



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE BIOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**ANÁLISIS DE LOS DINOFLAGELADOS POTENCIALMENTE
NOCIVOS EN EL FITOPLANCTON DE LA ZONA NERÍTICA DE LA
COSTA MICHOACANA**

(enero-mayo 2004)

T e s i s

Que como requisito para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS
en Conservación y Manejo de Recursos Naturales**

p r e s e n t a:

José Gerardo Alejandro Ceballos Corona

**Director de Tesis:
Dr. David Uriel Hernández Becerril**

Morelia, Mich. Junio del 2006



RESUMEN

Se estudia la composición específica y estructura de la comunidad de los dinoflagelados potencialmente nocivos de tres localidades de la zona costera del estado de Michoacán, en el período en que se han detectado florecimientos algales nocivos. Los resultados nos muestran los registros que por primera vez se hacen de manera sistemática sobre los dinoflagelados nocivos de los sitios mencionados. Se registraron 132 especies y 7 variedades, del listado solamente 19 especies y dos variedades se consideran potencialmente nocivas.

La marea roja se presentó en mayo del 2004, la especie que dominó el evento fue *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) G. Hansen et Moestrup, acompañada por otras especies que también son causantes de intoxicación paralizante por moluscos (PSP), las cuales forman parte de la dieta alimentaria del ostión de roca *Striostrea prismatica* (= *Ostrea iridescens*). Se encontró que la variable explicativa de la iniciación del florecimiento nocivo fue la temperatura, la cual provocó una resuspensión de las aguas profundas hacia la superficie, poniendo a disposición de los fitoplanctones una gran cantidad de nutrientes, además de la presencia de quistes de dinoflagelados potencialmente nocivos, que en las aguas superficiales encontraron las condiciones más adecuadas para su desquistamiento.

Los resultados del Análisis de Componentes Principales muestran que la comunidad se ordena por una correlación inversa del oxígeno disuelto con las especies provocadoras del agotamiento del mismo y la estrecha relación entre *Scrippsiella trochoidea* y la temperatura, además de la relación inversa entre la abundancia de las especies nocivas con la salinidad y transparencia.

SUMMARY

The specific composition is studied and its structures of the community of the dinoflagellates noxious potentially of three towns of the coastal area of the state of Michoacán, in the period in that harmful algal blooms (HAB) have been detected. The results show us the registrations that for the first time are made in a systematic way on the noxious dinoflagelados of the mentioned places. They registered 132 species and 7 varieties, of the listing only 19 species and two varieties you considered potentially noxious.

The red tide was presented in May of the 2004, the species that dominated the event was *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) G. Hansen et Moestrup, accompanied for other species that are also causing of paralytic shellfish poison (PSP), which are part of the alimentary diet of the rock oyster *Striostrea prismatica* (= *Ostrea iridescens*). It was found that the explanatory variable of the one began of the harmful bloom it was the temperature, which caused a suspension of the deep waters toward the surface, putting to disposition of the phytoplankters a great quantity of nutritious, besides the presence of dinoflagellates cysts potentially noxious that found the most appropriate conditions for its excystment in the superficial waters.

The results of the Principal Components Analysis show that the community is ordered by an inverse correlation of the dissolved oxygen with the provocative species of the depletion of the same one and the narrow relationship between *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich and the temperature, besides the inverse relationship among the abundance of the harmful species with the salinity and transparency.

C O N T E N I D O

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	7
3. HIPÓTESIS	21
4. OBJETIVOS	22
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	23
5.1. Localización Geográfica	23
5.2. Fisiografía	23
5.3. Geología	25
5.4. Edafología	25
5.5. Oceanografía	26
5.5.1. Hidrología Superficial Costera	26
5.5.2. Batimetría	26
5.5.3. Corrientes	27
5.5.4. Mareas	27
5.5.5. Transparencia	27
5.5.6. Temperatura	28
5.5.7. Salinidad	28
5.5.8. Oxígeno Disuelto y Nutrientes	29
5.6. Clima	30
5.7. Vegetación	31
5.7.1. Fitoplancton Marino	31
5.7.2. Algas Bénticas	31
5.7.3. Vegetación Costera	32
5.8. Fauna Acuática	33
5.8.1. Zooplancton	33
5.8.2. Moluscos	34
5.8.3. Crustáceos	34
5.8.4. Peces	34
5.8.5. Reptiles	35

5.8.6. Aves	35
5.9. Influencia Humana	35
6. METODOLOGÍA	37
6.1. Actividades de Campo	37
6.1.1. Sitios de Muestreo	37
6.1.2. Colecta de Material Fitoplanctónico	38
6.1.2.1. Muestreo con Botella van Dorn	38
6.1.2.2. Muestreo con Red de Arrastre	38
6.1.3. Muestreo de Variables Ambientales	39
6.2. Actividades de Laboratorio	40
6.2.1. Observación y Determinación de Material Fitoplanctónico	40
6.2.1.1. Observación en Vivo	40
6.2.1.2. Observación de Material Fijado	40
6.2.1.3. Identificación de los Dinoflagelados	41
6.2.2. Cuantificación de Organismos	42
6.2.3. Variables Fisicoquímicas	43
6.3. Actividades de gabinete	43
6.3.1. Lista Comentada	43
6.3.2. Evaluación de la Comunidad	43
6.3.2.1. Abundancia	44
6.3.2.2. Frecuencia	44
6.3.2.3. Dominancia Relativa (DR)	46
6.3.2.4. Valor de Importancia (VI)	47
6.3.2.5. Dominancia de la Comunidad (ID)	47
6.3.2.6. Diversidad	48
6.3.3. Relaciones entre Variables Fisicoquímicas y Dinoflagelados ..	49
6.4. Procesamiento de Datos	50
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
7.1. Lista Sistemática	51
7.2. Análisis de las Especies Potencialmente Nocivas	56

