Plancton del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-Unidad Académica Mazatlán-UNAM y en el Laboratorio de Investigaciones Costeras del CUCOSTA. Estas micrografías fueron seleccionadas también a partir del excelente trabajo fotográfico en microscopia de Luz (=L), microscopia electrónica de barrido (=MEB) y microscopia electrónica de transmisión (=MET) de varios investigadores y técnicos; por ello incluimos una lista donde se indica al autor de cada una.

Se pretendió mostrar las especies tanto a L como al MEB y observarlas tanto a menores como a mayores aumentos, porque algunas especies únicamente se pueden identificar a grandes aumentos. Es importante señalar que las muestras de fitoplancton de esta guía provienen de colectas rutinarias en la zona de estudio.

Un dato interesante es que este trabajo documenta nuevos registros o extensiones de rango para varias especies de fitoplancton en Bahía de Banderas y áreas aledañas, como es el Parque Nacional Islas Marietas, Bahía de Matanchén y el Parque Nacional Isla Isabel, en Nayarit. Esta guía fitoplanctónica comprende además la base de datos sobre mareas rojas (FAN) más completa que existe hasta el momento para esta zona geográfica.

¿Porque publicar una guía de fitoplancton tóxico? La razón es que hay un gran número de clases de algas como dinoflagelados, algunas diatomeas y rafdoficeas, las cuales producen potentes toxinas. Estas microalgas poseen un riesgo considerable para la salud pública a través de la acumulación de las toxinas en moluscos bivalvos que filtran las microlagas al alimentarse y los contaminan sin matarlos. Subsecuentemente los humanos pueden llegar a utilizarlos para consumo humano o para su venta local, provocando serias intoxicaciones en la salud. Por otro lado, algunas clases de microalgas pueden matar a organismos marinos al reducir considerablemente los niveles de oxígeno en el agua de mar.

Por tal motivo, el propósito de esta guía es reunir la información disponible, presentarla de forma comprensiva y en un formato accesible que permita de

manera ágil y rápida reconocer a las especies de fitoplancton involucradas. Finalmente se trata de un trabajo continuo y en evolución, ya que no es posible considerar esta lista de especies responsables de mareas rojas como definitiva, máxime cuando se han registrado especies invasoras como *Cochlodinium polykrikoides*, *Peridinium quinquecorne* y *Fibrocapsa japonica*. Debido a que muchas especies de fitoplancton pueden ocurrir también en otras áreas, esta guía de florecimientos microalgales será muy útil para investigadores que trabajan en otras localidades con este tipo de eventos. Esta información científica es de suma importancia y utilidad para Bahía de Banderas especialmente cuando se han documentado eventos potencialmente tóxicos. Aunque en este trabajo no se presentan estudios sobre sustancias tóxicas, actualmente se están analizando algunos datos sobre toxinas en la bahía, por lo que se sugiere revisar las recomendaciones sobre ficotoxinas en el Capítulo 8.

Una razón de peso es que en Puerto Vallarta Jalisco, es muy común ver puestos de mariscos ambulantes o informales en donde se vende abiertamente ostras y pata de mula que se traen principalmente de esteros de Guasave, Sinaloa y de Boca de Camichín, Nayarit, existiendo con ello un riesgo potencial muy serio para la salud de los consumidores, ya que no hay forma de asegurar que no estuvieron expuestos a florecimientos algales tóxicos.

Esperamos con anhelo que este trabajo contribuya en gran medida al progreso del estudio de las mareas rojas en esta zona.

M.C. María del Carmen Cortés Lara
Profesor Docente
Departamento de Ciencias del Centro Universitario de la Costa
U de G



1. INTRODUCCIÓN

Pocas son las personas de nuestra sociedad urbanizada que están conscientes de la existencia de otro universo vital -el microcosmos- compuesto de seres tan diminutos que no pueden ser observados a simple vista. Sin embargo, este pequeño universo puede cambiar el balance de la vida en los ecosistemas marinos cuando se presenta a manera de grandes florecimientos algales nocivos (=FAN o por su siglas en inglés HAB), o mareas rojas. Esta expresión se refiere a la presencia de manchas visibles en la superficie del agua a manera de extensas coloraciones rojas, verdes, cafés, anaranjadas, amarillas, etc., aunque también suelen presentarse como incoloras, o simplemente no distinguibles por confundirse con el color del mar.

Grandes especies como *Noctiluca scintillans* de 1 mm de diámetro produce coloraciones con tan solo 100 células por mililitro, mientras que especies más diminutas como *Prorocentrum minimum* (20 μm) necesitan alrededor de 1,000 células por mililitro para producirlas. De igual forma es usualmente difícil estimar el tamaño de las manchas porque el margen del área de diferente color no es siempre claro.

Las características que describen a las mareas rojas son variadas y complejas. Aún la información disponible no es suficiente para explicar en su totalidad las causas que determinan su presencia o declinación. Se menciona que pueden ser producidas por múltiples factores como son la temperatura, salinidad, intensidad luminosa, cambios en la proporción de nutrientes, procesos de mezcla, procesos de estratificación de la columna de agua que afectan el ciclo estacional (Steidinger, 1975), sin embargo, se estima que pasan por cuatro etapas: 1. Inicio, 2. Crecimiento, 3. Mantenimiento y 4. Término, principalmente en los dinoflagelados (Steidinger *et al.*, 1983; Steidinger y Vargo, 1988; Cortés-Altamirano *et al.* 2004).

Particularmente en Bahía de Banderas, además de los anteriores factores, las causas de las mareas rojas están muy relacionadas con procesos naturales como la ocurrencia de fenómenos de surgencia en sus costas. Períodos de enfriamiento otoño-invierno con predominio de vientos del Noroeste y el desplazamiento de masas de agua de norte a sur, y períodos de calentamiento primavera-verano con vientos del Suroeste y frentes de agua norecuatoriales en ascenso de sur a norte (Cortés-Altamirano *et al.*, 2006a). Es importante señalar que los florecimientos algales son a menudo repentinos y dramáticos, sin embargo su desarrollo y permanencia son favorecidos por múltiples interacciones de parámetros físicos, químicos y biológicos en combinaciones apropiadas.

Este trabajo, es una guía ilustrada que muestra 24 especies de fitoplancton responsables de mareas rojas (FAN) en Bahía de Banderas, en un período de 11 años desde 2000-2011, en donde se incluyen 6 grupos taxonómicos diferentes y relevantes, como son diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados, euglenofitas, rafidofíceas y ciliados.



2. ÁREA DE ESTUDIO

Bahía de Banderas se encuentra en la zona de la boca del Golfo de California, dentro de una zona muy dinámica cuya circulación está gobernada por procesos oceanográficos debidos a la confluencia de varias masas de agua, que generan complejas estructuras termohalinas como la Corriente de California, la Corriente del Pacífico, y la Corriente propia del Golfo de California (Roden y Emilsson, 1980; Santamaría y Álvarez-Borrego, 1994; Lavín *et al*, 1997).

Bahía de Banderas con sus 1,407 km² de superficie, es considerada como una de las grandes bahías del litoral centro occidente del Pacífico mexicano en donde se sitúa Puerto Vallarta Jalisco. Es un cuerpo de agua de forma semicircular de aproximadamente 43 kilómetros en su parte más larga (norte-sur), y de casi 37 kilómetros (este-oeste). Se ubica geográficamente entre los 20° 15' y 20° 47' de Latitud Norte, y los 105° 15' y 105° 42' de Longitud Oeste. Los límites de este cuerpo costero son Punta de Mita, Nayarit al norte y Cabo Corrientes, Jalisco al sur; y al ser un lugar muy concurrido por el turismo nacional e internacional resulta muy importante conocer la incidencia de eventos de mareas rojas (FAN) a lo largo de sus litorales.

Para fines prácticos sus costas se dividen en una costa norte con una longitud de 24 kilómetros extendida desde Punta de Mita hasta la localidad de Bucerías, Nayarit; una costa este que mide 39 kilómetros y se desplaza desde Bucerías hasta Boca de Tomatlán, Jalisco; y otra denominada costa sur con 52 kilómetros, desde Boca de Tomatlán hasta Cabo Corrientes, Jalisco.

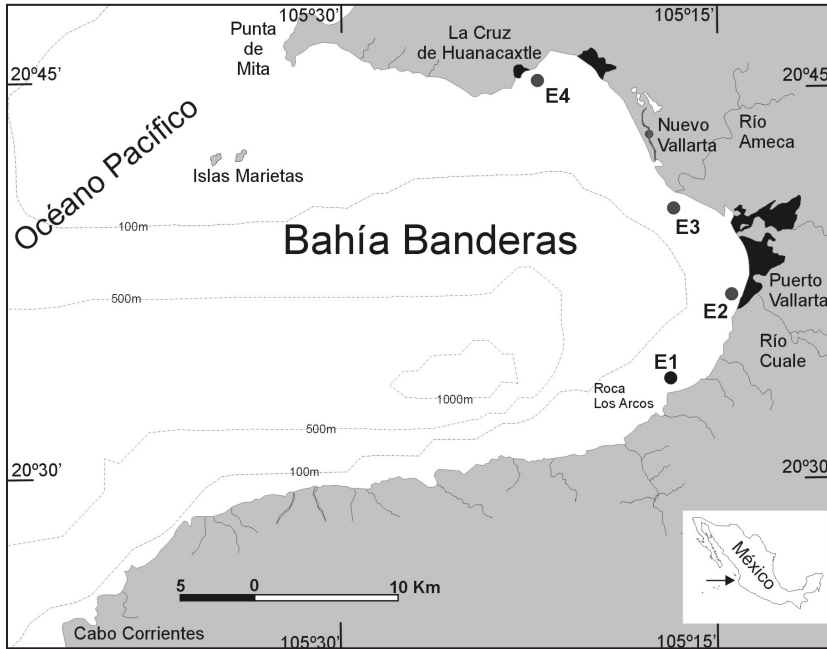


Figura 1. Toponimia del área de estudio y la localización de estaciones de muestro.



3. ANTECEDENTES

Antes del año 2000, los estudios sobre las mareas rojas en Bahía de Banderas no se habían realizado con regularidad, limitándose a unas cuantas recolecciones esporádicas. Un ejemplo de lo anterior son los trabajos de Bravo-Sierra (1998) durante el ciclo anual 1990-91, en donde se identificó la composición taxonómica del fitoplancton de la bahía, registrando varios grupos del fitoplancton como diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados, así como una presencia reducida de cianofitas.

Posteriormente, (Cortés-Altamirano *et al*, 1996-1997), reportaron una marea roja causada por *Mesodinium rubrum* en esta bahía. Posteriormente (Hernández-Becerril y Bravo-Sierra 2001), describen la presencia de silicoflagelados planctónicos del Pacífico Mexicano en donde registran 6 especies diferentes para la Bahía de Banderas.

Posteriormente se describió un nuevo evento con una duración de 14 días, producido por los dinoflagelados *Noctiluca scintillans* y *Ceratium spp.*, en concentraciones de 0.3 a 0.8 millones de células por litro (Gómez-Aguirre, 1998). En 1986 Mee *et al*, documentaron la presencia de *Gymnodinium catenatum* en un crucero al norte de Puerto Vallarta sin reportar casos de envenenamiento. Este mismo dinoflagelado tóxico fue reportado por (Gómez-Villareal y L. Durán, 2002) en la bahía, con máximas en el puerto pesquero de la Cruz de Huanacastle, Nayarit, con 1,870 células por mililitro.

Desde el año 2000 se implemento en Bahía de Banderas un programa de monitoreo de mareas rojas con el propósito de darle un seguimiento más sistemático y organizado a estos eventos, debido a que se ha observado especies potencialmente tóxicas con notables mortandades de organismos marinos particularmente peces.

El dinoflagelado *Cochlodinium polykrikoides* ha sido agente causal de muerte masiva de peces en la Bahía de Banderas en dos ocasiones (Cortés-Lara *et al.*, 2001, 2002a). Este dinoflagelado es recurrente en la localidad con grandes abundancias por arriba de los 10 millones de células por litro, particularmente en verano-otoño. También se ha registrado para zonas cercanas a la bahía como fue en las playas de Guayabitos, Nayarit, en octubre de 2006 con 1'679 células por litro (Cortés-Lara *et al.*, 2008). En el 2002 (Cortés-Lara *et al.*, 2002b), presentaron una evaluación y diagnóstico de las mareas rojas en los litorales de Bahía de Banderas en donde reportan nuevas extensiones de rango de 9 especies potencialmente tóxicas.

En febrero del 2003 se documentó el primer registro de *Fibrocapsa japonica* (= *Chaetonnella japonica*), en bahía de Matanchén Nayarit dominando el 97% de la comunidad fitoplanctónica, con abundancias de 4-6 millones de células por litro. Aunque el reporte no fue en la Bahía de Banderas, sino en una zona aledaña, se reconoció como el primer registro de esta rafigoficea en el Pacífico mexicano (Cortés-Lara *et al.*, 2003).

En el 2005 se registró la presencia del dinoflagelado *Alexandrium sp.* durante la primavera del 2004 con abundancias de 3'176,00 células por litro, siendo escasa la concentración de otras especies de fitoplancton.

Al año siguiente, en el 2006 (Cortés-Lara *et al.*, 2006), se estudian los cambios estacionales del Ciliado *Mesodinium rubrum* (= *Myrionecta rubra*) en un período de 10 años, con abundancias mayores a 8 millones de células por litro. En los años 2007, 2008 y recientemente en el 2010, se registró la presencia de *Eutreptiella marina* por primera vez en la bahía con una semana de duración y considerable mortandad de peces (Cortés-Lara *et al.*, 2010 a y b).

El 2011 se destacó por la presencia de 6 mareas rojas en la bahía, siendo la más sobresaliente la del mes de abril, en donde se identificó por primera vez al dinoflagelado *Dinophysis acuminata* como causante de un FAN.



4. MÉTODOS Y MATERIALES

Las recolectas de fitoplancton se realizaron principalmente en cuatro estaciones de muestreo indicadas en la Fig.1 y se situaron de sur a norte como: a) E-1, en Los Arcos donde la profundidad alcanza varios cientos de metros debido al cañón submarino que atraviesa la bahía con una profundidad máxima de 1400 m, en esta zona los procesos de surgencias resultan más intensos; b) las estaciones E-2 y E-3, ubicadas en áreas adyacentes a las desembocaduras de los ríos Cuale y Ameca los que descargan una gran cantidad de material terrestre en época de lluvias, y c) la estación E-4 en el puerto pesquero de la Cruz de Huanacastle, Nayarit, que es una zona muy somera y de gran turbidez (Fig. 1; Mapa basado en INEGI Carta topográfica 1:250 000 Pto.Vallarta F13-11).

El período de muestreo abarca desde principios del 2000 hasta mediados de abril del 2011. Para estimar la abundancia de células, se tomaron muestras de agua de mar directamente sobre las zonas de mayor discoloración, en frascos de plástico y fijadas en acetato-lugol 1:100 ml, homogeneizadas y sedimentadas por 24 horas en cámaras compuestas de 10 ml, así como en cámaras Sedgewick Rafter con capacidad 1 ml, marcadas con recuadros de 1 mm² como marco de referencia.

Los conteos se realizaron en un microscopio de objetivos invertidos en contraste de fase de acuerdo a la técnica descrita por Hasle (1978). Para confirmar la identificación de algunas especies se observaron detalles de su morfología externa con un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM S410LV. Simultáneamente se midieron *in situ* la temperatura y la salinidad de la columna de agua utilizando un analizador de campo YSI modelo 85.

En algunas ocasiones fue posible recolectar muestras superficiales en otras localidades las cuales sirvieron para estimar la magnitud de los eventos en otras áreas de Bahía de Banderas fuertemente afectadas. Se obtuvieron

microfotografías de los especímenes *in vivo*, para su correcta observación de microorganelos. En algunas especies se realizaron mediciones de largo y ancho por medio de un disco de Whippel con 100 divisiones, acoplado a un ocular de 10X previamente calibrado mediante un portaobjetos con una microreglilla de precisión 0.01 mm.

En el caso de los peces afectados por los diferentes eventos de marea roja, estos fueron recolectados manualmente de aquellos que flotaban o arribaban a la playa. Varios del fondo y aquellos de deriva no fueron identificados por su alto estado de putrefacción.



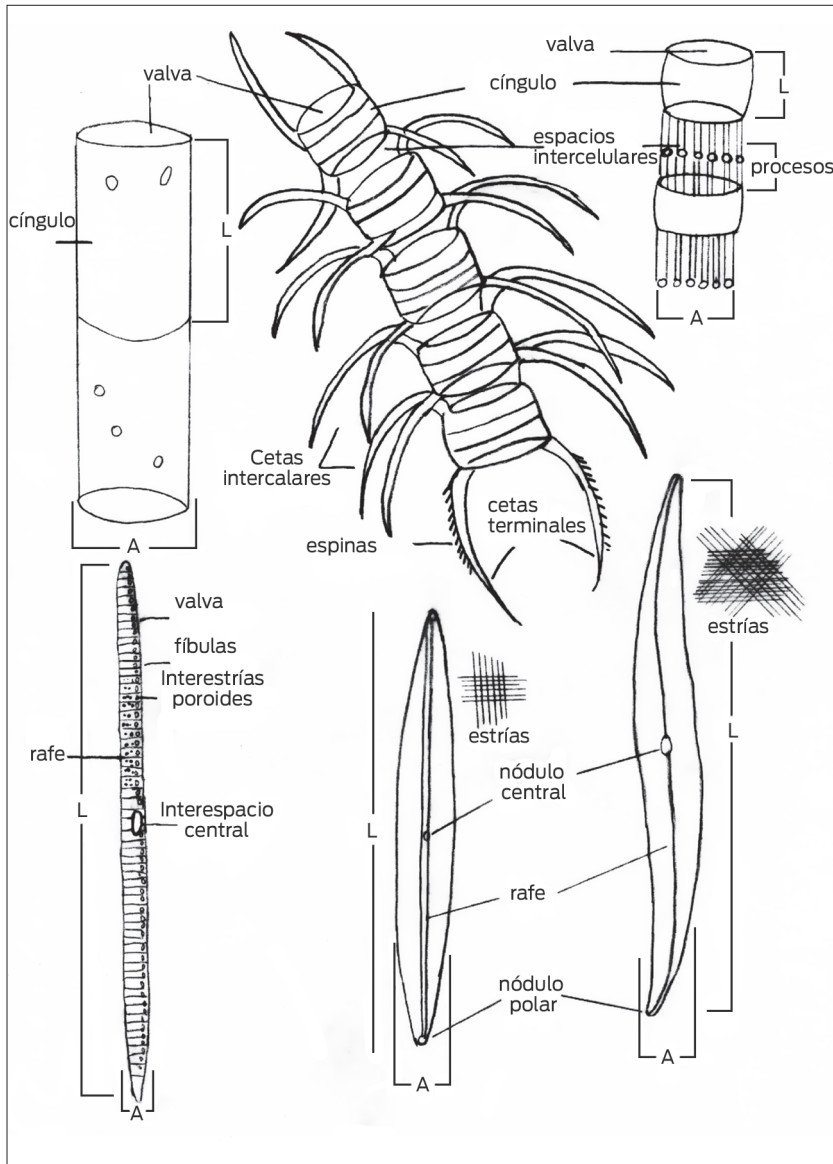
5. DIATOMEAS

5.1 GENERALIDADES

Se menciona que las diatomeas son el grupo más conocido y diverso de microalgas planctónicas marinas, las cuales tienen tallas entre 3 a 200 μm . Algunas especies llegan a medir menos de 2 μm (especies del género *Minidiscus*), o hasta casi 2 mm (especies del género *Ethmodiscus*). Su característica principal es la frústula (pared silíceo) que semeja las cajas de Petri, una valva (hipoteca) de menor diámetro que la otra (epiteca) y que exhiben variaciones sobresalientes. Los principales pigmentos fotosintéticos son: clorofilas *a* y *c*₂, fucoxantina, diatoxantina. Una clasificación tradicional se basa en la simetría de las valvas: las Centrales tienen una simetría radial, mientras que las Penadas muestran simetría bilateral, aunque más recientemente se han propuesto clasificaciones diferentes (Round *et al.*, 1990). Las diatomeas planctónicas pueden ser formas solitarias, pero muy a menudo constituyen cadenas y colonias que se vinculan por medio de proyecciones silíceas de la frústula o por las sustancias adherentes que produce. Las diatomeas están distribuidas en todos los mares y frecuentemente dominan la comunidad fitoplanctónica en número y biomasa. Pero su contribución es mayor en zonas neríticas y de surgencia, donde los nutrimentos están disponibles en concentraciones altas. El número estimado de especies planctónicas marinas varía de 3170 a 3229 (Cortés-Altamirano, 1998c). Se ha encontrado que algunas diatomeas (género *Pseudo-Nitzschia*) producen ácido domoico (AD), que es una toxina que ocasiona el envenenamiento amnésico por consumo de mariscos EAM o ASP por sus siglas en inglés.

Sin duda las diatomeas sustentan la mayor diversidad de géneros (más de 100) y especies que en el Pacífico mexicano sobrepasan 800 taxones (especies, variedades y formas), con 418 para el Golfo de California (Hernández-Becerril, 1987c; Moreno *et al.*, 1996), 171 para el Golfo de Tehuantepec y 918 para el Golfo de México.

5.2 ESTRUCTURA Y MEDIDAS (Figura 2)



5.3 ESPECIES DE DIATOMEAS

Leptocylindrus danicus Cleve

Lámina 1. DIATOMEAS: Figs. A, B, C.

Sinónimo (s): ninguno.

Descripción: Diatomea central cuyas células son alargadas y cilíndricas, solitarias o unidas en cadenas, con pequeños y numerosos cloroplastos redondeados. Valvas cóncavas y convexas en las uniones de las células. Euplántica, es decir su morfología le facilita la suspensión en la columna de agua (Meave del Castillo *et al.*, 2003a). Común en aguas costeras (Fukuyo *et al.*, 2003). Las valvas son circulares con finas estrias radiales formadas de pequeños poros que en microscopia electrónica de transmisión dan la apariencia de 4 zonas de diferente densidad de poros. Entre ellos hay un foramen, seguramente un proceso tubular.

Tamaño: tienen un diámetro de 5.7-16 μm ancho por 24.7 a 62.5 μm de largo.

Espora de resistencia: +

Toxicidad: No conocida, se considera una especie útil que no daña al medio ambiente, ni a los organismos o al hombre. No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas.

Tipo de manchas: No visibles en Bahía de Banderas.

Generalidades: *Leptocylindrus danicus* a simple vista podría ser confundido con *Leptocylindrus minimus*, ligeramente silificado con solo dos cloroplastos (Davis, *et al.*, 1980). Esta diatomea se presentó en las costas de Bahía de Banderas en el 2000, 2001 y 2003 como responsable de un (FAN). El intervalo de abundancia fue de 3'374,000 a 464,000 céls·l⁻¹ principalmente en el verano-

otoño. Solo se tienen registros de muy pocos días de duración, ya que la mayoría de las colectas pertenecen a una sola observación.

Distribución: Especie de amplia distribución.

***Haslea gretharum* Simonsen**

Lámina 2. DIATOMEAS: Figs. D, E, F.

Sinónimo (s): *ninguno*.

Descripción: Diatomea penada cuyas células son solitarias, valvas lineares a elípticas y los extremos redondeados. Los cloroplastos se ubican al lado del núcleo. Ticoplántica, es decir de hábitos bénticos pero que debido a las turbulencias y movimientos de las aguas llegan a suspenderse por un tiempo pudiendo llegar a jugar un papel importante en la columna de agua (Meave del Castillo *et al.*, 2003a) como en este caso, siendo dominante de una marea roja. Cuando se observa al (MEB) se observa una estriación longitudinal a lo largo de la valva en cuyo centro se encuentra el rafe, paralelo a el presenta estrias muy delgadas 44 en 10 μm en el centro, y 36 μm en los extremos (según Simonsen, 1974: de 36-40 estrias longitudinales en 10 μm en contraste interferencial). Si se observe al (MET) además de esta estriación hay una más interna dando en apariencia de cuadrícula muy fina.

Tamaño: 122-151.7 μm de longitud, y de 17-23 μm de ancho (N=5 MEB).

Toxicidad: No se conoce. No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas.

Tipo de manchas: Extensas y visibles en Bahía de Banderas.

Generalidades: *Haslea gretharum* se presentó en Bahía de Banderas durante el mes de junio del 2001 como responsable de un (FAN) junto con *Mesodinium rubrum*. Su concentración fue de 267,000 céls·l⁻¹. Ha sido la

única ocasión que se ha observado a esta diatomea como causante de una marea roja. Especie de nuevo registro en las costas del Pacífico mexicano.

Distribución: Norte del Océano Índico y Golfo Pérsico.

***Skeletonema costatum* (Greville) Cleve**

Lámina 1. DIATOMEAS: Figs. G, H, I.

Sinónimo (s): *Melosira costata* Greville

Descripción: Diatomea central cuyas células son elípticas o cilíndricas con sus extremos redondeados. Están unidas en largas cadenas y los espacios entre las células pueden ser largos o cortos. Euplántica, es decir su morfología le facilita la suspensión en la columna de agua (Meave del Castillo *et al.*, 2003a). Común en aguas costeras formando mareas rojas, algunas de ellas asociadas con mortandades masivas de peces por decaimiento del oxígeno durante la descomposición de las células que formaron la marea roja (Fukuyo *et al.*, 2003).

Tamaño: diámetro de 2-21 μm

Espora de resistencia: auxosporas.

Toxicidad: No se conoce. No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas.

Tipo de manchas: Extensas y muy visibles en Bahía de Banderas.

Generalidades: Es una especie marina y sus células se encuentran ligadas firmemente con largos tubos externos derivados de procesos marginales (Hasle, 1973b, Medlin *et al.*, 1991). Esta diatomea se ha presentado en varias ocasiones en Bahía de Banderas causando (FAN); uno de los registros fue en el mes de diciembre del 2003 con una abundancia de 973,000 céls. $\cdot\text{l}^{-1}$ tanto en la playa cercana al Hotel Sheraton, como en la zona de Boca de Tomates.

En octubre del 2006 se presentó de nuevo formando un florecimiento muy denso con una concentración de 3'843,000 céls.l⁻¹ en el Parque Nacional Islas Marietas, Nayarit. Puede llegar a ser confundida con otras especies de *Skeletonema*, como *S. pseudocostatum* o *S. subsalsum*.

Distribución: Cosmopolita, de amplia distribución principalmente en aguas templadas a cálidas.

***Chaetoceros curvictetum* Cleve**

Lámina 2. DIATOMEAS: Figs. A, B, C.

Sinónimo (s): *Chaetoceros secundus* Cleve sensu Gran et Angst

Descripción: Diatomea central cuyas células están unidas en cadenas. Euplántica, es decir su morfología le facilita la suspensión en la columna de agua (Meave del Castillo *et al.*, 2003a). Común en aguas costeras (Fukuyo *et al.*, 2003). Forma colonias en forma de "c" con células adyacentes torcidas en espiral en las esquinas y con un solo cloroplasto. Las setas son perpendiculares a las cadenas de células, y se extienden hacia el exterior de la espiral. Se puede llegar a confundir con *Chaetoceros debilis*, el cual también tiene cadenas torcidas en espiral y setas dirigidas hacia afuera, pero tiene un menor radio de curvatura y tiende a verse más cerdoso a causa de que sus setas son más delgadas.

Tamaño: 7-30 µm de ancho (Cupp, 1943; Tomas 1997); 14-15 µm de ancho (Rines and Hargraves, 1988).

Espora de resistencia: auxosporas.

Toxicidad: Nociva, no se conoce que produzcan toxinas pero se asocian a mortandades de peces por efectos físicos como setas que pueden dañar las branquias o taponearlas. Las setas pueden provocar la producción de exceso de mucus que impide el intercambio gaseoso en las branquias, matando a los peces por asfixia o sofocación. No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías

respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas.

Tipo de manchas: No visibles en Bahía de Banderas.

Generalidades: Esta especie se observó en las aguas superficiales de Bahía de Banderas, formando un (FAN) en el 2004 con una concentración de $1'824,000 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$ junto con *Skeletonema costatum* con $1'137,000 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$.

Cabe mencionar que no son muy frecuentes los reportes de proliferaciones de *Chaetoceros curvictetus* en los sistemas acuáticos, la cual es considerada como nociva cuando produce mareas rojas (Zhang *et al.*, 2006). Sin embargo, en el 2006 (Estradas-Romero *et al.*, 2009) reportaron un notable florecimiento de esta especie en la Ensenada Mapachitos en Bahía Concepción (BCS), en una zona de ventilas hidrotermales someras con abundancias de $1.6 \text{ a } 2.6 \times 10^6 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$.

Distribución: Cosmopolita, de amplia distribución principalmente en aguas templadas y cálidas.

***Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle emend. Lundholm, Hasle & Moestrup** 

Lámina 2. DIATOMEAS: Figs. D, E, F, G.

Sinónimo (s): *Nitzschia pseudodelicatissima* y *Nitzschia delicatula*

Descripción: Células en cadenas filamentosas con sobreposición entre células vecinas en aproximadamente 10 % de la longitud total. Es una diatomea penada, eoplántica. Únicamente se pueden identificar por medio del (MEB) o (MET). Presenta una valva angosta y linear con finales punteagudos, presenta un interespacio central. Las colonias se sobrelapan en sus extremos de 1/5 a 1/6 (Fig. F). Presenta una sola hilera de poroides, estos más o menos de forma cuadrada, donde hay de 4-6 poroides en 1 micra, estos poroides están parcialmente cerrados por una membrana (=Hymen o criba). Hay de 30-46 interestrias en 10 micras y de 14 a 26 fíbulas en 10 micras.

Tamaño: 59-140 μm de largo y 1.5 μm de ancho.

Espora de resistencia: Auxosporas

Toxicidad: + Especie tóxica productora de ácido domóico (AD). Llama la atención por su relación con toxinas ASP (Amnesic Shelfish Poisoning), o Envenenamiento Amnésico por Mariscos. Asociado a eventos ictiotóxicos. No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas.

Tipo de manchas: No visibles en Bahía de Banderas.

Generalidades: *Pseudonitzschia* es un género de diatomea fácilmente reconocible por sus delgadas células de forma linear que forman cadenas sobrepuestas unas con otras al final de cada célula. Sin embargo, es muy difícil reconocer las diferentes especies que para su correcta identificación es necesario conocer detalles de su ultraestructura como poros, hileras de ellos, intertestrias, fibulas etc etc.

Los moluscos bivalvos que se alimentan de *Pseudonitzschia sp* pueden acumular la ficotoxina y volverse tóxicos a los humanos, mamíferos y aves costeras. Si los humanos consumen moluscos contaminados pueden llegar a experimentar ASP (Gómez-Aguirre y Licea-Durán, 2004).

Parsons *et al.*, (1999) menciona una gran variabilidad genética dentro del grupo de *P.pseudodelicatissima*, la cual se ha dividido en variedades adicionales basadas en su morfología y análisis molecular.

Es una diatomea común en aguas costeras del noroeste y oeste de EUA, Canadá y Golfo de México, formando a menudo blooms en las costas de Florida, Texas, Luisiana y la península de Yucatán.

Los reportes de *P.pseudodelicatissima* en el Pacífico mexicano datan de 1999 (Licea-Durán *et al.*, 1999), 2004 (Gómez-Aguirre *et al.*, 2004), y 2006 (Cortés-Altamirano, *et al.* 2006b).

Pseudonitzschia pseudodelicatissima se registró por primera vez en Bahía de Banderas del 16-18 de abril del 2009 particularmente en las áreas de Bucerías y Nuevo Vallarta, Nayarit (Cortés-Lara *et al*, 2010b). Se presentó como causante de una proliferación algal con valores máximos de $1'256,000$ céls·l⁻¹. Durante este evento del 2009 se observaron notables mortandades de peces particularmente sardinas (*Sardinops ssp.*), lamentablemente no se hicieron pruebas para determinar la presencia de ácido domóico en esta bahía.

Sorprendentemente en marzo del 2011 de nuevo se presentó una proliferación de *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* en el Parque Nacional Islas Marietas ($559,000$ céls·l⁻¹), y en el puerto pesquero de la Cruz de Huancaxtle, Nayarit en abundancias muy grandes de $7'179,000$ céls·l⁻¹, nunca antes documentadas en Bahía de Banderas.

El Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos de la COFEPRIS (<http://www.cofepris.gob.mx/work/sites/cfp/resources/LocalContent/1128/39/InstMuestreoFitoyMBIX.pdf>) señala como límite máximo permisible para *Pseudonitzschia spp.* $50,000$ céls·l⁻¹; nuestros valores observados están muy por encima de los niveles de regulación sin que se hayan registrado necesariamente intoxicaciones humanas.

Sierra-Beltrán *et al.* (2005a), reportaron también la presencia de *P. pseudodelicatissima* en las aguas costeras de la Bahía de Mazatlán con una abundancia de $3'921,000$ céls·l⁻¹, y una dominancia del 67% del fitoplancton total. Estos autores reportaron varias toneladas de sardina flotando muertas en mar abierto, lo que coincide con lo observado en Bahía de Banderas en el 2009. Nuestros datos de abundancia de *P. pseudodelicatissima* están dentro del mismo orden de magnitud que los reportados por estos autores en Bahía de Mazatlán. No ha habido ningún caso de ASP en Bahía de Banderas derivado de una marea roja de *Pseudonitzschia spp.*

Por otro lado, Sierra-Beltrán *et al.*, (2005a) plantean la posibilidad de que esta diatomea tóxica sea la causa principal de la muerte de delfines, leones marinos y pelicanos, además de la muerte de las sardinas en el Golfo de California atribuyéndolo a la ingesta de peces portadores de ácido domóico. No son muy comunes las observaciones de *P. pseudodelicatissima* en Bahía de Banderas porque no producen discoloraciones en el mar, es decir no se

ven, y si la producen, el color es muy semejante a las del agua de mar y no se diferencian fácilmente. Nuestros datos corroboran la importancia de esta flora diatomológica.

Distribución: Esta especie puede ser encontrada en aguas costeras y oceánicas, tropicales y templadas. Se reporta como un importante generador de florecimientos en aguas australianas (Hallegraeff, 1994), sin embargo existen variedades tanto tóxicas como no tóxicas reportadas para Bahía de Fundy, Canadá (Kaczmarek *et al.*, 2005). Aparentemente está presente en aguas costeras de Baja California.

***Pleurosigma elongatum* W. Smith**

Lámina 2. DIATOMEAS: Figs. H-J; Figs. K-M; Figs. N-P.

Sinónimo de *Pleurosigma elongatum*: *Gyrosigma elongatum* W. Smith.

Sinónimo de *Pleurosigma normanii* Ralfs: *Pleurosigma affine* Grunow; *Gyrosigma normanii* Peragallo.

Sinónimo de *Pleurosigma nicobaricum* Grunow: ninguno.

Descripciones: Diatomeas penadas de forma solitaria cuyas valvas son sigmoides. Ticoplántica, es decir de hábitos bénticos pero que debido a las turbulencias y movimientos de las aguas llegan a suspenderse por un tiempo. Presenta de dos a cuatro cloroplastos a manera de listón que se localizan de polo a polo y de polo al centro, siendo muy raro que presente muchos y pequeños cloroplastos. Sus estrías son oblicuas y transversas aunque no son visibles con microscopio de luz (Sterrenburg, 1995).

P. elongatum: Valva lanceolada, ligeramente sigmoide con finales agudos. Rafe ligeramente sigmoide y colocado centralmente. El nódulo central pequeño elíptico y rodeado de poros circulares únicamente en algunas estrías (4-6) cortas que después cambian a doble poros en forma de coma (Fig. J) en estrías oblicuas y paralelas. Las estrías son hileras de poros en coma dobles y hay 19 en 10 micras en la región media, hacia los lados del rafe hay una sola hilera de poros dobles diferentes a los poros en coma, y dan 11 en los extremos y 23 poros en la región media en 10 micras. Además toda la periferia de la frústula presenta también este tipo de poros. La longitud de las valvas va de 80 a 169 micras y una anchura de 14-27.5 micras (N=5).

P. normanii: Valva amplia lanceolada, ligeramente sigmoide con finales subagudos. Rafe central y sigmoide, cuyo nódulo central está rodeado de un área lisa libre de poros. Las estrías están formadas de pequeños poros circulares de 0.25 micras (Fig. M), arregladas en en bandas oblicuas y paralelas, en cuya región media presentan 20 poros en 10 micras, pero hacia los extremos de la frústula presentan de 11-12 poros. La longitud de la valva va de 127-182 micras y un ancho de 27-29 micras (N=6).

P. nicobaricum: Valva ligeramente rómbica y un poco oblicua. Finales moderadamente gruesos y redondeados. Rafe ligeramente recto y cuyos finales están curvados en direcciones opuestas. Las estrías transversales y oblicuas presentan 20 poros en 10 micras, estos poros son muy diferentes a las 2 especies anteriores (Cupp 1943, las llamo *striae punctate*) que viene siendo como una pequeña rayita que en conjunto parecen una línea quebrada (Fig. P). La longitud de la valva fue de 151.89 micras y un ancho de 27.0 micras (N=1).

Toxicidad: No se conoce. Se detectó daño visible al ambiente marino con abundante espuma en la playa, pero no se observó daño a los recursos pesqueros ni olores irritantes por la brisa marina. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con la espuma abundante.

Tipo de manchas: Extensas y muy visibles en Bahía de Banderas.

Distribución:

Pleurosigma spp. se presentó en Bahía de Banderas por primera vez a finales del mes de diciembre del 2010 con una significativa abundancia de $2'010,000$ céls·l⁻¹, y su ocurrencia estuvo muy relacionada con la aparición de abundante espuma en el mar no pestilente, en donde no hubo reportes de que la espuma causara daños a la salud. Esta es la primera vez que se reporta un florecimiento de estas especies, aunque detectamos 3 especies, estas no pueden ser identificadas en un conteo normal debido a que sus tallas y formas varían mucho y se sobrelapan unas con otras; únicamente por microscopia electrónica de barrido (MEB) se pudo hacer esa distinción. Aunque se conocen cerca de 12 especies de *Pleurosigma*, éstas han sido ocasionalmente reportadas y en forma escasa en número. Nuestra revisión se basó en los trabajos de Cupp (1943), donde identificó 4 especies, Hernández-Becerril (1987a) en una revisión reportó 8 especies, Moreno y Licea (1996) reportaron 6 especies y finalmente en el golfo de Tehuantepec

se reportaron 5 especies. La revisión de los anteriores trabajos coinciden en señalar como a *P. normanii* como la especie más frecuente en el Pacífico mexicano.



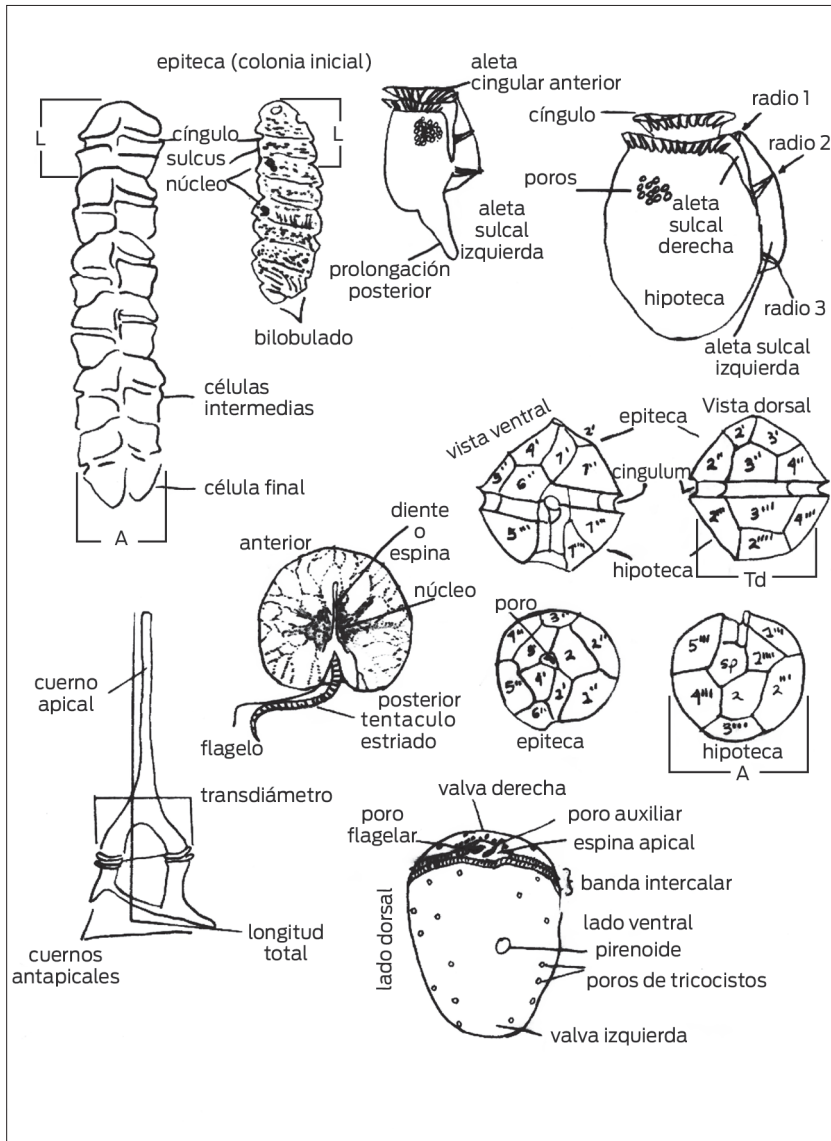
6. DINOFLAGELADOS

6.1 GENERALIDADES

Los dinoflagelados son un grupo diverso y complejo de flagelados unicelulares, cuyo número de especies en el plancton marino es de 1514 y 1880 (Sournia, 1995), aunque el número aproximado de especies vivientes es de 2000 (Taylor, 1987a; Steidinger y Tangen, 1997). Poseen dos flagelos desiguales, generalmente uno en forma de listón, localizado transversalmente en el cíngulo o cintura y otro longitudinal, dirigido posteriormente, así como un núcleo con cromosomas permanentemente condensados. Su talla va de 5 μm hasta 2 mm y desarrollan formas muy atractivas y diferentes, así como apéndices notables: cuernos, aletas, espinas. Existen formas con teca endurecida (dinoflagelados tecados) y otras con teca más frágil (dinoflagelados desnudos o atecados): en ambas formas se reconocen actualmente diferentes patrones corticales (Fensome *et al.*, 1999). Los principales pigmentos son la clorofila a, c_2 , peridinina y dinoxantina. Cerca de la mitad de las especies son autótrofas, mientras la otra mitad son formas heterótrofas (con varios tipos de alimentación): mixotrofia, captura activa de presas, parasitismo y formas simbióticas (Larsen y Sournis, 1991). Las especies tropicales exhiben formas extraordinarias y la diversidad de dinoflagelados es mayor en estas regiones. Existen numerosas especies que producen mareas rojas y toxinas que provocan diversos envenenamientos en los seres humanos (Hallegraeff, 1993).

El total de géneros detectados en aguas mexicanas es cercano a 50, mientras que el número de especies se desconoce; los datos aproximados para el Pacífico mexicano es de 350 taxones (que incluye especies, variedades y formas), y 278 en el Golfo de California (Hernández-Becerril, 1987c; Licea *et al.*, 1995).

6.2 ESTRUCTURA Y MEDIDAS (Figura 3)



6.3 LAS ESPECIES DE DINOFLAGELADOS

***Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller**

Lámina 3. DINOFLAGELADOS: A, B.

Sinónimo: *Exuviaella minima*, *Prorocentrum triangulatum*, *Exuviaella marie-lebouriae*, *Prorocentrum cordiformis*, *Prorocentrum mariae-lebouriae*.

Descripción: Células solitarias pequeñas, ligeramente triangulares o con forma de fresa. Presentan una pequeña espina anterior central que no siempre es visible. Ambos márgenes posterior y anterior son siempre convexos, pero esta convexidad del margen lateral las varía dependiendo del ambiente, así la forma de las células cambia de casi triangular a oval. Las valvas tienen muchas espínulas por toda la superficie y unos pocos de tricocistos. Es una especie cosmopolita (Fukuyo *et al.*, 2003).

Tamaño: 13.3 a 20 μm de ancho por 15.2 a 22.5 μm de largo.

Espora de resistencia: Aún no se conoce su quiste, por lo que no se le ha podido relacionar con una dispersión más activa. Dentro de Bahía de Banderas se conoce muy poco de sus quistes.

Toxicidad: + Especie tóxica que produce ficotoxinas (venerupina) que afectan a los organismos marinos y el ser humano. Considerada especie ROS, o reactivas al oxígeno (Cortés-Lara *et al.*, 2008). Esta especie ha sido señalada como responsable de un serio y masivo envenenamiento de humanos causados por la almeja *Tapes japonica* ocurrido en el lago Hamana en Japón entre 1948 y 1950 (Fukuyo *et al.*, 2003). También se le atribuye la producción de DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning). Se detectó daño visible al ambiente marino con abundante espuma en la playa, pero no se observó daño a los recursos pesqueros ni olores irritantes por la brisa marina. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con la espuma abundante.

Tipo de manchas: Rojizas extensas y muy visibles en Bahía de Banderas.

Invasora: Se le considera especie invasora en el Golfo de California (Cortés-Altamirano *et al.*, 2006a).

Generalidades: Las muestras de *Prorocentrum minimum* colectadas en Bahía de Banderas en febrero del 2000, no registraron grandes abundancias, solo valores alrededor de $148,000 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$, sin embargo, su proliferación en la localidad estuvo asociada con una abundante espuma, particularmente al norte de la bahía hacia las playas de Nuevo Vallarta, Nayarit, causando asombro y desconcierto en la población (Sierra-Beltrán *et al*, 2005b).

En ese mismo año 2000, se observaron enormes florecimientos en varias localidades a lo largo de la costa Pacífica durante el mes de febrero a mayo, formando también una imponente espuma pestilente que se acumuló a lo largo de las playas, pero que no tuvo efecto sobre los humanos.

Es una especie tóxica muy confundida con *P. balticum* que no es tóxica; adjudican la diferenciación a partir de la forma, pero se ha visto que en ambas hay gran variación.

Se describió en el Mar Mediterráneo en 1916 en el Golfo de León (sur de Francia) pero se le considera cosmopolita ya que también se encuentra en todo el Pacífico y en todo el Atlántico.

El género *Prorocentrum* incluye especies marinas que se asemejan mucho unas a otras. Al menos 12 especies son reconocidas como tóxicas, muchas de ellas de ambientes bentónicos y productoras de ácido okadaico, DSP toxinas y PSP, provocando daño en humanos y en los recursos naturales, es también una especie generadora de mareas rojas con conocidas ocurrencias en la costa este de EUA, Japón, Golfo de México, Canal Inglés, Portugal, Mar Caspio, Australia y el Mar Mediterráneo. Algunos eventos tóxicos han sido identificados en Japón y en Francia produciendo toxinas del grupo PSP que ataca el hígado (Sierra-Beltrán *et al*, 2005b)

Las especies causan daño cuando se presentan en grandes números, ya sea en aguas abiertas o en estanques de acuicultura en donde se le encontró en gran abundancia en cultivo de camarón, donde posiblemente fuera introducido junto con poblaciones de ostiones o camarones procedentes del oriente (Cortés-Altamirano y Agráz-Hernández, 1994; Cortés-Altamirano *et al*, 1999b; Cortés-Altamirano *et al*, 2006a).

Prorocentrum minimum no es una especie frecuentemente reportada, siendo el primer registro de un bloom en Mazatlán el de Cortés-Altamirano *et*

al., (1999b), aunque la mayoría de los blooms fueron observados en cultivos de camarón, causando significativas mortandades de larvas (nauplii), y de adultos de *Penaeus stylirostris*.

Es importante mencionar que hubo evidencias de personas con problemas de diarrea debido al consumo de camarones durante el mencionado florecimiento (Cortés-Altamirano *et al.*, 1999b).

La dinámica de los blooms ha sido muy diferente en cada localidad, por ejemplo, en la península de Yucatán *P. minimum* causó una extensiva mortandad de peces, mientras que en la costa Pacífica fue aparentemente inocua. También altas concentraciones de *P. minimum* fueron encontradas en la parte sur de Sinaloa, principalmente durante finales de verano, inicio del otoño (1992-1993).

El primer registro en México fue en el sistema de lagunas Magdalena-Almejas en el Pacífico fuera del Golfo de California en 1980 (Gárate y Verdugo, 2000b). Es a partir de 1999 cuando se le identifica como productor de tres intensos florecimientos dentro del Golfo de California (Cortés-Altamirano *et al.*, 1999b); anteriormente se le encontró en gran abundancia en estanques de cultivo de camarón, donde posiblemente fuera introducido junto con poblaciones de ostiones o camarones procedentes de oriente. A diferencia del oriente, en México no hay reportes de toxicidad alguna (Cortés-Altamirano y Agraz-Hernández, 1994).

Es un dinoflagelado caracterizado como organismo ROS (Cortés-Lara *et al.*, 2008), generador de radicales O_2 tales como aniones superóxidos (O_2^-), hidróxilos (OH) y peróxidos de hidrógeno (H_2O_2). Tales compuestos causan daños oxidativos a nivel de funcionamiento y estructura de las células de las agallas de los peces reduciendo la capacidad para la transferencia de oxígeno.

Distribución: Es una especie cosmopolita, que prefiere aguas cálidas, salobres y con mucha materia orgánica. Recientemente se menciona como microalga invasora (Cortés-Altamirano *et al.*, 2006a). Se ha registrado en gran abundancia en estanques para engorda de camarón del estado de Sinaloa (Cortés-Altamirano y Agraz-Hernández, 1994). En informes no publicados se reporta también para la región occidental de la Sonda de Campeche.

***Cochlodinium catenatum* Okamura 1916 (= *C. polykrikoides* Margalef 1961; *C. heterolobatum* Silva 1967)** }

Lámina 3. DINOFLAGELADOS: Figs.- F, G.

Sinónimo (s): *Cochlodinium polykrikoides*, *C. heterolobatum*.

Descripción: Dinoflagelado desnudo que forma cadenas de 1, 2, 4, 8 hasta 16 células raras veces. Tiene un cíngulum espiral en medio. Los resultados de las dimensiones del largo (long.) y transdiámetro (trd.) indican una gran variación de acuerdo al número de células que presenta la colonia: 1, 2, 4, 8 y muy rara 16 células. En ellas se nota una disminución gradual de las dimensiones conforme la colonia presenta más células, es decir, las células únicas son mayores que las células de una colonia de 8 células, pero en todas ellas siempre son más largas que anchas, dando un aspecto oval a la mayoría de ellas. Sin embargo, las colonias de cuatro en adelante presentan bien diferenciadas tres tipos de células: la inicial de tipo cónico, las intercalares isodiamétricas así con el mismo largo que ancho y la célula final con el hipocono bilobulado. Dada la gran variabilidad de las tallas se promediaron 119 datos que indican: longitud extrema 22.5-62.5 µm, media 3.1 µm. Transdiámetro extremo 22.5-62.5 µm, media 31.1 µm (Cortés-Lara *et al.*, 2004a).

Espora de resistencia: + Aunque dentro de Bahía de Banderas se conoce muy poco de sus quistes.

Toxicidad: + Especie tóxica asociada a eventos ictiotóxicos. Considerada especie ROS, reactivas al oxígeno (Cortés-Lara *et al.*, 2008). Produce ficotoxinas que afectan a los organismos marinos y el ser humano como PSP o Envenenamiento Paralítico por Mariscos. Se detectó daño visible al ambiente marino con abundante mucosidad en la superficie del mar, además del severo daño a los recursos pesqueros, con olores desagradables e irritantes por la brisa marina. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar.

Tipo de manchas: Rojizas extensas y muy visibles en Bahía de Banderas.

Invasora: Se le considera especie invasora en el Golfo de California (Cortés-Altamirano *et al.*, 2006a).

Generalidades: El primer antecedente se tiene desde 1917 en el Pacífico adyacente a La Jolla, California y fue descrito como especie tipo en el puerto de Yokohama, Japón. Posteriormente Margalef (1961) la redescubrió para Puerto Rico. En México se identificó en 1999-2000 en la Bahía de Manzanillo (Morales-Blake *et al.*, 2001).

Hay que notar que las imágenes de especímenes que (Cortés-Alamirano 1987) identifica como *Cochlodinium sp.* y que fueron colectadas durante mareas rojas ocurridas en 1985 y en septiembre-octubre de 1997 en aguas cálidas de la Bahía de Mazatlán (32.0 a 32.9 °C) (Cortés Altamirano *et al.*, 1999b) pertenecen a esta especie, ya que fue confundida con *Gymnodinium catenatum* y *G. impudicum*, lo que indica una existencia previa del *Cochlodinium* de cuando menos 21 años. (Gárate-Lizarraga *et al.*, 2000a) identificaron el primer florecimiento en las aguas de La Paz (Baja California Sur) en intervalos de temperatura de 29-31 °C, confirmando su gran afinidad con aguas cálidas. En los últimos años ha mostrado una creciente presencia durante septiembre y octubre, específicamente en 1977, 1999 y 2000; esto se puede deber a estimulación en años cálidos de “El Niño” fuertes (Cortés-Altamirano *et al.*, 2004), o estar relacionado con el calentamiento del Golfo de California en los últimos 20 años (Lavín *et al.*, 2003 a y b).

Cochlodinium catenatum es una especie recurrente en Bahía de Banderas, y durante el 2000 y 2001 fue muy alarmante la noticia de una masiva mortalidad de peces en la superficie del mar (Cortés-Lara *et al.*, 2001; Cortés-Lara., 2002a). Sus concentraciones son las más altas registradas en la bahía con valores máximos de 10'841,000 céls·l⁻¹ en el año 2000, 10'424,000 céls·l⁻¹ en el 2001, hasta abundancias de 7'080,000 céls·l⁻¹ en el 2007. Se ha reportado notables mareas rojas de *C. catenatum* en la Dársena Portuaria, Bucerías, Nuevo Vallarta, La Cruz de Huanacastle, Destiladeras, Punta de Mita, hasta la región de Platanitos, Nayarit. También se ha presentado en el área de Guaya-bitos, Nayarit con concentraciones de 1'679,000 céls·l⁻¹ en el 2006.

Los parches se han llegado a desplazar en toda la Bahía de Banderas causando discoloraciones rojo-óxido muy intenso y de mal olor, afectando en ocasiones hasta 23 kilómetros de aguas costeras. Cabe resaltar que además de sus grandes abundancias, es la especie de mayor permanencia o duración en la localidad ya que los parches se presentaron de manera continua por alrededor de 18 semanas en el 2000 y de 12 semanas en el 2001.

No se ha confirmado la presencia de ficotoxinas PSP, DSP en esta especie pero se sugiere que podría secretar sustancias neurotóxicas, hemolíticas y hemaglutinantes (Onue *et al.*, 1989a). Es un dinoflagelado caracterizado como organismo ROS (Cortés-Lara *et al.*, 2008), generador de radicales O_2 tales como aniones superóxidos (O_2^-), hidróxilos (OH) y peróxidos de hidrógeno (H_2O_2). Tales compuestos causan daños oxidativos a nivel de funcionamiento y estructura de las células de las agallas de los peces reduciendo la capacidad para la transferencia de oxígeno (Chang-Sook *et al.*, 1999; Cortés-Lara, 2002a).

En la mayoría de los casos de muerte masiva de peces, la calidad de la carne se deteriora rápidamente por lo que no se recomienda la venta ni el consumo debido al alto grado de descomposición de los peces. Es importante mencionar que las mareas rojas causadas por *Cochlodinium catenatum* pueden llegar a afectar la salud humana, al entrar en contacto directo con aguas de zonas de pesca o lugares de recreación, dando como resultado irritación en la piel, mucosa nasal, ocular o dermatitis en general. En todos estos casos éstas no pasan de ser molestias leves que no requieren tratamiento especializado.

A continuación se presenta una lista de los peces afectados durante las proliferaciones de *C. catenatum*.

Tabla 1. Peces afectados por *Cochlodinium catenatum* en Bahía de Banderas en el 2001 (Cortés-Lara *et al.*, 2001).

Nombre científico	Nombre común	Habitos alimenticios	Abundancia relativa
<i>Canthigaster punctatissima</i> Gunther 1870	Botete bonito	Invertebrados	*
<i>Diodon holocanthus</i> Linnaeus 1758	Pez erizo, pez globo	Moluscos	**
<i>Apterichthys equatorialis</i> Myers & Wade 1941	Tieso ecuatorial	Peces y crustáceos	***
<i>Letharchus rosenblatii</i> McCosker 1974	Tieso negro	Peces y crustáceos	***
<i>Chaetodon humeralis</i> Gunther 1860	Mariposa de tres bandas	Invertebrados	*
<i>Astroscopus zephyreus</i> Gilbert & Starks, 1896.	Miracielos, pejesapo	Peces	*
<i>Balistes polylepis</i> Steindachner 1876	Bota, cochito, pez puerco	Moluscos y crustáceos	**
Familia Bothidae	Lenguado, platija, plato	Peces y crustáceos	*
Familia Cupleidae	Sardinias	Plantófago	***
Familia Haemulidae	Roncos	Invertebrados y plankton	***
<i>Muraena argus</i> Steindachner, Ichth. Notizen 1870	Morena moteada	Peces y macrocrustaceos	*
<i>Cirrithus rivulatus</i> Valenciennes 1855	Chino mero	Peces y crustáceos	*
<i>Holacanthus passer</i> Valenciennes 1855	Angel real	Invertebrados	*

Abundancia relativa: *poco, **regular, ***abundante

Distribución: Cosmopolita de aguas templadas y tropicales. Es también considerada una microalga invasora (Cortés-Altamirano *et al.*, 2006a).

Lámina 3. DINOFLAGELADOS: Figs. E.

Sinónimo (s): *Noctiluca miliaris*, *Medusa sintillins*

Descripción: Dinoflagelado fagotrófico que se alimenta de fitoplancton principalmente diatomeas, dinoflagelados, protozoarios, detritus, hasta huevos de peces. Sus células son grandes desnudas, esféricas a ligeramente infladas. No se diferencia en epiteca e hipoteca y el cingulum no es distinguible, los cloroplastos están ausentes. Especie bioluminiscente muy conocida por iluminar las olas del mar cuando rompen en la playa, o la estela de los barcos al ir navegando. De talla muy grande y esférico con un flagelo y un tentáculo estriado. No fotosintético, solo fagótrofo.

Tamaño: 200-2000 μm

Espora de resistencia: Se conoce muy poco de sus quistes.

Toxicidad: Microalga no tóxica. Caracterizada como especie ROS, reactivas al oxígeno (Cortés-Lara *et al.*, 2008). No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar.

Tipo de manchas: Rojizas extensas y muy visibles en Bahía de Banderas.

Generalidades: *Noctiluca scintillans* es un dinoflagelado grande que llega a medir hasta 2 milímetros, se ha presentado tan solo una vez en Bahía de Banderas en 10 años de muestreos con una coloración naranja brillante, lamentablemente no fue posible cuantificar su abundancia.

En Nueva Zelanda se reportan florecimientos de color rosa y concentraciones tan altas como 1.9×10^6 céls·l⁻¹ (Chang, 2000), en cambio en regiones tropicales como Indonesia, Malasia, Tailandia y Asia Tropical a menudo el color del agua se reporta como verde debido a la presencia de endosimbiontes verdes del tipo *Pedinomonas noctilucal*.

Su nombre científico alude a que durante las noches con el movimiento del oleaje emite luz fría al igual que las luciérnagas. Sus efectos nocivos se pueden deber a que al incrementar sus poblaciones consumen oxígeno, crean condiciones anóxicas en el medio. Un estudio de Elbrächter y Qi (1998) revela que al final de la concentración masiva las noctilucas acumulan amonio en sus vacuolas. Al morir este tóxico se incorpora al medio y provoca mortandad de peces.

La ocurrencia de florecimientos algales de *N. scintillans* no es muy común en Bahía de Banderas. El único evento que se ha registrado en esta zona fue muy repentino e intenso pero desapareció rápidamente aunque se observó formando parches de 2 metros aproximadamente y de una coloración naranja muy brillante.

Florecimientos tóxicos de *N. scintillans* han sido relacionados a muerte masiva de peces e invertebrados marinos. Aunque no se registra como una microalga tóxica, sin embargo se ha encontrado que acumula niveles tóxicos de amonio el cual es excretado al agua circundante posiblemente actuando como agente letal para los peces e invertebrados marinos.

Extensivos florecimientos tóxicos han sido reportados en las costas este y oeste de la India en donde ha sido implicado en la disminución de las pesquerías. Es además un dinoflagelado caracterizado como organismo ROS (Cortés-Lara *et al.*, 2008), generador de radicales O_2 tales como aniones superóxidos (O_2^-), hidróxilos (OH) y peróxidos de hidrógeno (H_2O_2). Tales compuestos causan daños oxidativos a nivel de funcionamiento y estructura de las células de las agallas de los peces reduciendo la capacidad para la transferencia de oxígeno.

En la mayoría de los casos de muerte masiva de peces, la calidad de la carne se deteriora rápidamente por lo que no se recomienda la venta ni el consumo debido al alto grado de descomposición de los peces.

Distribución: Común en aguas neríticas y regiones costeras del mundo. Cosmopolita en aguas frías y cálidas. Microalga invasora (Cortés-Altamirano *et al.*, 2006a). Se encuentra en aguas costeras del Pacífico mexicano.

***Gymnodinium catenatum* (Graham)**

Lámina 3. DINOFLAGELADOS: Figs. C, D.

Sinónimo (s): ninguno

Descripción: Usualmente es visto como un dinoflagelado formador de cadenas largas de células pequeñas, algunas veces formando cadenas de 32 células, ocasionalmente 64. Se ha visto también como células solitarias de color café-verdoso.

Tamaño: El intervalo de tamaño de estas células varía de 38-53 μm de largo y 33-45 μm de ancho. Las células son circulares a ligeramente cuadradas conteniendo muchos organelos redondos dentro de la célula.

Espora de resistencia: Los quistes de *Gymnodinium catenatum* son de color café, esféricos y de un tamaño de 45-50 μm de diámetro. Es redondo y microreticulado. Sin embargo, dentro de Bahía de Banderas se conoce muy poco sobre sus quistes.

Toxicidad: + Es una especie tóxica, además de ser el único dinoflagelado desnudo que produce toxinas responsables del PSP (Paralytic Shelfish Poisoning), o Envenenamiento Paralítico por Mariscos. Ha causado problemas de contaminación en moluscos bivalvos en varios lugares del mundo como Japón, Australia, España y México.

Las toxinas (saxitoxinas y gonyautoxinas) producidas por *Gymnodinium catenatum* pueden ser liberadas cuando las células de *G. catenatum* son comidas por moluscos tales como ostiones, mejillones y callos de hacha, haciéndolos peligrosos para los consumidores. En casos extremos, PSP causa parálisis muscular, dificultad respiratoria, o hasta la muerte (Hernández-Orozco y Gárate-Lizárraga, 2006).

Es además un dinoflagelado caracterizado como organismo ROS (Cortés-Lara *et al.*, 2008), generador de radicales O_2 tales como aniones superóxidos (O_2^-), hidróxilos (OH) y peróxidos de hidrógeno (H_2O_2). Tales compuestos causan daños oxidativos a nivel de funcionamiento y estructura de las células de las agallas de los peces reduciendo la capacidad para la transferencia

de oxígeno. Se detectó daño visible al ambiente marino, sólo una notable discoloración rojo-óxido, pero no se observó daño a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar.

Tipo de manchas: Rojas extensas y muy visibles en Bahía de Banderas.

Generalidades: En 1979 se alertó a la comunidad científica y a la población al ocurrir en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, una intoxicación masiva por consumir almejas y ostiones contaminados por una marea roja causada por *Gymnodinium catenatum*. Tres personas fallecieron y 19 tuvieron que ser hospitalizadas. Por esta razón se le considera la especie más tóxica en las costas de Sinaloa (Cortés-Altamirano et al., 1999a). Su toxicidad está muy bien estudiada gracias a los trabajos de Oshima *et al.*, (1987 y 1993). Se sabe que producen una toxina llamada saxitoxina y otras 18 sustancias parecidas que provocan al ser humano el envenenamiento paralítico por mariscos, mejor definido como PSP por sus siglas en inglés. También se conoce muy bien su ciclo de vida (Blackburn *et al.*, 1989), y ahora sabemos que ha predominado en varias mareas rojas en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit.

En 1986 (Mee *et al.*), reportaron la presencia del dinoflagelado *G. catenatum* al norte de Puerto Vallarta sin casos de envenenamiento. Posteriormente, en abril del 2001, se observó una notable marea roja de esta especie con $1'871,00 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$, otra en marzo del 2008 con una abundancia de $984,000 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$ cubriendo áreas como Destiladeras, Darsena Portuaria, y el Parque Nacional Islas Marietas. En este mismo año 2008, se observó de nuevo en una marea roja en el mes de noviembre con grandes abundancias del orden de los $2'234,000 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$. Recientemente el 3 de enero del 2011 se observó un gran florecimiento de *Gymnodinium catenatum* cubriendo grandes extensiones de Bahía de Banderas, con abundancias de $838,000 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$. Todas ellas con una semana de duración durante el período invierno-primavera.

El Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos de la COFEPRIS (<http://www.cofepris.gob.mx/work/sites/cfp/resources/LocalContent/1128/39/InstMuestreoFitoyMBIX.pdf>) señala como límite máximo permisible para *Gymnodinium catenatum* $5000 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$; nuestros valores observados están muy por encima de los niveles de regulación sin que se hayan registrado necesariamente intoxicaciones humanas.

Al ser una especie muy tóxica es muy importante una correcta identificación del dinoflagelado y una estimación precisa de sus abundancias. Conseguido esto, se informa a la Secretaría de Salud y a las autoridades de Pesca, y Armada de México para que tomen las decisiones pertinentes.

Posteriormente, se toman muestras de ostiones, almejas o mejillones de la zona afectada por la marea roja de *G. catenatum* y se cuantifica la cantidad de toxina presente para certificar si los niveles son de riesgo o no para la salud pública.

De acuerdo a Cortés-Altamirano (2000a), esta estrategia ha dado resultado, sin embargo, no se ha logrado evitar los daños que origina a la camarinocultura, sobre todo en laboratorios de producción de poslarvas que si toman agua marina de los cuerpos de agua costera. Corren el riesgo de mortandades drásticas de su producción de poslarvas como ocurrió en marzo del 2001 al sur de Sinaloa. Por esta razón es necesario que los acuacultores estén incorporados a los programas de monitoreo regional de las mareas rojas. Sin embargo, de la información disponible de Band-Schmidt *et al* (2010), se concluye que esta especie tolera amplios intervalos de temperatura, salinidad y razones N:P los cuales probablemente han permitido o favorecido su distribución en el Pacífico mexicano. Su toxicidad ha sido también realcionada a la disponibilidad de nutrientes.

Un alto porcentaje de los florecimientos han sido asociados con un incremento de nutrientes, principalmente por compuestos del nitrógeno provenientes de eventos de surgencias o periodos de transición en la columna de agua. En muchas ocasiones *Gymnodinium catenatum* ha sido encontrado con otras especies causantes de mareas rojas.

A pesar de ser uno de los dinoflagelados tóxicos más estudiados, aún existen varios aspectos que no han sido estimados, como es el efecto del pastoreo sobre esta especie, y su posible rol en el desarrollo o regulación de sus florecimientos algales. Igualmente, la cuantificación de interacciones celulares físicas-biológicas, interacción entre especies, estudios de quistes en cuanto a transportación y distribución, diversos efectos tóxicos sobre un amplio número de taxa y metabolismo de toxinas.

Distribución: Esta especie es planctónica, ampliamente distribuida, capaz de moverse independientemente dentro de la columna de agua y las co-

rientes marina. Se reporta desde el Mediterráneo al Caribe, Océano Índico y aguas australianas. Su presencia en aguas del Pacífico mexicano es notable. Se encuentra en hábitats estuarinos y marinos a través de todo el mundo en temperaturas mínimas de 4 °C a máximas de 30 °C.

***Ceratium balechii* Meave del Castillo, Okolodkov & Zamudio**

Lámina 3. DINOFLAGELADOS: H, I.

Sinónimo (s): Diferentes nombres han sido asignados a este organismo, desde *Ceratium divaricatum* var *balechii*, *Ceratium dens*, *Ceratium tripos* var *ponticum*.

Descripción: Células solitarias generadoras de mareas rojas. Aplanadas y notoriamente más largas que anchas. Epiteca de lados semiconvexos que convergen formando un cuerno apical poco robusto, largo e inclinado hacia la derecha. Hipoteca de base plana, en algunas oportunidades ligeramente convexa con cuernos antapicales cortos. Un poco más largo el izquierdo que se dirige hacia el lado y abajo, mientras que el derecho está dispuesto en forma casi perpendicular al eje apical.

El sulcus nace en el mismo borde antapical, limitado al lado izquierdo por el nacimiento del cuerno antapical y penetra profundamente hasta cerca del borde de la epiteca (Meave del Castillo et al., 2003b).

Tamaño: Longitud 109-219 µm, longitud del cuerno antapical derecho 4.5-29.3 µm, longitud del cuerno antapical izquierdo 26-56.5 µm, transdiámetro 51-73 µm, separación de los cuernos antapicales en los extremos 83-109 µm.

Espora de resistencia: + Se conoce muy poco sobre sus quistes.

Toxicidad: Nunca se ha asociado a este grupo de dinoflagelados con la producción de toxinas. Sin embargo, (Cortés-Altamirano y Alonso-Rodríguez 1997) propusieron que la especie *Ceratium balechii* era responsable de la mortalidad de nauplios observada durante una proliferación algal ocurrida en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa debido a su elevada abundancia. No se

detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni a los olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar.

Tipo de manchas: Rojas extensas y muy visibles en Bahía de Banderas.

Generalidades: El dinoflagelado *Ceratium balechii* es un organismo que produce mareas rojas en diversas partes del mundo (Vargas-Montero *et al*, 2004), incluyendo Mazatlán, Sinaloa, Manzanillo y Cuyutlán, Colima, El Faro, Michoacán y recientemente en Bahía de Banderas, Jalisco (este trabajo). En esta localidad, ha sido dominante en dos eventos importantes, el primero en mayo del 2002 con 514,000 céls·l⁻¹, y el segundo en mayo del 2007 con una abundancia ligeramente mayor con 734,000 céls·l⁻¹.

El 21 de abril del 2011 se reportó un florecimiento de *Ceratium balechii* en el área sur de Acapulco sin daños al ambiente marino ni a los recursos pesqueros.

Distribución: Nerítica, ampliamente distribuida en el Pacífico mexicano desde el Golfo de California hasta Puerto Escondido, Oaxaca. Se encuentra en las costas de Sinaloa, Bahía de Mazatlán y en las costas de Guerrero, Bahía de Acapulco y Zihuatanejo.

***Akashiwo sanguineum* (Hirasaka) G. Hansen & Moestrup**

Lámina 4. DINOFLAGELADOS: Figs. A, B.

Sinónimo (s): *Gymnodinium sanguineum*, *Gymnodinium splendens*, *Gymnodinium nelsonii*

Descripcion: Células en forma pentagonal, con la epiteca cónica y la hipoteca bipartida. Posee numerosos cloroplastos radiando del centro de la célula (Cortés-Altamirano, 2002b).

Tamaño: 51-58 µm de largo, 39-48 µm ancho.

Espora de resistencia: + Dentro de Bahía de Banderas se conoce muy poco de sus quistes.

Toxicidad: Ictiotóxica. Es una especie considerada como ROS, reactiva al oxígeno (Cortés-Lara *et al.*, 2008), al generar radicales O_2 tales como aniones superóxidos (O_2^-), hidróxilos (OH) y peróxidos de hidrógeno (H_2O_2). Tales compuestos causan daños oxidativos a nivel de funcionamiento y estructura de las células de las agallas de los peces reduciendo la capacidad para la transferencia de oxígeno. Es un dinoflagelado causante de mareas rojas asociado a mortandad de peces e invertebrados. Se ha demostrado que es potencialmente tóxico aunque no se relaciona con decesos humanos. Ha sido como tóxico agudo en larvas de moluscos y es activamente eludido por el zooplancton. Se relaciona con eventos de mortandad de peces y moluscos bivalvos. Es posible que produzca PSP. No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar.

Tipo de manchas: Rojas extensas y muy visibles en Bahía de Banderas.

Invasora: Microalga invasora en el Golfo de California (Cortés-Altamirano *et al.*, 2006a).

Generalidades: Es un dinoflagelado planctónico común en aguas estuarinas y costeras, es caracterizado como microalga ROS (Marshal *et al.*, 2005; Cortés-Lara *et al.*, 2008), generador de radicales O_2 tales como aniones superóxidos (O_2^-), hidróxilos (OH) y peróxidos de hidrógeno (H_2O_2). Tales compuestos causan daños oxidativos a nivel de funcionamiento y estructura de las células de las agallas de los peces reduciendo la capacidad para la transferencia de oxígeno. Las células de *A. sanguineum* fijadas con solución Lugol mantienen su forma y proporción, por lo que es fácil su identificación en microscopio común.

Esta especie se reporta para Bahía de Mazatlán, Sinaloa en recurrentes mareas rojas, y particularmente en Bahía de Banderas se ha identificado en 3 eventos como dinoflagelado dominante. En el 2002 se reportaron valores

máximos de 2'980,000 céls·l⁻¹, en el 2004 valores máximos de 250,000 céls·l⁻¹, y recientemente en el 2009 presentó abundancias máximas de 726,000 céls·l⁻¹. Siempre ha ocurrido a mediados de mayo a principios de junio, con una a dos semanas de duración aproximadamente.

En otras partes del mundo se le asocia con mortandades de peces, pero en Bahía de Banderas no ha ocurrido esto.

Distribución: Es una especie cosmopolita en aguas neríticas templadas a tropicales.

***Peridinium quinquecorne* T.H. Abé**

Lamina 4. DINOFLAGELADOS: C, D, E.

Sinónimo (s): *Peridinium quinquecorne*. Balech.

Descripción: Células solitarias con amplia variación morfológica a lo largo de sus fases de madurez. La hipoteca presenta dos formas: angular o redondeada en donde invariablemente se observa en cada ejemplar la inserción de 4 espinas antapicales de tamaño variable, y numerosos cromatóforos ovoides. Se reportan diferencias morfológicas entre los estados de madurez, señalando que las células jóvenes tienen cuerpo de forma angular poligonal en vista ventral. En células presuntamente viejas, la base hipotecal es más bien redondeada. De igual forma, (Baron-Campis *et al.*, 2005) indicaron que la longitud de las espinas parece estar inversamente correlacionado al tamaño del cuerpo. A partir de estas observaciones y de acuerdo con las variaciones morfológicas interpretadas como fases de desarrollo celular a lo largo del evento se sugiere que podría inferirse el desarrollo de la proliferación algal.

Respecto a las estructuras semejantes a cloroplastos, algunos autores mencionan que el género *Peridinium* no contiene por si mismo, sino que estos pertenecen a su endosimbionte que puede ser una crisofita o una diatomea. (Baron-Campis *et al.*, 2005).

Tamaño: 13.5 a 33.9 µm de largo, y 12.2 a 29.3 µm de transdiámetro. Espinas con una longitud de 1.3 a 6.4 µm. Se reportan sin embargo, una gran variedad de tallas.

Espora de resistencia: Se conoce muy poco de sus quistes.

Toxicidad: Ninguna toxicidad, pero se asocia con mortandades de peces ya que puede llegar a causar bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua. No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar.

Tipo de manchas: Pardas o cafés extensas y muy visibles en Bahía de Banderas.

Invasora: Se le considera especie invasora en el Golfo de California (Cortés-Altamirano *et al.*, 2006a).

Generalidades: *Peridinium quinquecorne* es un dinoflagelado tecado que ha formado mareas rojas en algunos lugares de México, pero se documentan como proliferaciones inocuas. Su primer registro se remonta al mes de agosto de 1990 en Bahía de Mazatlán pero fue confundido con *Amylax triacantha* (Cortés-Altamirano, 2002b; Cortés-Altamirano, *et al.*, 2006a). Se presentó en Bahía de Banderas como organismo dominante de un florecimiento en el mes de noviembre del 2003, con una abundancia máxima de $2'588,000$ céls·l⁻¹. No se ha observado nuevamente hasta el momento.

Barón-Campis *et al.*, (2005), documentaron la presencia de *P. quinquecorne* para el área de la Isla de los Sacrificios, a la altura del Acuario de Veracruz, mencionando su coloración imperceptible. Su contorno celular tiene apariencia heagonal o poligonal, epiteca cónica con lados desde rectos a ligeramente convexos que convergen en un cuerpo apical corto, con un canal ligeramente perceptible rodeado por tres salientes. *Peridinium quinquecorne* fue observado por primera vez con microscopio de luz en muestras de fitoplancton marino en el norte de Japón, describiéndola como una célula con contorno ampliamente variable.

Gárate-Lizárraga *et al* (2008), reportan parches de color café para la Bahía de La Paz en el mes de julio del 2003 durante mareas bajas, asociado con temperaturas con un intervalo de 26.2 a 27 °C, abundancias de 3.8 a 6.2 x10⁶ células por litro, la cuales son ligeramente mayores a las registradas en

Bahía de Banderas en noviembre del 2003. El mencionado autor señala que hay pocos reportes de blooms de *Peridinium quinquecorne* a lo largo del Pacífico mexicano, sin embargo, el alto contenido de nutrientes promueven la formación de sus parches.

Es una especie de amplia distribución geográfica (Gárate-Lizárraga, *et al.*, 2008), ocurriendo desde Belice, Brasil, China, India, Malasia, México, Japón, Rusia, Africa del Sur, España, hasta EUA. A lo largo de la costa pacífica de México *P. quinquecorne* se distribuye desde Punta Baja, B.C., hasta Puerto Madero, Chiapas.

Para el Golfo de California, (Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1994) reportaron esta especie para Bahía Concepción. Posteriormente (Gárate-Lizárraga *et al* 2008) la reportan en Bahía de Los Angeles, asimismo en varias lagunas costeras del estado de Sinaloa pero en bajas concentraciones (Ibarguen-Zamudio, 2006). (Okolodkov *et al* 2007), encontró *P. quinquecorne* en algunas muestras de macrofitas en la zona arrecifal de Veracruz, México señalándola como parte del componente de epifitas marinas.

Gárate-Lizárraga *et al* (2008), sugieren además que los blooms de *P. quinquecorne* cerca de la playa donde han sido observados, indican que esta especie prefiere ambientes ricos en nutrientes, y muy bien adaptada a ambientes bénticos y planctónicos subtropicales someros.

Distribución: Cosmopolita en aguas neríticas y estuarinas.

Alexandrium sp. Halim 1960 }

Lámina 4. DINOFLAGELADOS: Fig. F

Sinónimo (s): *Gonyaulax*, *Pyrodinium*, *Gessnerium*, *Protogonyaulax*. Este género tiene una extensa sinonimia de especies tóxicas causantes de problemas de salud pública, económica y ecológica.

Descripción: Dinoflagelado tecado con presencia de placas. Células solitarias con forma de globos o esféricas a semiesféricas. A menudo forman cadenas de 2 a 4, y algunas veces más de 4 células. Las placas tecales son

delgadas y difíciles de observar bajo un microscopio común, así que la identificación basada en la morfología de las placas de la teca es casi imposible. La forma de la célula es la misma para todas las especies teniendo muchos cloroplastos de color café, y un núcleo en forma de "C" en la parte ecuatorial de la célula. Es fotosintético.

Tamaño: 25-28 μm de ancho y 23-27 μm de largo.

Espora de resistencia: + Varias de las especies de *Alexandrium* producen esporas de resistencia, lo cual le da ventaja a la especie de proliferar y sobrevivir bajo condiciones normales. Dentro de Bahía de Banderas se conoce muy poco sobre sus quistes.

Toxicidad: Este género contiene varias especies que producen biotoxinas que afectan a los organismos marinos y el ser humano con PSP (Paralytic Shellfish Poisoning), o Envenenamiento Paralítico por Mariscos (EPM).

Es además considerada una especie ROS o reactiva al oxígeno (Cortés-Lara *et al.*, 2008), generador de radicales O_2 tales como aniones superóxidos (O_2^-), hidróxilos (OH) y peróxidos de hidrógeno (H_2O_2). Tales compuestos causan daños oxidativos a nivel de funcionamiento y estructura de las células de las agallas de los peces, reduciendo la capacidad para la transferencia de oxígeno. No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar.

Tipo de manchas: Extensas y muy visibles de color rojo intenso en Bahía de Banderas.

Generalidades: Su ecología, biología y química han sido objeto de estudio investigación y monitoreo, reportando que la taxonomía de sus 30 especies es muy complicada dependiendo de la relación del complejo poro apical y la placa 1' así como la sulcal posterior y la posición del poro ventral y del poro antapical. Ha sido señalada en repetidas ocasiones como uno de los principales taxa generadores de florecimientos algales en diferentes partes del mundo. Son además importantes productores de toxinas del grupo PSP

(Paralytic Shell Fish Poisoning), las cuales pueden ser transferidas a moluscos bivalvos durante el proceso natural de alimentación. Los especialistas señalan que el nivel de toxicidad en los moluscos podría manifestarse aun cuando las densidades celulares de *Alexandrium* están por debajo de las 100-200 células por litro.

Se presentó en marzo del 2004 en Bahía de Banderas con abundancias máximas de 3'176,000 céls·l⁻¹ (Cortés-Lara, 2005), mientras que en el 2005 los valores fueron mayores, del orden de los 6'167,000 céls·l⁻¹, siendo muy escasa la abundancia de otras especies fitoplanctónicas en las muestras.

En el florecimiento del 2004 en Bahía de Banderas se registró mortandad de peces, desafortunadamente los organismos fueron removidos por lo que no fue posible identificarlos ni cuantificarlos.

El Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos de la COFEPRIS (<http://www.cofepris.gob.mx/work/sites/cfp/resources/LocalContent/1128/39/InstMuestreoFitoyMBIX.pdf>) señala como límite máximo permisible para *Alexandrium* spp 1,000 céls·l⁻¹; nuestros valores observados están muy por encima de los niveles de regulación sin que se hayan registrado necesariamente intoxicaciones humanas.

Es además, un dinoflagelado caracterizado como organismo ROS (Cortés-Lara *et al.*, 2008) generador de radicales O₂, como aniones superóxidos (O₂⁻), hidróxilos (OH) y peróxidos de hidrógeno (H₂O₂). Tales compuestos causan daños oxidativos a nivel de funcionamiento y estructura de las células de las agallas de los peces reduciendo la capacidad para la transferencia de oxígeno.

Distribución: Se ha señalado como una especie planctónica y de poblaciones más o menos abundantes en aguas neríticas. Ampliamente distribuido en aguas costeras del Pacífico. Es además reportada como una microalga invasora en el Golfo de California (Cortés-Altamirano *et al.*, 2006a).

***Lingulodinium polyedrum* (F. Stein) Dodge**

Lámina 4. DINOFLAGELADOS: Figs.- K, L.

Sinónimo: *Gonyaulax polyedra*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Hystri-chosphaeridium machaerophorum*.

Descripción: Dinoflagelado tecado, fotosintético, marino y se asocia con el fenómeno de bioluminiscencia. Las células son solitarias de forma poligonal o de poliedro con cloroplastos café-anaranjados, sin cuerno apical ni espinas antapicales. Teca reticulada con poros evidentes, y un cingulum desplazado (izquierdo). Es plantónico comúnmente encontrado en aguas neríticas; formador de mareas rojas que ha sido asociado con eventos de mortandad de peces y moluscos bivalvos en zonas del Sur de California, en San Diego.

Tamaño: 40 a 54 μm de longitud, 37-53 μm de transdiámetro.

Espora de resistencia: + Forma quistes distintivos muy característicos. Dentro de Bahía de Banderas se conoce muy poco de sus quistes.

Toxicidad: Toxicidad incierta, esta especie fue reportada como tóxica en 1962 pero Schmidh y Loeblich en 1979, no encontraron evidencia de producción de biotoxinas del grupo PSP (Fukuyo *et al.*, 2003). Sin embargo, (Bruno *et al.* 1990) reportaron la presencia de toxina PSP (Paralytic Shellfish Poison), saxitoxina en muestras de agua tomadas durante un bloom de *L. polyedrum*. No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar. Solo se observó una notable discoloración en la superficie del océano.

Tipo de manchas: Extensas y muy visibles de color café oscuro en Bahía de Banderas.

Generalidades: Se reporta como una de las principales especies formadoras de mareas rojas recurrentes en la Bahía de Todos Santos Baja California, con abundancias máximas del orden de los 1.2×10^7 céls·l⁻¹ (Peña-Manjarrez

et al., 2005). En cambio en Bahía de Banderas, solo existe un solo reporte de una marea roja causada por *L. polyedrum*, de febrero a marzo del 2009 con valores máximos superiores a los 3 millones de céls·l⁻¹, con una duración de alrededor de tres semanas aproximadamente.

Distribución: Se encuentra ampliamente distribuido en aguas templadas, cálidas y tropicales de áreas costeras. Presente en aguas del Pacífico mexicano.

***Prorocentrum micans* Ehrenberg**

Lámina 4. DINOFLAGELADOS: Fig. J.

Sinónimo: *Cercaria* sp, *Prorocentrum schilleri*, *Prorocentrum levantinooides* *Prorocentrum pacificum*.

Descripción: Es un dinoflagelado tecado, marino, planctónico, fotosintético, formador de mareas rojas. Casi siempre se observa de vista valvar, las células de esta especie son altamente variables en forma y tamaño a manera de lágrima. Son redondas anteriormente y punteagudas posteriormente. Se puede observar una espina bien desarrollada de 10 µm aproximadamente con ala. La superficie es rugosa, el núcleo es grande en forma de V y está situado en la región posterior final de la célula.

Tamaño: 35 a 70 µm de largo y de 20 a 50 µm de ancho.

Espora de resistencia: Se conoce muy poco de sus quistes.

Toxicidad: Aunque *Prorocentrum micans* es capaz de formar extensivos blooms, usualmente es considerado no tóxico. Hay pocos reportes de *P. micans* causando problemas, uno de ellos fue una mortandad de moluscos bivalvos en Portugal (Pinto y Silva, 1956) y en Sudáfrica (Horstman, 1981).

De acuerdo a Fukuyo *et al* (2003), no hay reportes de producción de toxinas, sin embargo, recientemente se le considera especie ROS, reactivas al oxígeno (Cortés-Lara *et al.*, 2008), al ser generador de radicales O₂ tales como aniones superóxidos (O₂⁻), hidróxilos (OH) y peróxidos de hidrógeno (H₂O₂). Tales compuestos causan daños oxidativos a nivel de funcionamiento y

estructura de las células de las agallas de los peces reduciendo la capacidad para la transferencia de oxígeno.

La toxicidad necesita confirmarse, ya que los reportes de *P. micans* como productor de PSP (Pinto y Silva, 1956) no se han confirmado, los recientes incidentes que involucran a moluscos bivalvos han sido atribuidos a una disminución del oxígeno disuelto. No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar. Solo se observó una notable discoloración en la superficie del océano de color café.

Tipo de manchas: Extensas y muy visibles de color café oscuro en Bahía de Banderas cubriendo casi toda la extensión de la bahía.

Generalidades: Es una de las especies más comunes del género *Prorocentrum*, y muchas mareas rojas reportadas por todo el mundo son causadas *P. micans*. En Japón produce mareas rojas en varias áreas, pero son usualmente inocuas, aunque se ha reportado que cambios en la coloración de la carne del molusco a una tonalidad de amarillo o rojo, está asociada a bajas en el mercado de productos pesqueros.

Se le conoce por su tolerancia a altas salinidades, ya que algunas poblaciones han sido reportadas para lagunas hipersalinas (> 90 ups) en islas caribeñas. Otro de sus atributos es que son dinoflagelados nadadores muy activos.

Forma extensas mareas rojas en muchos países del mundo, y en Bahía de Banderas se ha registrado en dos ocasiones como especie dominante de un florecimiento algal, la primera en febrero del 2000 con 148,000 céls·l⁻¹, y la segunda en mayo del 2009, con una abundancia nunca antes observada en la localidad de 10'127,000 céls·l⁻¹.

El Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (COFEPRIS) (<http://www.cofepris.gob.mx/work/sites/cfp/resources/LocalContent/1128/39/InstMuestreoFitoyMBIX.pdf>) señala como límite máximo permisible para *P. micans* 200 céls·l⁻¹, y nuestros valores son muy superiores a los niveles de regulación, sin que se hayan registrado necesariamente intoxicaciones humanas.

Es un dinoflagelado caracterizado por organismo ROS (Cortés-Lara *et al.*, 2008), generador de radicales O_2 tales como aniones superóxidos (O_2^-), hidróxilos (OH) y peróxidos de hidrógeno (H_2O_2). Tales compuestos causan daños oxidativos a nivel de funcionamiento y estructura de las células de las agallas de los peces reduciendo la capacidad para la transferencia de oxígeno.

Distribución: Esta especie es una de las especies cosmopolita en aguas templadas a tropicales, comúnmente encontrada en aguas neríticas y estuarinas y ambientes oceánicos. Es muy común en aguas costeras del Pacífico mexicano y el Golfo de México.

***Dinophysis caudata* Saville- Kent**

Lámina 4. DINOFLAGELADOS: Figs.- H.

Sinónimo: *Dinophysis homunculus*.

Descripción: Es un dinoflagelado marino planctónico, fotosintético que posee cloroplastos y un núcleo posterior grande. Ocasionalmente se observan células fuertemente pigmentadas y con una densa vacuolación. Se puede distinguir al microscopio, lateralmente comprimido con una larga y llamativa proyección o proceso ventral o antapical de la hipoteca, el cual es recto o ligeramente ondulado. Así también, la aleta cingular anterior es ancha, con forma de embudo y provista de numerosos costillas. Es frecuente observar células en parejas a cualquier hora del día, siendo una especie que se distingue muy fácilmente.

Tamaño: Células grandes de 70-110 μm de largo, 37-50 μm de ancho dorso ventral.

Espora de resistencia: + Dentro de Bahía de Banderas se conoce muy poco de sus quistes.

Toxicidad: + Especie tóxica muy conocida como productor de ficotoxinas que provocan diarrea (DSP, Diarrheic Shellfish Poisoning), o Envenenamiento Diarreico por Mariscos (EDM). No se detectaron daños visibles al ambiente

marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas, ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar.

Tipo de manchas: Aparentemente no forma manchas visibles en Bahía de Banderas, es muy rara la formación de mareas rojas por *Dinophysis caudata*.

Generalidades: Varias especies del género *Dinophysis* han sido señaladas como las principales responsables de la presencia de toxinas diarreogénicas (DSP) en los bivalvos en Japón, Europa, Chile y Nueva Zelanda. Particularmente *Dinophysis caudata* persiste a lo largo del año en Bahía de Banderas, existiendo registros desde el 2000 al 2011 sin formar realmente una marea roja, sin embargo, puede llegar a constituir un riesgo potencial para los recursos marisqueros en las zonas costeras de esta localidad expuestas a proliferaciones de *Dinophysis*.

En Bahía de Banderas, este dinoflagelado normalmente se presenta en concentraciones moderadas del orden de los 10×10^3 céls·l⁻¹. En esta localidad de Jalisco, se encontraron 6 taxones de Dinophysiales, siendo las especies más abundantes *Dinophysis rotundata*, *D. acuminata*, *D. fortii*, *Phalacroma mitra*, *Ornithocercus thumii*, y la más sobresaliente de todas ellas, *Dinophysis caudata* con valores de abundancia del orden de 6,000 céls·l⁻¹ en octubre del 2000 en Río Cuale, y 5,000 céls·l⁻¹ en febrero del 2006 en la zona de Yelapa teniendo concentraciones promedio de 2,000 céls·l⁻¹ en la mayoría de las localidades del norte de Jalisco. Las zonas monitoreadas incluyen Río Ameca, Los Arcos, Río Cuale, la Cruz de Huanacastle, San Blas, Nayarit, Parque Nacional Isla Isabel Nayarit, Yelapa, Guayabitos, Mismaloya, Boca de Tomatlán, playa de Los Muertos, Hotel Sheraton, Las Animas, Cihuatlán, Barra de Navidad, la Dársena Portuaria, Nogalitos, Hotel Costa Vida y Hotel Velas.

Cabe señalar que aunque las anteriores concentraciones son muy moderadas, el Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos de la COFEPRIS (<http://www.cofepris.gob.mx/work/sites/cfp/resources/LocalContent/1128/39/InstMuestreoFitoyMBIX.pdf>) señala como límite máximo permisible para *Dinophysis spp.* 200 céls·l⁻¹; nuestros valores observados están muy por encima de los niveles de regulación sin que se hayan registrado necesariamente intoxicaciones humanas, o han pasado desapercibidas.

Dinophysis caudata presenta una gran variabilidad morfológica entre los ejemplares distribuidos en distintas partes del mundo, particularmente en cuanto a la longitud de la proyección de la hipoteca y la expansión dorsal. Esto justifica la enorme lista de sinónimos con los que fue denominada en el pasado.

Al ser una especie cosmopolita se sugiere que las variaciones en su morfología son debido a factores ambientales externos como temperatura, salinidad y nutrientes. Forma mareas rojas no muy comunes asociadas a mortandades masivas de peces. Especie fundamentalmente nerítica, e incluso oceánica, pero ocasionalmente abundante en aguas costeras tropicales, subtropicales y cálido-templadas del Mar Caribe, océanos Pacífico (California, México, Costa Rica, Perú, Chile, Tailandia, Japón, Australia), Índico (India, Mozambique, Madagascar) y Atlántico (Brasil, Uruguay, Marruecos, Península Ibérica), Mar Arábigo y Golfo Pérsico. Común en el Mediterráneo, y estacionalmente (finales de verano-principios de otoño) en la costa Atlántica y Mar Cantábrico en la Península Ibérica. Suele aparecer en concentraciones moderadas (Reguera-Ramírez, 2003).

Distribución: Esta especie es cosmopolita de amplia distribución que ocurre ampliamente en aguas costeras de Japón. Nerítica de aguas tropicales y subtropicales. Es común en aguas costeras del Pacífico mexicano y el Golfo de México. De amplia distribución en México.

***Dinophysis acuminata* Claparède et Lachmann**

Lámina 4. DINOFLAGELADOS: Figs. G, I.

Lámina 6. *Dinophysis acuminata*: Figs. A-F.

Sinónimo (s): *Dinophysis borealis*, *D. lachmanii*, *D. boehmi*.

Descripción: Célula oval-elongada, algo simétrica con una epiteca convexa muy baja; hipoteca oval o elíptica con antapex redondeado con uno o más protuberancias, que en este caso no se observaron. El cuerpo cubierto de poros muy aparentes en la región superior rodeados de una depresión circular (areolas) y en su región inferior los poros son simples. Aletas cingulares con y sin costillas, la aleta sulcal derecha pequeña y sin costillas; la

aleta izquierda con tres costillas, la longitud es casi a la mitad del cuerpo o ligeramente un poco mas, las aletas a veces ornamentadas con una reticula.

Tamaño: Longitud total 42.8-51.2 μm . Ancho de cuerpo 27.7-34.4 μm . Vista dorsal 20.8-22.2 μm .

Espora de resistencia: + Dentro de Bahía de Banderas se conoce muy poco de sus quistes.

Toxicidad: Tóxico, asociado a la producción DSP (Diarreic Shellfish Poisoning), o EDM Envenenamiento Diarréico por Moluscos. No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas.

Tipo de manchas: En Bahía de Banderas los parches fueron poco extensos muy visibles de color rojizo.

Generalidades: Es una especie de dinoflagelado tecado, heterotrófica sin cloroplastos, y con un protoplasma claro con numerosas vacuolas. Es marino y planctónico cuyo cuerpo tiene una teca en forma oval y subcircular en vista lateral. Con epiteca convexa, ligeramente levantada y aplastada en el centro con una aleta sulcal derecha la cual presenta tres radios. Tiene poros distribuidos por toda la teca. La forma de la célula en vista lateral es el criterio más importante usado para la identificación.

Dinophysis acuminata se presentó en Bahía de Banderas durante el mes de abril del 2011 como responsable de un florecimiento algal en el área sur de la bahía en playa de Nogalitos con una concentración de 314,000 céls-l⁻¹. No se han registrado florecimientos de *D. acuminata* en la literatura, por lo que este trabajo es el primer reporte de este dinoflagelado en la bahía y el Pacífico mexicano como causante de una marea roja. Sin embargo, Bravo-Sierra (1998) hace referencia de esta especie en noviembre de 1991 como parte de la composición de fitoplancton de red de Bahía de Banderas.

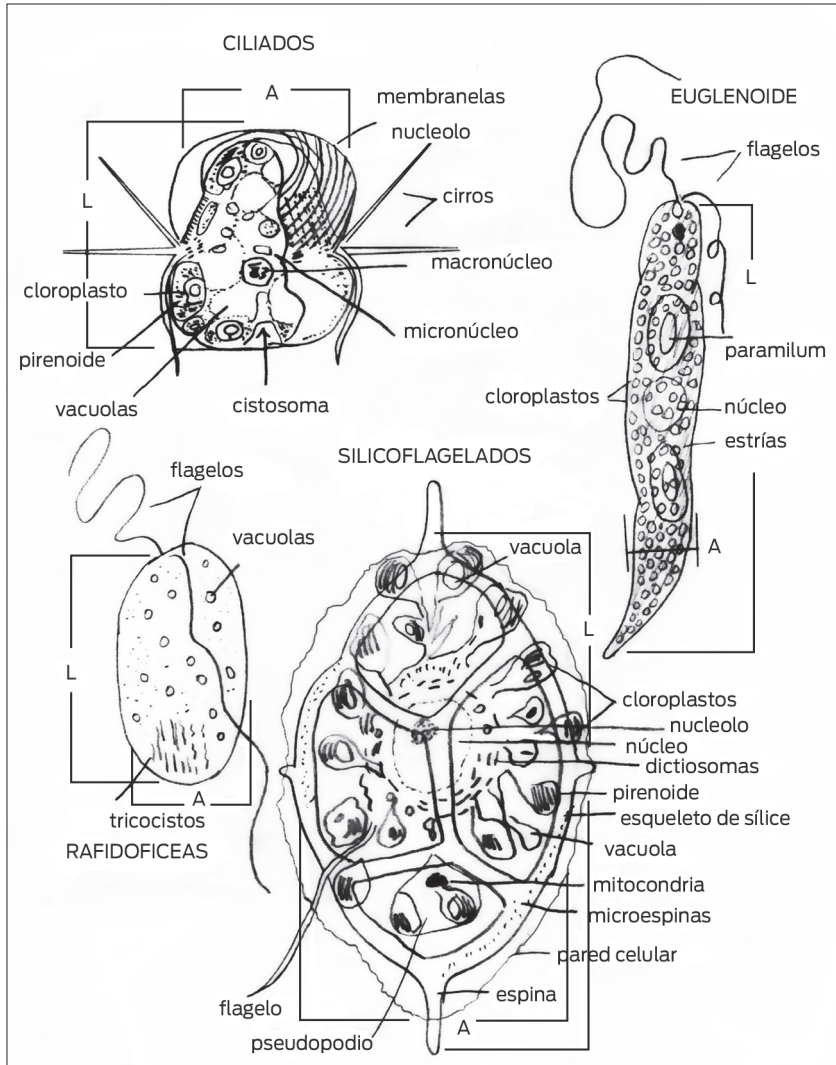
El Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos de la COFEPRIS ([GUÍA DE FLORECIMIENTOS MICROALGALES \(2000-2011\) CAUSANTES DE MAREAS ROJAS](http://www.cofepris.gob.mx/work/sites/cfp/resources/LocalContent/1128/39/InstMues-</p></div><div data-bbox=)

treoFitoyMBIX.pdf) señala como límite máximo permisible para *Dinophysis spp* sólo 200 céls·l⁻¹; nuestros valores observados están muy por encima de los niveles de regulación sin que se hayan registrado necesariamente intoxicaciones humanas.

Distribución: Ampliamente distribuido en aguas frías y cálidas.

7. OTROS GRUPOS

7.1 ESTRUCTURA Y MEDIDAS (Figura 4)



7.2 SILICOFLAGELADOS

Los silicoflagelados forman un grupo bien definido de algas unicelulares y flageladas. Son formas exclusivamente marinas y planctónicas. Las células miden entre 20 y 100 μm y tienen un solo flagelo y un exoesqueleto silíceo que contiene al protoplasma. Las características morfológicas del exoesqueleto son usadas para propósitos taxonómicos tradicionales, ya que tienen espinas, ventanas y arcos centrales. Se han detectado formas desnudas (sin exoesqueleto) que se han asociado a eventos de toxicidad (Moestrup y Thomsen, 1990). Actualmente, se considera un número reducido de especies vivientes, Sournia (1995) menciona de 1 a 3, Henricksen *et al.* (1993) discuten la existencia de solo tres especies vivientes, mientras que Thronndensen (1997) describió e ilustró ocho especies, aunque el registro fósil indica un número mucho más alto. Los silicoflagelados se distribuyen en todos los mares, pero son altas las densidades y solo en regiones frías y polares su biomasa puede ser considerable. Son sensibles a la temperatura y la salinidad, por lo que se les utiliza como indicadores de masas de agua. Los silicoflagelados están representados en aguas mexicanas del Pacífico por seis especies y una variedad, todos dentro de un solo género: *Dictyocha callida* Poelchau, *D. californica* Schrader et Murray, *D. fibula* Ehrenberg (= *Dictyocha epiodon* Ehrenberg, *D. messanensis* Haeckel f. *messanensis*, *D. messanensis* f. *spinosa* Lemmermann, *D. fibula* var *messanensis* (Haeckel) Lemmermann), *D. fibula* var *robusta* Schrader et Murray, *D. minima* Schrader et Murray, *D. octonaria* Ehrenberg (= *Octactis octonaria* (Ehrenberg) Hovasse), *Distephanus pulchra* (Schiller) Lig et Takahashi, *D. speculum* Ehrenberg (= *Distephanus speculum* (Ehrenberg) Haeckel) (Murray y Schrader 1983, Hernández-Becerril, 1987a; Pérez-Cruz y Molina-Cruz 1988, Hernández-Becerril y Bravo-Sierra, 2001).

***Dictyocha californica* Ehrenberg 1839** }

Lámina 5. SILICOFLAGELADAS: Figs.A, B, C.

Sinónimo (s): ninguno

Descripción: Las células de *Dictyocha californica* son solitarias, con esqueletos relativamente largos y elípticos. Tiene dos espinas radiales largas en el axis mayor y dos espinas más cortas en el axis menor. Tanto las espinas

como los ejes del esqueleto están cubiertos por agrupaciones de pequeñas espinas. Las células vivas tienen un solo flagelo y numerosos cloroplastos.

Tamaño: 65-80 μm de largo, y 48-55 μm de ancho.

Toxicidad: - No se ha descubierto que produzcan toxinas pero se asocia a mortandades de peces por efectos físicos o fricción mecánica de las espinas que pueden dañar las branquias o taponearlas. Estos silicoflagelados irritan las agallas, provocando segregación de mucus que impide el intercambio de gases matando a los peces por asfixia o sofocación. Se detectaron daños visibles al ambiente marino, y a los recursos pesqueros particularmente gran mortandad de sardinas, pero sin olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaban. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar. Solo se observó una notable discoloración en la superficie del océano.

Tipo de manchas: Extensas y muy visibles en Bahía de Banderas.

Generalidades: Los silicoflagelados son un grupo pequeño de flagelados algales marinos cuya importancia oceanográfica radica principalmente en el registro fósil que han dejado a través del tiempo. Esto es, debido a la composición silíceo de su exoesqueleto que los convierte en importantes indicadores paleontológicos y oceanográficos.

La examinación microscópica de muestras de fitoplancton en abril del 2009 en Bahía de Banderas, reveló una abundancia de silicoflagelados en densos parches que duraron aproximadamente 5 días. Altas densidades de *Dictyocha californica* dominaron la población de silicoflagelados en varias localidades de la Bahía en los días 16, 17 y 18 del 2009. Tanto muestras con material vivo, como preservado fueron usadas para la identificación de especies.

Los detalles morfológicos fueron observados usando un microscopio electrónico de barrido (MEB), ya que es necesario tener información de estructuras finas para poder validar la identificación de especies.

La información sobre silicoflagelados en Bahía de Banderas es aún escasa, aunque algunas especies fueron descritas desde 1990-91 por Bravo-Sierra (1998). De manera general, los estudios se han concentrado en el Golfo de

California y algunas áreas del Océano Pacífico mexicano (Hernández-Becerril y Bravo-Sierra, 2001; Murray and Schrader, 1983). En el 2009 se identificó también a *Dictyocha fibula*, *Dictyocha fibula var robusta* y *Dictyocha octonaria* pero en menores proporciones (Cortés-Lara *et al.*, 2011). Las imágenes de satélite muestran un incremento en la clorofila "a" en los densos blooms algales. La temperatura del mar fue de 19.7 °C y con una clorofila promedio de 7.6 mg·m⁻³.

No se han reportado en Bahía de Banderas problemas de salud o de intoxicaciones en humanos ligados a los silicoflagelados, solo cientos de peces muertos (Cortés-Lara *et al.*, 2011). El trabajo anterior, es además el primer reporte de mortandad de peces o sardinas, asociada a *Dictyocha californica* en el Pacífico mexicano. La mortandad de peces se presentó en la parte norte de la bahía, en donde algunos fueron arrojados a la playa, principalmente el 16 de abril que fue el pico de mortandad. Se observaron peces recién muertos, así como muchos de ellos respirando con gran dificultad en la superficie del agua. Los cientos de sardinas muertas se localizaron y fueron vistos a lo largo de Nuevo Vallarta y Bucerías, Nayarit a pocos metros de la playa en donde fueron registradas las altas concentraciones de *Dictyocha californica*. No se midieron perfiles de toxinas, sin embargo las sardinas muertas estuvieron libres de infecciones.

Distribución: Nerítica restringida a la zona costera y de aguas cálidas a lo largo de la costa del Pacífico mexicano.

7.3 EUGLENOFITAS

Las euglenídas marinas son flageladas, fusiformes, de talla mediana de 40-60 µm de largo, a grande hasta 200 µm: Sus características básicas son la presencia de una película o cubierta plástica de la célula, así como la metabolita o cambios de forma de la célula. Esta película está formada de bandas proteínicas que se pueden distinguir en microscopio de luz. Puede haber uno o dos flagelos anteriores insertados en la faringe. Los pigmentos mayoritarios son clorofila a y b, zeaxantina y neoxantina. Se distribuyen primordialmente en ambientes costeros, aunque no son muy abundantes, y pueden ser indicadores de contaminación orgánica. Sournia (1995) ha listado 36-37 especies en el fitoplancton marino. Para el Pacífico mexicano solo se conocen tres especies: *Euglena gracilis* Klebs, *Eutreptia lanowii* Steur,

Eutreptiella cornubiense Butcher, y recientemente en el 2009 se registró en Bahía de Banderas, Jalisco *Eutreptiella marina* (Cortés-Lara *et al.*, 2010).

Eutreptiella marina da Cunha 1914

Lámina 5. EUGLENOFITAS: D.

Sinónimo (s): *ninguno*.

Forma de Vida: Especies solitarias de forma elongada que poseen dos flagelos de igual longitud llegando a formar mareas rojas en aguas salobres. Tienen un número variable de cloroplastos y su nado es muy rápido que favorece su patron de migración estimado en 10 metros cada 12 horas. Es una especie que tolera amplios intervalos de temperatura y salinidad, es decir, tiene una combinación particular de adaptaciones ambientales.

Tamaño: 15-80 μm de longitud y de 3-15 μm de ancho.

Espora de resistencia: + Dentro de Bahía de Banderas se conoce muy poco sobre sus quistes.

Toxicidad: Recientemente ha sido considerada como especie ROS, reactivas al oxígeno (Cortés-Lara *et al.*, 2008), al ser generadoras de radicales O_2 tales como aniones superóxidos (O_2^-), hidróxilos (OH) y peróxidosde hidrógeno (H_2O_2). Tales compuestos causan daños oxidativos anivel de funcionamiento y estructura de las células de las agallas de los peces reduciendo la capacidad para la transferencia de oxígeno. Se detectó un notable daño visible y severo al ambiente marino, y a los recursos pesqueros. Sin embargo no hubo olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar. Solo la fuerte discoloración del agua de mar.

Tipo de manchas: Extensas y muy visibles de color verde esmeralda pero muy intenso en Bahía de Banderas.

Generalidades: En el 2009 se observaron 6 eventos en total en Bahía de Banderas, de los cuales 4 son nuevos registros, siendo un año excepcional

para esta zona costera. En un corto periodo se pudo observar un cambio rápido en la comunidad de especies fitoplanctónicas, con abundancias alrededor del millón de células por litro, sobresaliendo los dinoflagelados, silicoflagelados, diatomeas y euglenofitas.

En este trabajo se reporta a *Eutreptiella marina* con un 94% de dominancia y una abundancia de 2.21×10^6 céls·l⁻¹ asociado a una temperatura de 25 °C, y una salinidad de 35 ups, suficiente para ser letal a los peces. Este es un nuevo registro para la localidad y posiblemente en el Pacífico mexicano, llamando mucho la atención la discoloración del agua de mar. En este florecimiento inusual se observó una importante mortandad de peces en las playas y en la superficie del mar posiblemente debido a un decremento en la concentración de oxígeno disuelto seguido del bloom. Entre los peces más afectados por el bloom de *Eutreptiella marina* están: *Diodon holocantus* (pez globo o erizo), *Tylosurus crocodilius* (pez aguja), algunos roncós de la familia Haemulidae, *Muraena argus* (morena), y cientos de ejemplares de ojotones (*Xenistius californiensis*) de 24 a 26 centímetros de longitud. Los peces se observaron jadeando en la superficie del mar y con un comportamiento errático, arriba del 90 % de los peces afectados tenían lesiones, sangrando en los órganos internos, pero con las agallas, ojos y piel de las aletas saludables.

De acuerdo a Bravo-Sierra (2004), *Eutreptiella marina* es la única euglenofita en el Pacífico mexicano, la cual describe como especie costera en áreas contaminadas con alta materia orgánica, y sin toxicidad asociada. Sin embargo, Zimba *et al* (2004) identificó la producción de neurotoxinas en dos especies similares, *Euglena sanguinea* y *E. granulate*. En Bahía de Banderas no se reporta intoxicación en la población humana, ni efectos en la salud, solo cientos de peces muertos como ya se mencionó.

Se reporta que las anteriores especies de *Eutreptiella* (*sanguinea* y *granulate*) pueden crecer muy bien en ambientes eutróficos. Posiblemente un aumento en la nitrificación, los desechos de plantas de tratamiento, junto con los escurrimientos urbanos, podrían haber sido los factores que favorecieron el crecimiento de estas algas en Bahía de Banderas.

Es una especie caracterizada como ROS, reactiva al oxígeno (Cortés-Lara *et al.*, 2008), por ser generador de radicales O₂ tales como aniones superóxidos

(O₂), hidróxilos (OH) y peróxidos de hidrógeno (H₂O₂). Tales compuestos causan daños oxidativos a nivel de funcionamiento y estructura de las células de las agallas de los peces reduciendo la capacidad para la transferencia de oxígeno.

Distribución: Cosmopolita, presente en sistemas de agua dulce, eutróficos, someros y calmos.

7.4 RAFIDOFICEAS

Son organismos flagelados, de forma subsférica a ovoide y tallas entre 30 y 100 μm. Los pigmentos predominantes son clorofilas a, c₁ y c₂, fucoxantina y violaxantina. Son formas desnudas (sin cubierta rígida) y presentan dos flagelos heterodinámicos que se insertan en un surco en la porción subapical, solo uno de ellos se dirige hacia adelante en su natación, mientras que otro es inactivo. Hay numerosos cloroplastos de color amarillo, dorado y café en cada célula. Algunas especies tienen mucocistos que son expulsados súbitamente. Por ser formas muy frágiles, los métodos tradicionales de colecta y preservación los destruyen y deforman así que requieren de estudio en vivo. Se conocen pocas especies (11-12) en el fitoplancton marino, la gran mayoría productoras de mareas rojas tóxicas que afectan la vida marina (peces principalmente). Su distribución es fundamentalmente nerítica. Hasta ahora se ha identificado y estudiado con cierto detalle la especie *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada ex Hara et Chihara, encontrada en litorales del Pacífico mexicano y Golfo de México (Bravo-Sierra, 2004).

***Fibrocapsa japonica* Torumi y Takano 1973**

Lámina 5. RHAPHYDOPHYCEAE: Figs.- E-F.

Sinónimo (s): *Chaetonella japonica*

Descripción: Células solitarias, pleomórfica es decir, que puede presentar una gran variedad de formas. Es una flagelada que forma mareas rojas a menudo asociadas con mortandad masiva de peces.

Tamaño: Presentan un intervalo de tamaño muy amplio de 30-90 μm.

Espora de resistencia: + Dentro de Bahía de Banderas se conoce muy poco sobre sus quistes.

Toxicidad: La única especie dentro de este género (*F. japonica*), que ha sido reportada como agente causal de grandes mortandades de peces. Algunas producen toxinas del grupo NSP (neurotoxinas) que afectan la salud humana. Pero los mecanismos causantes de la mortandad de peces están aún en debate. Se han detectado brevetoxinas, hemolysinas y hematoglutinantes, así como especies reactivas al oxígeno (ROS) y ácidos grasos libres. (Cortés-Lara *et al*, 2008, De Boer *et al.*, 2009). No se detectaron daños visibles al ambiente marino, ni a los recursos pesqueros, ni olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar.

Tipo de manchas: Parches extensos de color café rojizo.

Generalidades: Las rafidofíceas son principalmente marinas y están asociadas con mortandad de peces en aguas costeras. A diferencia de otras rafidofíceas, esta especie presenta un grupo de tricostomas muy grandes y en forma de uña hacia la parte posterior de la célula (Loeblich and Fine, 1977; Bravo-Sierra, 2004 y Gárate-Lizárraga, *et al.*, 2009).

En febrero del 2003 se localizó una discoloración café-rojizo hacia la parte central de la Bahía de Matanchén, en el estado de Nayarit cerca del poblado de Aticama y del Arroyo de la Palma. Esta localidad se extiende de los 21° 25'24" y 21° 30'40" de Latitud Norte, y 105° 12'00" y 105° 15'00" Longitud Oeste, por debajo del Trópico de Cancer. La precipitación fluvial es del orden de los 1000 a 1500 mm por año, con un clima cálido y sub-húmedo con fuertes lluvias en el verano. Esta zona geográfica del estado de Nayarit está bajo la influencia de agua dulce particularmente del estuario de San Cristóbal, el río Sauta, el arroyo de La Palma y el río Santa Cruz.

En esta Bahía de Matanchén, Nayarit se analizaron especímenes vivos usando un microscopio de luz de donde se obtuvieron los registros fotográficos. La dominancia total de *Fibrocapsa japonica* en la muestra fue de un 97% del total de la población, el restante 3% correspondió a 27 especies fitoplanctónicas. Es importante mencionar que la identificación de *F. japonica* estuvo basada en una detallada examinación morfológica de especímenes en vivo cuya forma fue de esférica a ovoide. Las células vegetativas mostraron sus

dos característicos flagelos emergiendo de un "gullet" (=invaginación) anterior, y los mucosistos en la región posterior consistente con la descripción de Loeblich III and Fine (1997).

Otra evidencia característica, fue el número y organización de los cloroplastos, así como las células esféricas de 15 μm , las células ovoides de 15-22 μm de longitud y de 15-17 μm de ancho. Es importante mencionar que las células vivas son muy frágiles y difíciles de preservar ya que cambia la forma de su cuerpo inmediatamente, pudiendo morir en pocos minutos bajo la luz del microscopio. Sumado a lo anterior, esta microalga puede ser pleomórfica, es decir, puede presentar una gran variedad de formas.

No hubo reportes de peces muertos o intoxicaciones humanas en la localidad de Bahía de Matanchén, aunque se sabe que una alta proliferación de esta especie en agua marina parece causar serios problemas en la industria pesquera y acuicultura local. Son pocos los eventos de marea roja que se han documentado para el estado de Nayarit. Sin embargo, la ocurrencia de *F. japonica* en Matanchén (Cortés-Lara *et al.*, 2003) es la primera identificación y record publicado de esta rafidoficea en los litorales del Pacífico mexicano extendiendo su distribución a regiones de temperaturas cálidas.

Aunque esta especie se ha detectado en Punta Loma, San Diego California, es decir a los 30° latitud N, es muy similar a la de Japón de 30°-35° latitud N, donde alcanza grandes abundancias. En Bahía de Matanchén se presentó en aguas más cálidas $>26^{\circ}\text{C}$ y >34 ups, por lo que es razonable suponer que la presencia de *F. japonica* es la de una especie invasora transportada a través de sus quistes de resistencia, y ahora adaptada a esta región (Cortés-Altamirano *et al.*, 2006a).

Rafidoficeas tóxicas han sido reportadas para otras zonas geográficas del mundo, como en aguas costeras de Japón, Australia, Nueva Zelanda, Brasil, Noroeste de Europa, California y Florida. Pero es en Seto, Japón donde las poblaciones mostraron efectos devastadores sobre la maricultura. Se reportan mortandades de peces en Baja California Sur causadas por rafidoficeas en La Paz en julio 22 de 1999. Se realizaron pruebas de toxicidad por bioensayo y técnicas cromatográficas en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) de La Paz, con resultados negativos, concluyendo que las pruebas no fueron capaces de detectar la presencia de toxinas en estas rafidoficeas. En el 2001 (Sierra-Beltrán, com. pers.), hubo reportes

de mortandad de peces en el estado de Nayarit debido a una rafdoficea (= *Chaetonella cf. antigua*).

Finalmente, la presencia de *F. japonica* en el estado de Nayarit es particularmente significativa ya que se conoce como una microalga productora de NSP o compuestos similares a las brevetoxinas llamadas fibrocapsinas, y son causa de muerte de peces. Sin embargo, los mecanismos precisos de los efectos ictiotóxicos de las rafdoficeas esta bajo debate, y podría ser una combinación de diferentes toxinas. Sin embargo, estudios recientes de Marshal *et al.*, (2005), demostraron que esta microalgaflagelada es un dinoflagelado caracterizado por ser organismo ROS generador de radicales O_2^- tales como aniones superóxidos (O_2^-), hidróxilos (OH) y peróxidos de hidrógeno (H_2O_2), los cuales son una característica común de esta microalga. Tales compuestos causan daños oxidativos a nivel de funcionamiento y estructura de las células de las agallas de los peces reduciendo la capacidad para la transferencia de oxígeno (Cortés-Lara *et al.*, 2008).

Cinco especies de rafdoficeas han sido identificadas en el Golfo de California como formadoras de mareas rojas, entre ellas *Chaetonella marina*, *Ch. ovata*, *Ch. subsalsa*, *Heterosigma acashiwo* y *Fibrocapsa japonica*. Esta última especie fue observada en Bahía de La Paz en mayo del 2009 por primera vez. Las células de las rafdoficeas al igual que otras flageladas son muy delicadas y se deforman o desintegran en formalina, en cambio las muestras preservadas en Lugol hace que cambie su morfología y se contraigan, haciéndolas difícil de identificar, por lo que es recomendable estudiarlas en vivo.

Es posible que las rafdoficeas así como los dinoflagelados desnudos no hayan sido detectadas en aguas mexicanas a causa de los tradicionales métodos de muestreo.

Distribución: Se menciona como de amplia distribución.

7.5 CILIADOS

Son pocos los ciliados marinos que forman mareas rojas, en realidad son parte de los Protozoarios, es decir, de los animales unicelulares, pero que son capaces de asociarse o estar en simbiosis con otras algas Cryptomonadinas, por lo cual, las hacen acreedoras de ser fotosintéticamente activas,

aparte de ser holozoicos y saprozoicos. Presentan cilios, cirros y membranelas como organelos de locomoción. Tienen macronúcleo y micronúcleo. Su reproducción asexual es por escisión binaria o gemación, lo que los dota de cualidades de aumentar su número muy rápidamente. Por lo cual, los convierte en un alimento disponible en casi cualquier momento, y es quizá uno de los productores primarios más eficientes en el Golfo de California por sus efímeras y frecuentes mareas rojas (Cortés-Altamirano, 1984; Cortés-Altamirano *et al.*, 1996-97).

Mesodinium rubrum (Lohmann 1908 Hamburger and Buddenbrock)

Lámina 5. CILIADOS: Figs.- G, H, I, J.

Sinónimo (s): *Halteria pulex*, *Myrionecta rubra*, *Cyclotrichium meunieri*.

Descripción: Células de cuerpo ovoide a elipsoide, con un surco ecuatorial que marca la parte cónica anterior y la parte esférica posterior; en el surco se encuentran insertados dos (o uno) anillos de cilios fuertes, uno dirigido anteriormente, el otro posteriormente con procesos retráctiles en forma de tentáculos alrededor del cistosoma que es oscuro. Esta es una de las especies que presenta una migración vertical diurna muy marcada hasta de 30 metros, haciendo que las proliferaciones sean notables solamente en ciertas horas del día.

Tamaño: Variable de 12.5-16 μm y de 25-32 μm .

Espora de resistencia: No se conoce.

Toxicidad: Ninguna, aunque ha sido asociado con mortandad de fauna marina durante el decaimiento del bloom. Se asocia con bacterias que pueden introducir toxinas o algunas otras enfermedades principalmente en acuicultura (Cortés-Altamirano, 1984; Crawford *et al.*, 1993). Muy raras veces se ha detectado daño visible al ambiente marino, o a los recursos pesqueros. No se registraron olores irritantes por la brisa marina. El batir de las olas en la línea de playa no causó irritación en las vías respiratorias de las personas que lo inhalaron. No se reportaron intoxicaciones humanas ni reacciones alérgicas por contacto con el agua de mar.

Tipo de manchas: Parches muy extensos de color rojizo en Bahía de Banderas. En otras localidades reportan discoloraciones violeta, vino hasta amarillentas.

Generalidades: En Bahía de Banderas los florecimientos de *Mesodinium rubrum* se han presentado de manera muy recurrente año con año. Los registros más antiguos en esta localidad son de 1995 (Cortés-Altamirano *et al.*, 1996-1997) mayores a 1 millón de células por litro.

Sus manifestaciones ocurren en Bahía de Banderas a finales de invierno inicios de primavera, y con raros picos en verano. Se relaciona con temperaturas alrededor de los 17-20°C, y con procesos de surgencia. Su duración en la localidad varía de 1 a 2 semanas hasta 3 meses, cubriendo grandes extensiones (Cortés Lara, *et al.*, 2004b, Cortés-Lara *et al.*, 2006). *M. rubrum* es la especie más conocida en ambas costas del Golfo de California por su capacidad de generar mareas rojas, y en Bahía de Banderas se cuenta con un patrón de distribución interanual a lo largo de más de una década de observaciones, cuyos valores son muy variables.

Los resultados de este trabajo muestran la importancia de los ciliados marinos en esta área geográfica, en donde *Mesodinium rubrum* se ha presentado de manera intensa y recurrente con grandes abundancias en un intervalo de 1 a 8 millones de céls·l⁻¹, particularmente en áreas donde la actividad turística tiene gran afluencia. En ocasiones ha mostrado una co-dominancia con otras especies como *Gymnodinium catenatum* (1'871,000 céls·l⁻¹) y *Haslea gretharum* (267,000 céls·l⁻¹). En diciembre del 2005, el florecimiento de *Mesodinium rubrum* fue muy intenso, en donde imágenes de satélite (Modis-Aqua) registraron un incremento sustancial de la biomasa de este organismo en términos de Clorofila *a*, de alrededor de 10 mg·l⁻¹, y TTS de aproximadamente 22 °C.

Recientemente en los meses de febrero y marzo del 2011, se observaron dos nuevos blooms de *M. rubrum* de gran cobertura en Bahía de Banderas con un intervalo de 2'774,000 a 801,000 céls·l⁻¹ respectivamente. Lamentablemente, la empresa Maricultura de la Bahía S.A. de C.V., reportó en su informe técnico, la mortandad de los cultivos de Botete diana (*Spherooides annulatus*) en jaulas marinas flotantes en la localidad de Chimo, municipio

de Cabo Corrientes, Jalisco. Notificaron, que por causas probables a la marea roja de *M. rubrum*, murieron además de los juveniles de botete, ejemplares de *Lutjanus guttatus* o pargo lunajero, *Seriola rivoliana* conocida como medregal limón o palometa, (almaco jack en inglés), y 60,000 semillas de ostiones.

La presencia de *M. rubrum* parece estar fuertemente controlada por las condiciones oceanográficas como la temperatura del agua y suplemento de nutrientes, atribuidos a corrientes de agua fría provenientes de las surgencias de Cabo Corrientes, Jalisco. Estos procesos no son definitivos y están bajo discusión, aunque existen evidencias de su relación con las condiciones oceanográficas locales (Carmack, com. pers.).

En general y ocasionalmente se han observado mortandad de peces e invertebrados marinos en pequeñas proporciones. Se deduce que pueden ser también ocasionados por una disminución en las concentraciones de oxígeno disuelto en la columna de agua, el cual es consumido para la oxidación de la materia orgánica.

Distribución: Cosmopolita, viven en agua dulce y salada.



8. RECOMENDACIONES

Una vez desarrollada la marea roja no hay manera de eliminarle, por lo cual es necesario y hasta obligatorio, ejecutar las siguientes acciones preventivas. Recoger antecedentes en la localidad sobre la ocurrencia de este tipo de fenómenos, e investigar si se presentaron casos de intoxicaciones en personas y/o mortandades de peces, u otros organismos marinos. La fuente que proporcionan esa información son hospitales, centros de salud, instituciones de investigación científica, consulta periodística y pescadores de la región. Estos datos sirven para ubicar la época y el área de mayor frecuencia del fenómeno. Otros los puede encontrar en Cortés, 2006b.

Diseñar y ejecutar muestreos de campo para la recolecta de microalgas, y utilizar las técnicas estándares probadas internacionalmente para su identificación y conteo. Esto es muy importante para tomar medidas preventivas de manera oportuna. Por ejemplo, si se conoce la especie, y el tipo de envenenamiento que produce (PSP, DSP, ASP, etc.) se podrá dirigir mejor la prueba química para cuantificar la toxina. Así mismo, la identificación correcta de la especie y su abundancia, son indicadores fidedignos de la gravedad del asunto. Para las técnicas se pueden usar los manuales de la UNESCO (1995), que son las más aceptadas.

Si la especie es tóxica y hay casos de envenenamiento, comunicarlo de inmediato a las autoridades correspondientes de Salud, Pesca, Armada de México, para que decidan las medidas preventivas oportunamente, y si la situación lo amerita formar un cerco sanitario. Por ejemplo, el control de la distribución del marisco contaminado.

Realizar análisis químicos para determinar los niveles de contaminación de las toxinas en los moluscos como ostiones, almejas, mejillones, pata de mula, callo de hacha, y de otras especies afectadas. Esta medida es la única certera para implantar una veda de productos marinos comerciales.

Apoyar al programa de la Red Nacional de Monitoreo de Mareas Rojas en los cuales los muestreos son sincrónicos y las técnicas estándares.

Integrar los resultados obtenidos con los organismos internacionales (COI-UNESCO, GEOHAB, WESTPAC-HAB, etc.) que trabajan en el mismo campo y fortalecer la cooperación internacional, ya que las mareas rojas es un problema de tipo global.



9. CONCLUSIONES

Primero, para concluir debemos hacer notar que ante la presencia de un evento de marea roja, bloom o florecimiento algal nocivo (FAN), siempre atrae la atención de los medios de información, llámese prensa, radio o televisión, ante este hecho, se deberá ser muy cauteloso, sobre todo cuando se habla de “alertas tempranas”, estas informaciones no son del todo concluyentes, debido a que primero se debe esperar a identificar la especie responsable, ya que muchas mareas rojas son del todo inocuas. Por ello, una falsa alarma puede provocar el desplome de la venta de productos pesqueros.

Segundo, si se llega a identificar que la especie dominante si es tóxica, se deberá esperar para conocer su abundancia y el porcentaje que representa en razón a toda la comunidad fitoplanctónica para determinar su dominancia y además se deberá llevar un registro de su permanencia en el tiempo y lugar. En ocasiones aunque la especie sea tóxica, si no alcanza la dominancia en la comunidad y permanece muy poco tiempo. NO PERJUDICARA A LA BIOTA CIRCUNDANTE NI LA SALUD HUMANA, y las especies contaminadas depuraran la toxina, por lo cual pasará desapercibida. En cambio una “alerta temprana” puede causar serios daños a la economía regional pesquera. Nuestra experiencia tanto en la Bahía de Mazatlán como en la Bahía de Banderas, nos ha señalado que las especies dañinas deben de ser dominantes en más del 50% de la comunidad y pueden ser más peligrosas cuando se suman otras especies tóxicas. También, es de nuestro conocimiento que algunas pueden permanecer de pocos días hasta meses, obviamente mientras mas tiempo permanezcan en un área determinada, más agresivos serán su efectos, en general hemos estimado que cuando pasa más de una semana, la situación se torna a hacerse más seria y donde conviene hacer la cuantificación de la toxina prevista. Es en esta etapa en donde debe tomarse el criterio de hacer una veda y un cerco sanitario, si los valores de las toxinas certifican riesgo para la salud y biota contaminada.

Tercero, existe una dependencia oficial para tratar estos eventos, que es la Secretaría de Salud y particularmente la Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Cuyo objetivo general es proteger la salud pública, mediante el muestro de moluscos para la detección de biotoxinas marinas, el muestreo de agua de mar para la identificación, clasificación y cuantificación de especies fitoplanctónicas tóxicas, a fin de poder implantar acciones preventivas de manera oportuna y prevenir los casos de intoxicación en seres humanos. En mayo de 2004, la Comisión de Fomento Sanitario presentó el Plan de Comunicación de Riesgos: Proliferación de Algas Nocivas (Marea Roja). Pero desde 2001 se hizo oficial de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NON-EM-005-SSA1-2001. En febrero del 2004 dio a conocer la "Instrucción de trabajo para el muestreo de fitoplancton y detección de biotoxinas marinas".

Finalmente, la observación de un video: Zombies marinos (serie CSI Depredadores NG), lleva paso a paso la investigación de la mortandad de leones marinos en 2004, pelícanos en 1999, y gaviotas en 1961 en las costas de California (USA), y llega a la inusitada conclusión, que por introducción al medio de nitrógeno proveniente de la urea al mar, ha provocado que las *Pseudonitzschias* spp se hagan más tóxicas. Esto nos indica que la toxicidad de las microalgas se esta adquiriendo, por ello quizá en un futuro, se encuentren o se vuelvan otras microalgas tóxicas o se hagan más tóxicas.

Dada la variabilidad intraespecífica que se observa en el contenido de toxinas de las microalgas (cepas muy tóxicas, cepas poco tóxicas, e incluso cepas no tóxicas dentro de una misma especie), cada región debe obtener información propia de sus especies y de su perfil tóxico, así como de los rangos de variabilidad que pueden presentar en el contenido de toxina por célula.



10. BIBLIOGRAFÍA

- Band-Schmidt Christine J., José J. Bustillos-Guzmán, David J. López-Cortés, Ismael Gárate-Lizárraga, Erick J. Núñez-Vázquez and Francisco E. Hernández-Sandoval. 2010. Ecological and Physiological Studies of *Gymnodinium catenatum* in the Mexican Pacific. *Mar. Drugs* 2010, 8, 1935-1961.
- Barón-Campis S., D.U. Hernández-Becerril, N.O. Juárez-Ruíz y C. Ramírez-Camarena. 2005. Marea roja producida por el dinoflagelado *Peridinium quinquecorne* en Veracruz, México (octubre-noviembre 2002). Morfología el agente causal. *Hidrobiológica* 15(1):73-78.
- Blackburn, S.I., G.M. Hallegraeff & C.J. Bolch 1989. Vegetative reproduction and sexual life cycle of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* from Tasmania, Australia. *J. Phycol.* 25: 577-590.
- Bravo Sierra E. 1998. Composición del Fitoplancton de Red en Bahía de Banderas, México, 1990-1991. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología de Sistemas y Recursos Acuáticos). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 104 p.
- Bravo Sierra E. 2004. Fitoflagelados potencialmente tóxicos y nocivos de costas del Pacífico mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl. 1): 5-16.
- Bruno, M., P.M.B. Gucci, E. Pierdominici, A. Ioppolo & L. Volterra. 1990. Presence of Saxitoxin in Toxic Extracts from *Gonyaulax polyedra*. *Toxicon*: 28: 1113-1116.
- Chang, F.H. 2000. Pink blooms in the spring in Wellington Harbour. *Aquaculture Update* 24: 10-12.
- Chang-Sook Kim, Sam Geun Lee, Chang Kyu Lee, Hak Gyoon Kim and Jin Jung. (1999). Reactive oxygen species as causative agents in the ichthyotoxicity of red tide dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides*. *Journal of Plankton Research*. Vol. 21. No. 11 pp. 2105-2115.
- COFEPRIS. Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos. (<http://www.cofepris.gob.mx/work/sites/cfp/resources/LocalContent/1128/39/InstMuestreoFitoyMBIX.pdf>).
- Cortés-Altamirano, R., 1984. Mareas Rojas producidas por el ciliado *Mesodinium rubrum* (LOHMANN), en el área litoral de Mazatlán, Sin., México. *Biótica*, 9 (3): 259-269.

- Cortés-Altamirano R. 1987. Observaciones de mareas rojas en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *Ciencias Marinas* 13(4): 1-19.
- Cortés-Altamirano, R. y C.M. Agraz-Hernández. 1994. Presencia de *Prorocentrum minimum* (Pav.) Schiller en estanques para cultivo de camarón. *Revista de Ciencias del Mar, UAS*, 13: 11-16.
- Cortés-Altamirano, R., R. Alonso-Rodríguez e I. Peña-Ramírez, 1996-97. Primer registro de marea roja debida a *Mesodinium rubrum* (Protozoa: Ciliata) en Bahía Banderas (México). *Rev. Biol.Trop*, 44 (3)/45(1):675-690.
- Cortés-Altamirano R. (ed.) 1998a. Las Mareas Rojas. AGT Editor, S.A., México D.F.161 pp.
- Cortés-Altamirano R. y R. Lua S. 1998c. Lista mundial de microalgas responsables de florecimientos, mas rojas y tóxic. En *Las Mareas Rojas*. A.G.T. Editor, S.A., México, D.F. pp.141-153.
- Cortés-Altamirano R., & R. Alonso-Rodríguez R. 1997. Marea Roja durante 1997 en la Bahía de Mazatlán, Sin., México. *Rev. Cien. Mar., U.A.S.* 15: 31-37.
- Cortés-Altamirano R., A. Núñez-Pastén y N. Pasten-Miranda, 1999a. Abundancia anual de *Gymnodinium catenatum* Graham dinoflagelado tóxico de la costa este del Golfo de California. *Ciencia y Mar* 3(7): 50-56.
- Cortés-Altamirano R., S. Licea y S. Gómez. 1999b. Evidencias de aumento de microalgas nocivas en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. 343-345 pp. En: Tresierra, A.A.E. y Z.G. Culquichicón (eds.). *Memorias VIII Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar*. Universidad de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Cortés-Altamirano, R. & A. Núñez-Pastén. 2000. Distribución y abundancia anual de *Ceratium dens* (Peridiniales: Ceratiaceae) en el Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.* 48: 305-311.
- Cortés-Altamirano, R. 2002a. Contaminación de recursos pesqueros por microalgas nocivas. En *La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo*. Editado por la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de la Pesca y Universidad Veracruzana. Ver. México, pp. 113-125.
- Cortés-Altamirano, R. 2002b. Mareas Rojas: biodiversidad de microbios que pintan el mar. In: Cifuentes, J. L. & J. Gaxiola-López (eds.). *Atlas de biodiversidad de Sinaloa*. Colegio de Sinaloa. Guadalajara, Jalisco. pp. 29-41.
- Cortés-Altamirano R., A. Sierra-Beltrán y M.C. Cortés-Lara. 2004. Dominance and permanence of species of harmful algae forming blooms in Mazatlán Bay, México (1979-2002). 344-346 pp. En: Steidinger, K. A., J.H. Landsberg, C.R. Tomas and G. A. Vargo (eds.). *Harmful Algae 2002*. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Florida Institute of Oceanography, and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

- Cortés-Altamirano R., M.F. Lavín, A.P. Sierra-Beltrán y M.C. Cortés-Lara. 2006a. Una hipótesis sobre el transporte de microalgas invasoras desde el Pacífico oeste tropical hasta el Golfo de California por las corrientes marinas. *Ciencias del Mar*, UAS, 18:19-26.
- Cortés-Altamirano, R., Sierra, A., Barraza-Guardado, R. 2006b. Mortandad de peces debido a microalgas nocivas y tóxicas: Cinco casos de marea roja en la costa continental del Golfo de California (2003-2004). pp. 79-90. En S Salas, M.A. Cabrera, J. Ramos, D. Flores y J. Sánchez (eds). *Memorias Primera Conferencia de Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones*. Mérida, Yucatán, México. Octubre 4-8, 2004.
- Cortés-Lara, M.C., M.C. Gómez-Villarreal & R. Cortés-Altamirano. 2001. Mortandad de peces debido a *Cochlodinium catenatum* (Okamura, 1916) en Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit. Resúmenes del VIII Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés A.C. y el Simposium Internacional Sobre el Mar de Cortés. Mayo 29-Junio 1 del 2001, Ensenada, Baja California, México.
- Cortés-Lara, M.C. 2002a. Informe del fenómeno de marea roja en Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit, octubre-noviembre 2001. *Revista Biomédica* 13:73-75.
- Cortés-Lara M.C., R. Cortés-Altamirano y A.L. Cupul-Magaña. 2003. First Record of *Fibrocapsa of japonica* in Matanchén Bay Nayarit, Mexican Pacific Coast. *Harmful Algae News*. 24.
- Cortés-Lara, M.C. 2005. Florecimiento Primavera de *Alexandrium sp.* Halim, en aguas costeras de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. *Rev. Biomed.* Vol. 16. No. 2. pp 147-149.
- Cortés-Lara, M.C. Cortés-Altamirano R., y Sierra-Beltrán A.P. 2002b. Evaluación y Diagnóstico de las Mareas Rojas en los litorales de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. *Memorias del XIII Congreso Nacional de Oceanografía*. Puerto Vallarta, Jalisco, México 7-11 de octubre del 2002.
- Cortés-Lara, M. C., Cortés-Altamirano, R., y Sierra-Beltrán, A. 2004a. Presencia de *Cochlodinium catenatum* (Gymnodinales: Gymnodinaceae) en mareas rojas de Bahía Banderas en el Pacífico Mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl. 1): 35-50.
- Cortés-Lara M.C., Cortés-Altamirano R., y A.P. Sierra-Beltrán. 2004b. Participación del Centro Universitario de la Costa, campus Puerto Vallarta en las actividades del plan de Monitoreo de Biotoxinas Marinas y Mareas Rojas. XIII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología y VI Reunión Internacional de Planctología. Nuevo Vallarta Nayarit. 25 al 28 de abril del 2004.

- Cortés-Lara M.C., Cortés-Altamirano R., Sierra-Beltrán A.P., Rodríguez-Nava L.V., Quintero-Ramírez M.A. y Villa-Estrada M. 2006. 1996-2006. Una Década de Estudios de *Myrionecta rubra* (Lohmann) en las costas de Bahía de Banderas Jalisco, México. ColacMar. Del 4-6 de diciembre del 2006. Palacio de las Convenciones, La Habana Cuba.
- Cortés Lara M. C., Cortés Altamirano R., Sierra Beltrán A. y Cupul Magaña A.L. 2008. Primera Evidencia de Especies ROS en Microalgas Marinas de Bahía de Banderas, Jalisco/Nayarit. 2008. XV Congreso Nacional de Oceanografía. II Reunión Internacional de Ciencias Marinas. Boca del Río Veracruz México. World Trade Center de Boca del Río (Veracruz) en el área temática de Oceanografía Biológica. 13-18 de octubre del 2008.
- Cortés-Lara M.C., R. Cortés-Altamirano, R. Alonso-Rodríguez. 2010a. *Eutrep-tiella marina* (Euglenophyceae) blooms causes significant fish kills in Banderas Bay, Jalisco, México. Harmful Algae News. No. 42
- Cortés-Lara M.C., R. Cortés-Altamirano, A.P. Sierra-Beltrán, A.L. Cupul-Magaña y F. Vega-Villasante. 2010b. Florecimientos Algales Inusuales en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit en abril y mayo del 2009. Programa de Monitoreo de Mareas Rojas-CUCOSTA U de G. XVI Congreso Nacional de Oceanografía. Del 8-12 de noviembre del 2010. UABC. Ensenada Baja California.
- Cortés-Lara M.C., R. Cortés-Altamirano y A.L. Cupul-Magaña. 2011. Fish kill by *Dictyocha californica* in Banderas Bay, Jalisco, México. Harmful Algae News. No. 43. Special Issue: The 14th International Conference on Harmful Algae, Hersonissos, Crete.
- Crawford D.W., L.E. Hawkings, S. Hutchinson, E.E. Antai, D.A. Purdie y A.P.M. Lockwood. 1993. Red tides of *Mesodinium rubrum*. Evidence for remotely imposed stress on the oyster *Ostrea edulis*. 389-394. En: T.J. Smayda y Shimizu Y (Eds.). Toxic Phytoplankton blooms in the sea. Elsevier Science. N.Y. USA.
- Cupp, E. E. 1943. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. Bulletin of the Scripps Inst. Oceanogr. of the University of California. 5: 1-237.
- Davis, C. O., Hollibaugh, J. T., Seibert, D. L. R., Thomas, W. H. & Harrison, P. J. 1980. Formation of resting spores by *Leptocylindrus danicus* (Bacillariophyceae) in a controlled ecosystem. J. Phycol. 16: 296-302.
- De Boer, M.K., M.R. Tyl, M. Fu, G. Kulk, G., Liebezeit, C.R., Tomas, A., Lenzi, A., J. Naar, E.G. Vrieling and M. van Rijssel. 2009. Haemolytic activity within the species *Fibrocapsa japonica* (Raphidophyceae). Harmful Algae 8: 699-705.

- Elbrächter, M. and Y.-Z. Qi. 1998. Aspects of *Noctiluca* (Dinophyceae) population dynamics. In: Physiological ecology of Harmful Algal Blooms. (Eds.): D.M. Anderson et al., NATO ASI Series, G 41. Berlin: Springer-Verlag, pp. 315-335.
- Estradas-Romero A., R.M. Prol-Ledezma y M.E. Zamudio-Recendiz. 2006. Relación de las características geoquímicas de fluidos hidrotermales con la abundancia y riqueza de especies del fitoplancton de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Vol 61, No. 1, pp 87-96.
- Fensome, R. A., Saldarriaga, J. F. and Taylor, F. J. R. 1999. Dinoflagellate phylogeny revisited: reconciling morphological and molecular based phylogenies. *Grana* 38: 66–80
- Fukuyo Y., Y. Sako, K. Matsuoka, I. Imai, M Takahashi H. y M. Watanabe. 2003. Biological Characteristic of Red Tide Organisms. *In: Red Tides* (T. Okai-chi ed.). Terra Scientific Publishing Company, Tokyo/Klumer Academic Publishers, Dordrecht, London, Boston. pp 61-178.
- Gárate-Lizárraga, I. y G. Verdugo-Díaz, 2000b. Checklist of marine phytoplankton in a subtropical lagoon system in Baja California Sur, México, from 1980 to 1989. 265-280 pp. En: Rushton, B. S., P. Hackney y C.R. Tyrie (eds.). *Biological collections and biodiversity*.
- Gárate-Lizárraga, I., J.J. Bustillos-Guzmán, L. M. Morquecho y C.H. Lechuga-Deveze. 2000a. First outbreak of *Cochlodinium polykrikoides* in the Gulf of California. *Harmful Algae News*, 21:7.
- Gárate-Lizárraga, I. Pérez-Cruz, B. Díaz-Ortiz, J. y C. Band-Schmidt. 2008. Microalgas y biotoxinas marinas en las costas mexicanas. *Conversus*. 9:22-26.
- Gárate-Lizárraga I, Gárate-Lizárraga, I., C. J. Band-Schmidt, F. Aguirre Bahena & T. Grayeb-Del Alamo. 2009. A multi-species microalgae bloom in Bahía de La Paz, Gulf of California, México (June 2008). *CICIMAR Oceanides* 24 (1): 15-29.
- Gómez-Aguirre, S. 1998. Red tide occurrences recorded in México from 1980 to 1992. *An. Inst. Biol. UNAM, Ser. Zool.* 69(1): 13–22.
- Gómez-Aguirre S., S. Licea-Durán. 2004. Proliferaciones de *Pseudo-nitzschia* spp. (Bacillariophyceae) y otras especies del microplancton en la Bahía de Mazatlán, México. *Rev. Biol. Trop.* 52(Suppl. 1): 69-76.
- Gómez-Villarreal. M.C.; Durán-Salgueiro, L. 2002. Presencia de *Gymnodinium catenatum* en Bahía de Banderas (Nayarit-Jalisco). In *Resúmenes XII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología*, Xalapa, México, 6–9 May 2002; Universidad Veracruzana: Xalapa, México, (compact disk).

- Hallegraeff, G.M. (1993). A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia* 32: 79-99.
- Hallegraeff, G. M. 1994. Species of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* in Australian Waters. *Botanica Marina*. 37, 397-411.
- Hasle, G. R. 1973b. Morphology and taxonomy of *Skeletonema costatum*. (Bacillariophyceae). *Norw. J. Bot.* 20: 109-137.
- Hasle, G.R. 1978. Using the inverted microscope. pp 191-196. In Sournia, A. (eds.). *Phytoplankton Manual*. UNESCO. París.
- Henriksen, P., Knipschildt, F., Moestrup, Ø., and Thomsen, H.A. 1993. Autecology, life history and toxicology of the silicoflagellate *Dictyocha speculum* (Silicoflagellata, Dictyochophyceae). *Phycologia* 32: 29-39.
- Hernández-Becerril D.U. & Bravo-Sierra. 2001. Planktonic Silicoflagellates (Dictyochophyceae) from the Mexican Pacific Ocean. *Botanica Marina* 44: 417-423.
- Hernández-Becerril, D.U. 1987a. Especies de fitoplancton tropical del Pacífico mexicano. I. Diatomeas y Silicoflagelados. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. 29: 413-426.
- Hernández-Becerril D.U. 1987c. A check list of planctonic diatoms and dinoflagellates from the Gulf of California. *Nova Hedwigia* 45(1-2): 237-261.
- Hernández-Orozco M. y Gárate-Lizárraga I. 2006. Síndrome de envenenamiento paralizante por consumo de moluscos. *Rev. Biomed.* 17: 45-60.
- Horstman, D.A. 1981. Reported red water outbreaks and their effects on fauna of the west and south coasts of South Africa 1959-1980. *Fish. Bull. S. Afr.* 15: 71-88.
- Ibarguen-Zamudio, J. 2006. Composición, variación y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas en tres lagunas costeras del estado de Sinaloa, México, periodo 2004-2005. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa, México, 105 pp.
- Kaczmarek, I., Le Gresley M. M., Martin J. L., & Ehrman J. 2005. Diversity of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* Peragallo in the Quoddy Region of the Bay of Fundy, Canada. *Harmful Algae*. 4, 1-19.
- Lavin Peregrina Miguel F., Beier Martin Emilio J., Badan Dagon Antoine R. F. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: escalas estacional e interanual. En: M.F. Lavín, Editores. "Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía #3". Unión Geofísica Mexicana. Publicado (PA: CEOFH9708).

- Lavín M.F., E. Palacios-Hernández y C. Cabrera. 2003a. Sea surface temperatures anomalies in the Gulf of California. *Geofísica Internacional*, 42(3):363-375.
- Lavín, M.F. y S.G. Marinone. 2003 b. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. 173-204 pp. En: Velazco-Fuentes, O .U., J. Sheinbaum y J.L. Ochoa de la Torre (eds.). *Nonlinear processes in geophysical fluid dynamics*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Holanda.
- Licea Duran, S., J.L. Moreno, H. Santoyo & G. Figueroa. 1995. Dinoflagelados del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California, SEP-FOMEX. 165 p.
- Licea, S., S. Gómez-Aguirre, R. Cortés-Altamirano & S. Gómez. 1999. Notas sobre algunos florecimientos algales y la presencia de especies tóxicas en cinco localidades del Pacífico mexicano (1996-1999), pp. 335-337. In A.E. Tresierra-Aguilar & Z.G. Culquichicón-Malpica (eds.). VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. ALICMAR y Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Loeblich III A.R. & Karen E. Fine. 1977. Marine Chloromonads: More widely distributed in neritic environments than previously thought. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 90 (2): 388-399.
- Margalef R. 1961. Hidrografía y fitoplancton de un área marina de la costa meridional de Puerto Rico. *Inv. Pesq.* 18:76-78.
- Marshall Judith Anne, Miguel de Salas, Tatsuya Oda y Gustaaf Hallegraeff. 2005. Superoxide Production by Marine Microalgae. I Survey of 37 species from 6 clases. *Marine Biology*. 147: 533-540.
- Martínez-López A., Gárate-Lizárraga I. 1994. Cantidad y calidad de la materia orgánica particulada en Bahía Concepción, en la temporada de reproducción de la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835): *Ciencias Marinas*, 20, 301-320.
- Meave del Castillo M.E., M.E. Zamudio-Resendiz, Y. Okolodkov y I.H. Salgado-Ugarte. 2003b. *Ceratium balechii* sp. nov. (Dinophyceae: Gonyaulacales) from Mexican Pacific. *Hidrobiológica* Vol.3, No.1:75-91.
- Meave del Castillo María Esther, Zamudio-Resendiz María Eugenia, Aké-Castillo José, Sandra Luz Guerra-Martínez e Israel Fabricio Barbosa-Ledezma. 2003a. Biodiversidad de Diatomeas (Bacillariophyta) en la Columna de Agua del Pacífico Mexicano. Capítulo 3: 43-84. En: Barreiro-Güemes M.T., M.E. Meave del Castillo, M. Signoret –Poillon y M.G. Figueroa-Torres (Eds.) *Planctología Mexicana*, 300 p. Sociedad Mexicana de Planctología, A.C. México.

- Medlin, L. K., Elwood, H. J., Stickel, S. & Sogin, M. L. 1991. Morphological and genetic variation within the diatom *Skeletonema costatum* (Bacillariophyta): evidence for a new species, *Skeletonema pseudocostatum*. *J. Phycol.* 27: 514-524.
- Mee, L.D., Espinosa, M., y Díaz, G. 1986. Paralytic Shellfish Poisoning with a *Gymnodinium catenatum* red tide on the Pacific coast of Mexico. *Mar. Env. Res.* 19: 77-92.
- Moestrup, Ø. & H.A. Thomsen. 1990. *Dictyocha speculum* (Silicoflagellata, Dictyochophyceae), studies on armoured and unarmoured stages. *Biol. Skrifter* 37: 1-56.
- Morales-Blake, A., Hernández-Becerril, D. and Cavazos-Guerra, C. 2001. Registros de mareas rojas en las bahías de Manzanillo, Colima, México. In Ríos-Jara, E., Juárez-Carillo, E., Pérez-Peña, M., López-Uriarte, E., Robles-Jarero, E. G., Hernández-Becerril, D. U. and Silva-Briano, M. (eds), *Estudios sobre el plancton en México y el Caribe*. Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara, Guadalajara, pp. 81–82.
- Moreno J.L., S. Licea and H. Santoyo. 1996. Diatomeas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur. SEP-FOMES, PROMARCO, México. 273 pp.
- Murray, D. and H. Schrader. 1983. Distribution of silicoflagellates in plankton and core top samples from the Gulf of California. *Mar. Micropal.* 7: 517-539.
- Murray D. & H. Schrader. 1983. *Mar. Micropaleontol.* 7: 517-539.
- Onoue, Y. and Nozawa, K. (1989 a). Separation of toxins from harmful red tides occurring along the coast of Kagoshima prefecture. In Okaichi, T., Anderson, D. M. And Nemoto, T. (eds). *Red Tides: Biology, Environmental Science and Toxicology*. Elsevier, New York, pp. 371-374.
- Okoldokov, Y.B., G. Campos-Bautista, I. Gárate-Lizárraga, J.A.G. González-González, M. Hoppenrath & V. Arenas. 2007. Seasonal changes of benthic and epiphytic dinoflagellates in the Veracruz reef zone, Gulf of México. *Aquat. Microb. Ecol.* 47: 223-237.
- Oshima Y., Hasegawa M., Yasumoto T., Hallegraeff G., Blackburn S. (1987). Dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* as the source of paralytic shellfish toxins in Tasmanian shellfish. *Toxicon* 25: 1105-1111.
- Oshima Y., S.I.Blackburn y G.M. Hallegraef. 1993. Comparative study on paralytic shellfish toxins profiles of the dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* from three different countries. *Marine Biology*. No. 116. pp 471-476.
- Parsons, M. L., Scholin C. A., Miller P. E., Doucette G. J., Powell C. L., Fryxell G. A., et al. 1999. *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) in Louisiana

- coastal waters: Molecular probe field trials, genetic variability, and domoic acid analyses. *Journal of Phycology*. 35, 1368-1378.
- Peña-Manjarrez J. L., J. Helenes, G. Gaxiola-Castro, E. Orellana-Cepeda. 2005. Dinoflagellate cyst and bloom events at Todos Santos Bay, Baja California, México 1999-2000. *Continental Shelf research* 25: 1375-1393.
- Pérez-Cruz, L. & A. Molina-Cruz. 1988. El Niño 1983: Efecto sobre la distribución de los silicoflagelados del Golfo de California. *Cien. Mar.* 14: 9-38.
- Pinto, J.S. & E.S. Silva 1956. The toxicity of *Cardium edule* L. and its possible relation to the dinoflagellate *Prorocentrum micans* Ehr. *Notas Est. Inst. Biol. Mar.* 12: 1-20.
- Round F.E., R. M. Crawford, y D. G. Mann. 1990, *The diatoms, biology & morphology of the genera*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K. 747 pp.
- Reguera-Ramírez B. 2003. *Biología, autoecología y toxicología de las principales especies del género Dinophysis asociadas a episodios de intoxicación diarreogénica por bivalvos (DSP)*. Tesis Doctoral. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona.
- Rines, J. E. B. & Hargraves, P. E. 1988. The *Chaetoceros* Ehrenberg (Bacillariophyceae) flora of Narragansett Bay, Rhode Island, USA. *Bibliotheca Phycologica* 79: 1-196.
- Roden, G.I. y I. Emilsson, 1980. *Physical Oceanography of Gulf of California*. 4 Simposia científicos conmemorativos al 50 aniversario de la autonomía universitaria. Mazatlán, Sin. UNAM.
- Santamaría-del-Ángel E. 1994a, S. Alvarez-Borrego y F.E. Muller- Karger. Gulf of California biogeographic regions based on costal zone color scanner imagery. *J. Geoph. Res. Oceans*, 99 (C4): 7411-7421.
- Sierra-Beltrán A.P., R. Cortés Altamirano, J.P. Gallo-Reinoso. 2005a. Is *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* toxin the principal cause of sardines, dolphins, sea lions, and pelicans mortality in 2004 en México? *Harmful Algal News*. No. 29.
- Sierra-Beltrán A.P. R. Cortés-Altamirano y Ma. del C. Cortés-Lara. 2005b. Occurrences of *Prorocentrum mínimum* (Pavillard) in México. *Harmful Algae*, pp 507-517.
- Steidinger, K.A. 1975. Basic factors influencing red tides, p. 153-162. In: LoCicero, V.R. (ed.). *Proceedings of the first International Conference on toxic dinoflagellate blooms*. Mass. Sci. Technol. Found., Wakefield, MA, USA.
- Steidinger, K. A. 1983. A re-evaluation of toxic Dinoflagellate Biology and Ecology, p. 147-188 In: Round/Chapman (Eds.). *Progress in phycological Research* 2. Elsevier/North Halland, New York.

- Steidinger, K.A. & Gabriel A. Vargo. 1988. Marine dinoflagellate blooms: dynamics and impacts, p. 373-401. In: Lembi, C.A & J.R. Waaland (eds.) *Algae and Human affairs*. Cambridge University Press. USA.
- Steidinger, K. A. & Tangen, K. 1997. Dinoflagellates. In: Tomas, C. R. (ed.) *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, Inc., San Diego, p. 387-584.
- Sournia A., 1995. Ted Tide and Toxic Marine Phytoplankton of the world ocean. An inquiry into biodiversity. En: Lassus P., Arzul G., Evard E., Grentien P, Manailou C. (eds.). *Harmful Marine Algae Bloom*. Lavoisier Science, Paris. Pp 33-48.
- Sterrenburg, F.A.S. (1995). Studies on the genera *Gyrosigma* and *Pleurosigma* (Bacillariophyceae) *Gyrosigma balticum* (Ehrenberg) Rabenhorst, *G. pensacolae* sp. n. and *Simulacrum* species. *Botanica Marina* 38: 401-408, 20 figs.
- Taylor, F.J. R. 1987. General group characteristics; special features of interest, short history of dinoflagellate study. Pp. 1-23. In: Taylor, F.J.R. (Ed.), *The biology of dinoflagellates*. Blackwell, Scientific Publications London, 785p.
- Thronsdon, J. 1997. The planktonic marine flagellates. In: (C. R. Tomas, ed.) *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, San Diego. pp. 591-729.
- Tomas, C.R. (ed.). 1997. *Identifying marine phytoplankton*. Academic, New York. 858 p.
- UNESCO. 1995. *Manual on Harmful Marine Microalgae*. In: Hallegraeff, G.M., D.M. Anderson y A.D. Cembella (eds.). IOC. *Manuals and Guides*. UNESCO. N.33. pp 551.
- Vargas-Montero, M. y E. Freer. 2004. Presencia de los dinoflagelados *Ceratium dens*, *C. fusus* y *C. furca* (Gonyaulacales: Ceratiaceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Suppl.1): 115-120.
- Zimba P.V., M. Rowan and R. Triemer. 2004. Identification of euglenoid algae that produce ichthyotoxin(s). *Journal of Fish Diseases*, 27: 115-117.
- Zhang Z., Zhenzhen, W., Chunying, L., Lei, X. 2006. The study on the effect of NO on the growth of *Chaetoceros curvisetus*: *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 24, 413-420.

Tabla 2. Días de FANS observados en 10 años de monitoreo en Bahía de Banderas Jalisco-Navarrit 2000-2010 (Cortés Lara M.C y Cortés Altamirano R.)

AÑOS	MESES	DIAS DEL MES OBSERVADOS	Días	Días FANS	Nº FANS
2000	FEB	12	1 <	1	1
	AGO	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-25-26-27-28-29-30-?	30-1=31 >		
	SEP	???? 5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30	26+4=30 >		
	OCT	? ? 3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	29+2=31 <	92	1
	NOV	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-19-30	30 >		
	DIC	???? 5-6-7-8-9-10-11-12	8+4=12 <	42	1
				Total 135	3
2001	FEB	20-21-22	3 <	3	1
	ABR	9-10-11-12-13-14-15	7 <	7	1
	JUN	18-19-20-21-22-23-24	7 <	7	1
	OCT	4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	28 >		
	NOV	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30	30 >		
	DIC	1-2-3	3 <	61	1
				Total 78	4
2002	ENE	23-24-25-26-27-28-29-30-31	9 >		
	FEB	1-2-3	3 <	12	1
	MAR	26-27-28-29-30-31	6 >		
	ABR	1-2	2 <	8	1
	MAY	3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	29 >		
	JUN	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12	12 <	41	1
				Total 61	3

Tabla 2. Continuación...

AÑOS	MESES	DIAS DEL MES OBSERVADOS	Días	Días FANs	N° FANs
2003	FEB	21-22-23	3>	3	1
	MAR	24-25-26-27-28-29-30-31	8>		
	ABR	1-2-3-4	4<	12	1
	MAY	18-19-20-21-22-23-24-25	8<	8	1
	AGO	3	1<	1	1
	OCT	3	1<	1	1
	NOV	20	1<	1	1
	DIC	18	1<	1	1
				Total 27	6
2004	ENE	21-22-23	3<	3	1
	MAR	4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-22-23-24-25-26-27-28-29	19<	19	1
	MAY	28-29-30-31	4>		
	JUN	1-2-3-4-5-6	6<	10	1
	AGO	24-25-26-27-28-29-30	7<	7	1
				Total 39	4
2005	MAR	17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	15>		
	ABR	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	21<	36	1
	JUN	9	1<	1	1
	NOV	10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30	21>		
	DIC	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15	15<	36	1
				Total 73	3

Tabla 2. Continuación...

AÑOS	MESES	DIAS DEL MES OBSERVADOS	Días	Días FANS	N° FANS
2006	ENE	4-5-6-7-8-9-10	7<	7	1
	FEB	27	1<	1	1
	ABR	4-5-6-7-8-9-10	7<	7	1
	SEP	6	6<	1	1
	OCT	10-??_13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26	15+2=17<	17	1
			Total 33	5	
2007	MAR	3-4-5	3<	3	1
	MAY	23-24-25-26-27-28-29	7<	7	1
	JUN	20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30	11>		
	JUL	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14	14<	25	1
	DIC	21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	11<	11	1
				Total 46	4
2008	ENE	15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	17<	17	1
	FEB	12-13-14	3<	3	1
	MAR	7-8-9-10-11-12-13-14	8<	8	1
	MAY	23	1<	1	1
	NOV	5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18	14<	14	1
			Total 43	5	
2009	FEB	13-14-15-16-17-18-19	7<	7	1
	MAR	7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20	14<	14	1
	ABR	16-17-18-19-20-21-22	7<	7	1
	MAY	9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19	11<	11	1
			Total 39	4	

Tabla 2. Continuación...

AÑOS		MESES		DÍAS DEL MES OBSERVADOS		Días	Días FANs	N° FANs
2010	ABR	3-4-5	6-7-8-9-10+11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	19<	19			
Numeros en negro son días de FAN registrados.							Total 19	1
> FANs continuo							458	42
< FANs discontinuo								
Números en negritas : muestras colectadas y analizadas.								

Especies responsables:

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1.- <i>Dinophysis caudata</i> | 12. <i>Protoperidinium quinquecorne</i> |
| 2. <i>Prorocentrum minimum</i> | 13. <i>Skeletonema costatum</i> |
| 3. <i>Cochlodinium catenatum</i> | 14. <i>Alexandrium</i> sp |
| 4. <i>Leptocylindrus danicus</i> | 15. <i>Chaetoceros curvicutus</i> |
| 5. <i>Noctyluca scintillans</i> | 16. <i>Pseudonitzschia</i> sp |
| 6. <i>Gymnodinium catenatum</i> | 17. <i>Euglenophyta</i> sp |
| 7. <i>Myrionecta rubra</i> | 18. <i>Lingulodinium polyedrum</i> |
| 8. <i>Navicula</i> sp | 19. <i>Dictyocha fibula</i> |
| 9. <i>Ceratium dens</i> | 20. <i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i> |
| 10. <i>Akashiwo sanguinea</i> | 21. <i>Eutreptiella marina</i> |
| 11. <i>Fibrocapsa japonica</i> | 22. <i>Prorocentrum micans</i> |

AÑO	DÍAS FAN 's	n° FAN 's
2000	135	3
2001	78	4
2002	61	3
2003	27	6
2004	39	4
2005	73	3
2006	33	5
2007	46	4
2008	43	5
2009	39	4
2010	19	1
Total	458	42

Seguimiento fotográfico de diferentes eventos FAN



Florecimiento de *Eutreptiella marina* en Bahía de Banderas Jal., abril del 2009.



Análisis cualitativo y cuantitativo por el método del microscopio invertido.



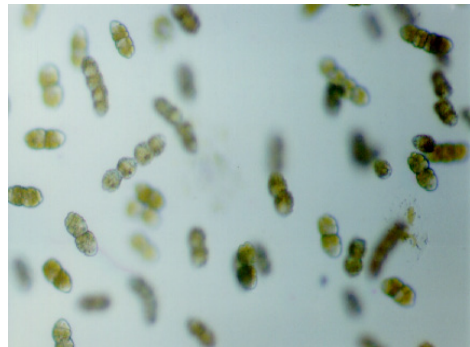
Observación de un FAN (Buque oceanográfico Justo Sierra-UNAM).



Identificación de ultraestructura al microscopio electrónico de barrido.



Evidencia de mortandad de peces durante un Fan de *Cochlodinium catenatum* en Bahía de Banderas Jalisco en septiembre del 2000.



Observación de *Cochlodinium catenatum* a 20 X con microscopio de luz.

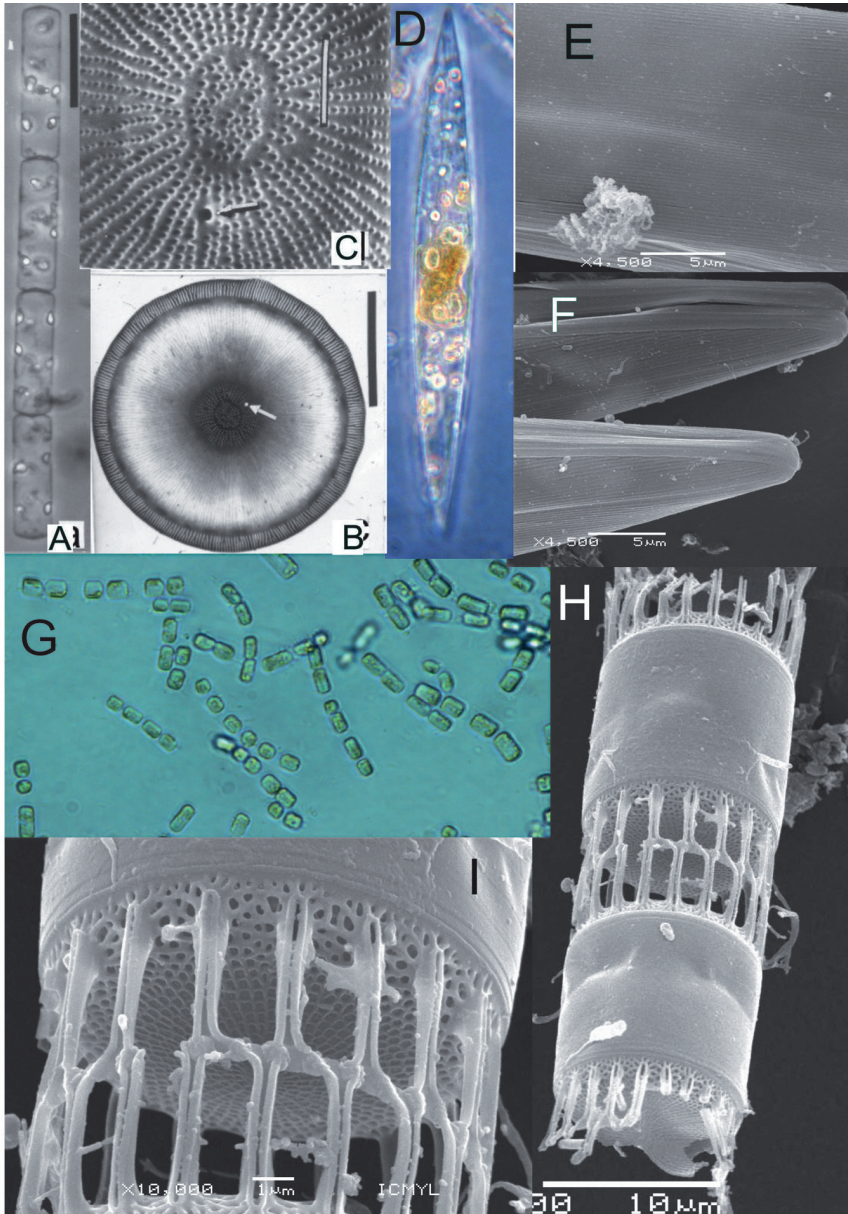


Lámina 1. DIATOMEAS: A-C) *Leptocylindrus danicus*. L. Vista valvar MET, MEB. Flecha foramen. D-F) *Haslea gretharum*. L. vista central y extremo. MEB. G-I) *Skeletonema costatum*. L. 2 células y detalle de procesos fulcrotoriales. MEB. L= microscopio de luz_MEB= mic.electrónico de barrido_MET=mic. elec.transmición.

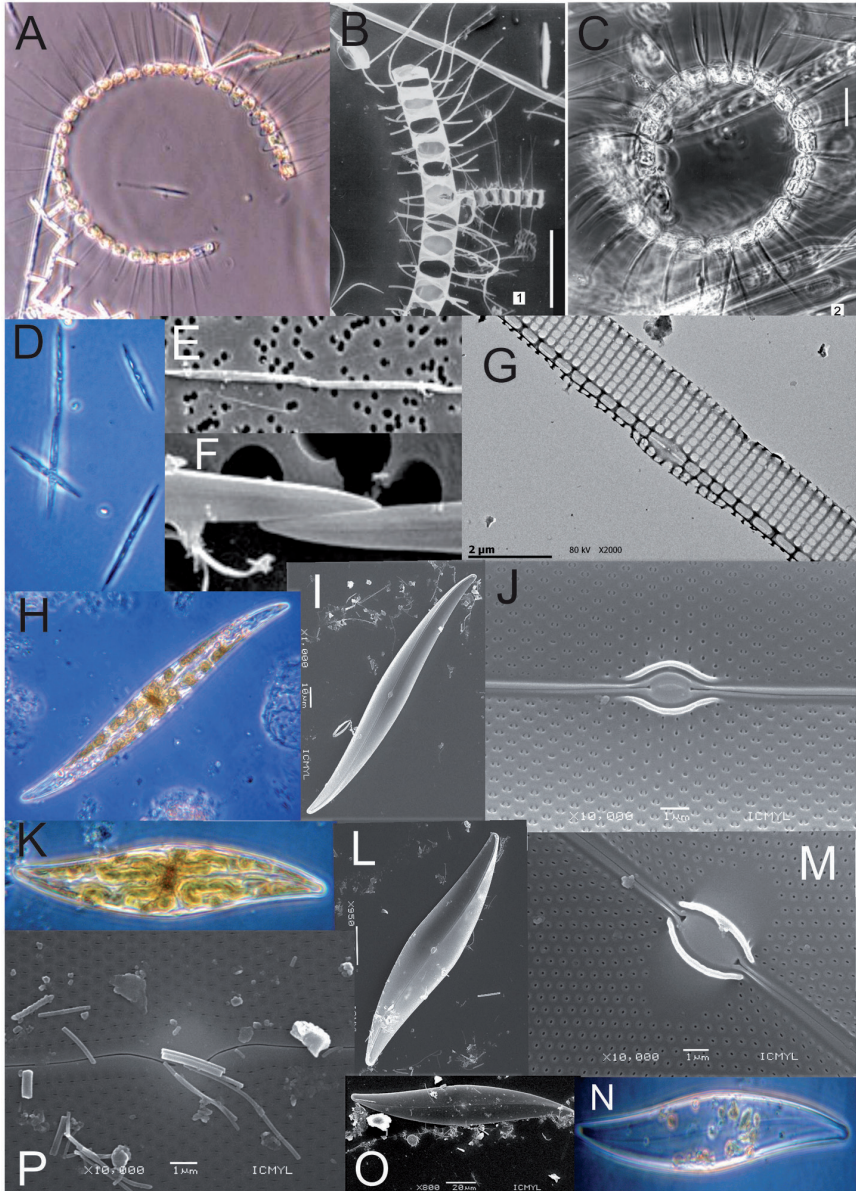


Lámina 2. DIATOMEAS: A-C) *Chaetoceros curvictetus*. Cadenas completas. L,MEB,L. D-G) *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*. Extremos y región media. L,MEB,MET. H-J) *Pleurosigma elongatum*. Región media. L,MEB, K-M) *Pleurosigma normanii*. Región media. L,MEB. N-P) *Pleurosigma nicobaricum*.

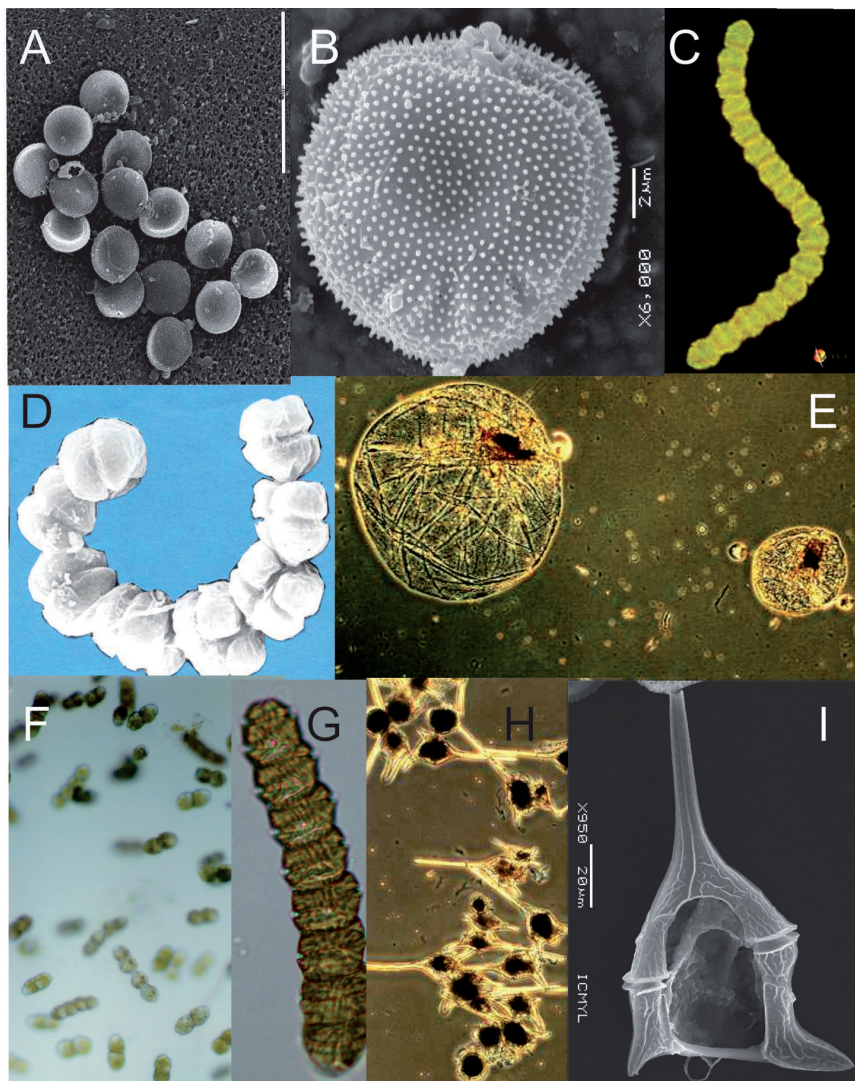


Lámina 3. DINOFLAGELADOS: A-B) *Prorocentrum minimum* en MEB. C-D) *Gymnodinium catenatum* L. y MEB. E) *Noctiluca scintillans* en L. F-G) *Cochlodinium catenatum* L. H-I) *Ceratium balechii* en L y MEB.

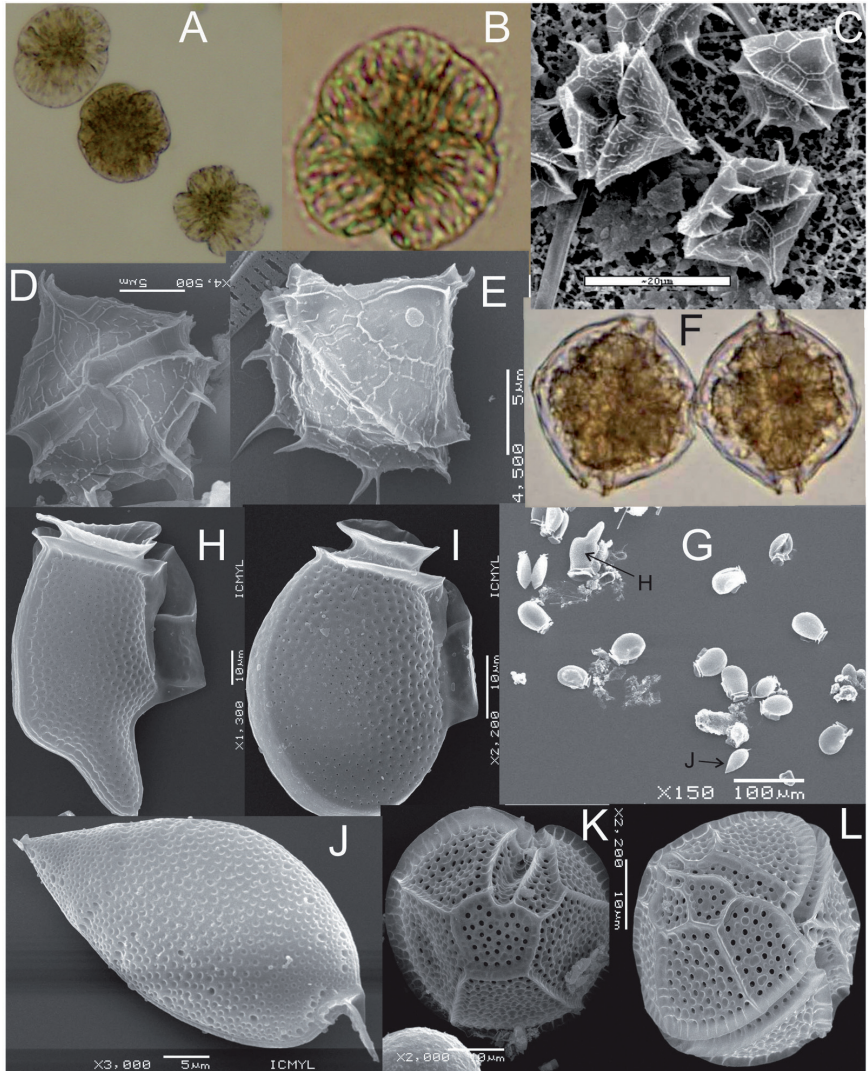


Lámina 4. DINOFLAGELADOS: A-B) *Akashiwo sanguineum*, L. C-E) *Peridinium quinquecorne*. Vistas ventral y dorsal, MEB. F) *Alexandrium* sp. L. G) Bloom de *Dinophysis acuminata*. MEB. H) *Dinophysis caudata*, MEB. I) *D. acuminata*. MEB. J) *D. acuminata*. MEB. K-L) *Prorocentrum micans*, MEB. K-L) *Lingulodinium polyedrum*, Vistas antapical y ventral.

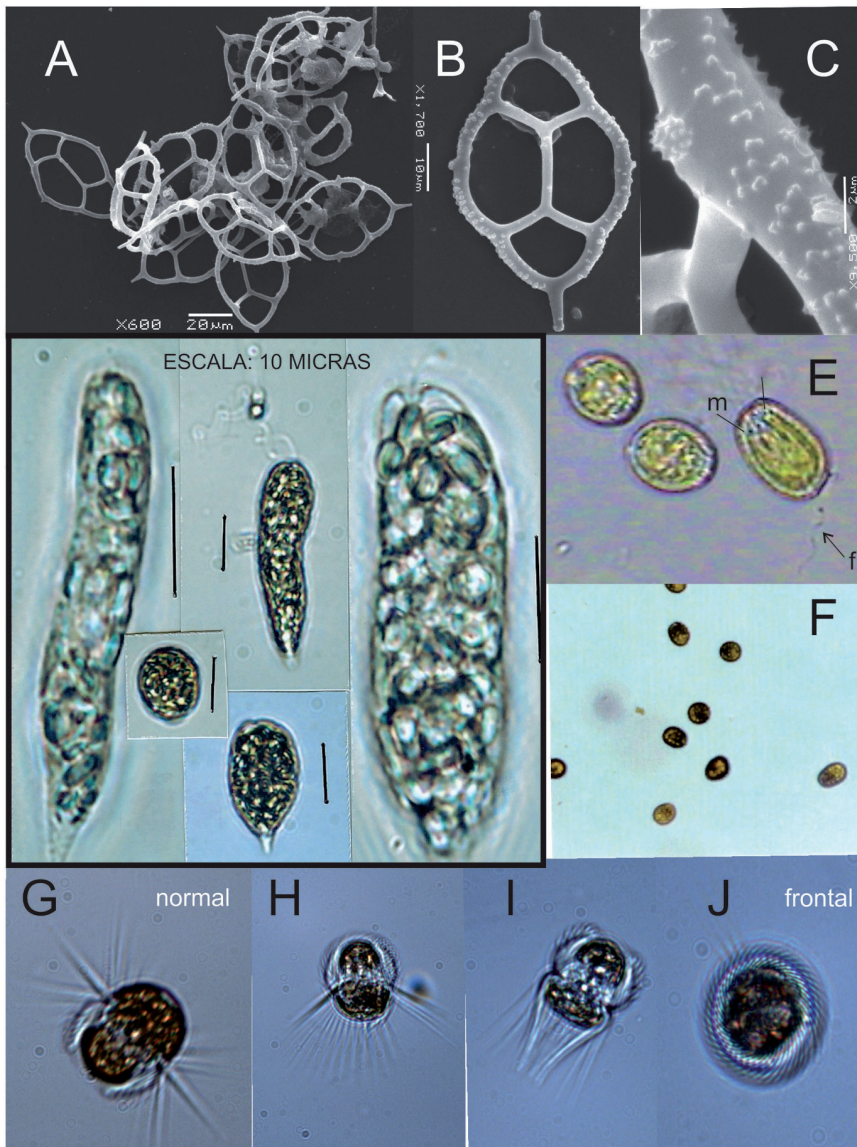


Lámina 5. SILICOFLAGELADOS: A-C) *Dictyocha californica*, MEB, Euglenophyceae:
 D) *Eutreptiella marina*, diferentes formas, note los 2 flagelos. L.
 Rhaphidophyceae: E-F) *Fibrocapsa japonica*, note el flagelo y los
 mucocistos. L. G-J) Ciliado: *Mesodinium rubrum* diferentes posiciones.

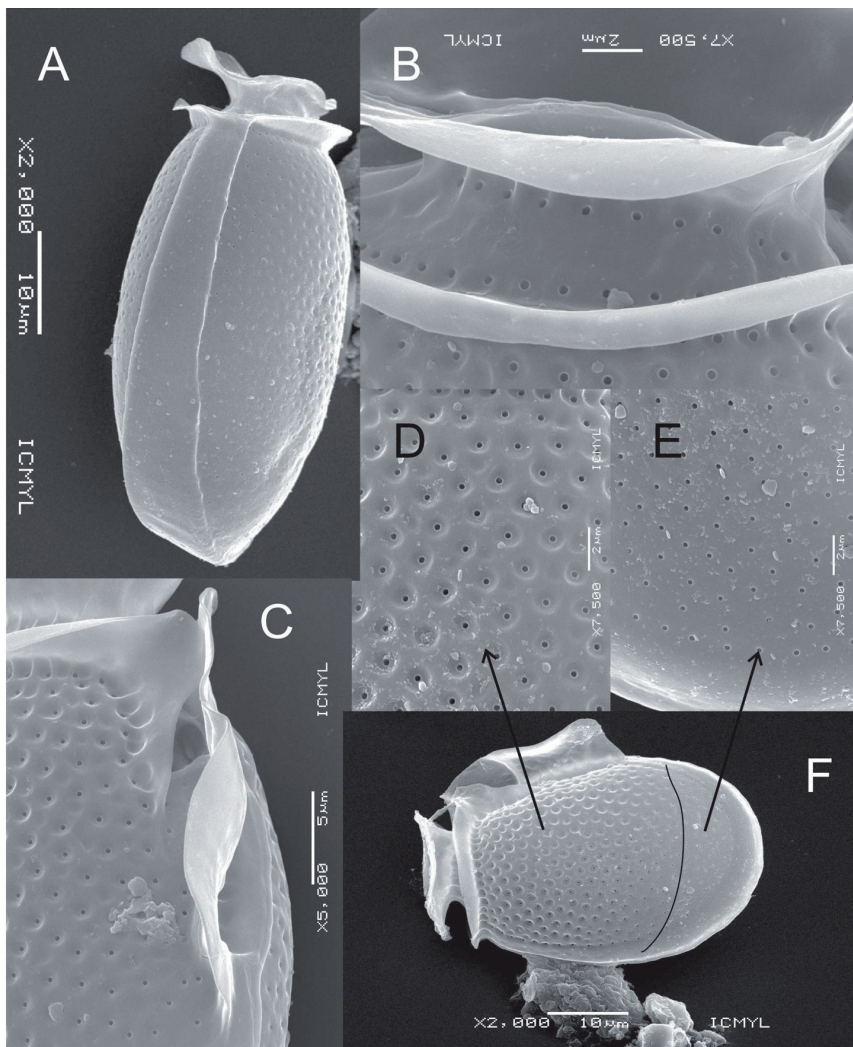


Lámina 6. *DINOPHYSIS ACUMINATA*: A) Región dorsal mostrando ensanchamiento posterior. B) Cingulo mostrando 2 series de poros. C) Región ventral mostrando el par de aletas. D) Areolas F) poros simples F) Aletas mostrando las 3 radios y la ornamentación con dos zonas diferentes de poros.

**GUÍA DE FLORECIMIENTOS
MICROALGALES (2000-2011)
CAUSANTES DE MAREAS ROJAS
EN LA BAHÍA DE BANDERAS JALISCO-NAYARIT**

Se terminó de imprimir
en Abril del 2012
en los talleres gráficos de
Prometeo Editores, S.A. de C.V.
Libertad 1457, Col. Americana,
Guadalajara, Jalisco.
C.P. 44160 Tel. 01 (33) 3826-2726
E-mail: prometeoeditores@prodigy.net.mx

Impreso en México *Printed in Mexico*

ISBN: 978-607-8019-64-9



Esta guía describe la diversidad de fitoplancton de Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit; su morfología, toxicidad, sinonimia, distribución, belleza de especies, así como los problemas a la salud humana asociados a ellas. Particularmente se enfoca en especies potencialmente tóxicas en la localidad y áreas aledañas como el parque Nacional Islas Marietas, Bahía de Matanchén Nayarit y el Parque Nacional Isla Isabel.

Este trabajo documenta nuevos registros o extensiones de rango de varias especies siendo la base de datos sobre florecimientos algales o mareas rojas más completa que existe hasta el momento para esta zona geográfica.

Se ilustran a 24 especies causantes de mareas rojas (FAN) en Bahía de Banderas en un período de 11 años, en donde se incluyen 6 grupos taxonómicos como son diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados, euglenofitas, rafidoficeas y ciliados.

M.C. María del Carmen Cortés Lara

PROFESOR DOCENTE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE LA COSTA

U DE G



Cu.
costa