7.3. Evaluación de la Comunidad de Dinoflagelados Potencialmente Nocivos ..	89
.....	89
7.3.1. Frecuencia, Abundancia, Dominancia y Valor de Importancia .	89
7.3.2. La Dominancia y la Diversidad	95
7.3.3. Las Variables Ambientales y el Florecimiento Nocivo	96
7.3.4. Similitud de las Localidades	102
7.4. Análisis del Evento de Marea Roja de Mayo del 2004	108
8. CONCLUSIONES	120
9. LITERATURA CITADA	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Área de Estudio	24
Figura 2. Ubicación de las Localidades de Muestreo	37
Figura 3. Distribución Porcentual de los Órdenes de Dinoflagelados Presentes Durante el Período de Estudio en la Costa Michoacana	54
Figura 4. Distribución Porcentual de las Especies de Dinoflagelados Potencialmente Nocivos por Órdenes Presentes Durante la Marea Roja de Mayo del 2004 en la Costa Michoacana	55
Figura 5. Distribución Porcentual de las Especies Nocivas y no Nocivas de Dinoflagelados, Detectadas Durante el Período de Estudio (Enero a Mayo del 2004) en la Costa Michoacana	88
Figura 6. Distribución de la Frecuencia de Aparición Total de las Especies Potencialmente Nocivas por Sitios de Muestreo Durante el Período de Estudio (Enero-Mayo 2004)	90
Figura 7. Frecuencia de Aparición de los Dinoflagelados Potencialmente Nocivos Durante el Evento de Marea Roja de Mayo del 2004	91
Figura 8. Valor de Importancia de las Especies Potencialmente Nocivas Durante la Marea Roja de Mayo del 2004	94
Figura 9. Índice de Dominancia (McNaughton, 1968) y Diversidad de Shannon-Wiener de las Especies de Dinoflagelados Potencialmente Nocivos, Durante la Marea Roja del 2004, en la Costa Michoacana	95
Figura 10. Comportamiento de las Variables Ambientales Durante el Período de Estudio (Enero a Mayo 2004, en Tres Sitios de la Costa Michoacana)	97
Figura 11. Dendrograma de Correlación de las Variables Observadas Durante el Período de Estudio en la Costa Michoacana	99
Figura 12. Condiciones de Temperatura Durante el Evento de Marea Roja Entre Guerrero y Colima, la Flecha Indica la Zona de la Desembocadura del Río Balsas	100
Figura 13. Anomalía Térmica en la Costa del Pacífico Oriental Tropical de México	101

Figura 14. Concentraciones de Clorofila “a” Durante el Evento de Marea Roja Entre Guerrero y Colima, la Flecha Indica la Desembocadura del Río Balsas	102
Figura 15. Dendrograma de Similitud de las Localidades de la Costa Michoacana, Analizadas Durante el Período de Estudio (Enero-Mayo 2004)	103
Figura 16. Análisis de Componentes Principales, Ordenamiento de las Especies y Variables Ambientales de los Sitios de Marea Roja Boca de La Necesidad y Caleta de Campos, Además de la Localidad Testigo sin Florecimiento Nocivo Faro de Bucerías	106
Figura 17. <i>Pyrodinium bahamense</i> , Ejemplar Observado en las Playas de “El Salto” y “El Naranjito”, Mpio. Aquila, Mich., en Noviembre de 1995	108
Figura 18. Ejemplares de <i>Akashiwo sanguinea</i> (Fijada con Formol al 4 %) y <i>Karenia brevis</i> , Ejemplar en Vivo	111
Figura 19. Modelo de Distribución Estacional del Fitoplancton y la Marea Roja, Adaptado de Figueiras <i>et al.</i> (2002)	118

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variables Ambientales (Oxígeno y Nutrientes) para la Zona de Estudio en el Período Noviembre-Diciembre de 1999	29
Cuadro 2. Variables Ambientales (Oxígeno Disuelto y Nutrientes) en la Bahía de Maruata, Mich. para el Período Verano 1984-Primavera 1985	30
Cuadro 3. Localización Geográfica del Área de Muestreo	37
Cuadro 4. Escala de Frecuencias de Acuerdo a Licea (1974)	45
Cuadro 5. Número de Taxones para el Período de Estudio	54
Cuadro 6. <i>Akashiwo sanguinea</i>	57
Cuadro 7. <i>Gyrodinium spirale</i>	58
Cuadro 8. <i>Alexandrium catenella</i>	59
Cuadro 9. <i>Lingulodinium polyedrum</i>	60
Cuadro 10. <i>Prorocentrum micans</i>	62
Cuadro 11. <i>Gambierdiscus toxicus</i>	63
Cuadro 12. <i>Protoperidinium crassipes</i>	65
Cuadro 13. <i>Dinophysis caudata</i>	67
Cuadro 14. <i>Dinophysis fortii</i>	68
Cuadro 15. <i>Dinophysis mitra</i>	70
Cuadro 16. <i>Prorocentrum triestinum</i>	71
Cuadro 17. <i>Gyrodinium instriatum</i>	73
Cuadro 18. <i>Amylax triacantha</i>	74
Cuadro 19. <i>Gonyaulax polygramma</i>	75
Cuadro 20. <i>Gonyaulax spinifera</i>	77
Cuadro 21. <i>Ceratium furca</i>	79
Cuadro 22. <i>Ceratium furca</i> var. <i>eugammum</i>	80
Cuadro 23. <i>Ceratium fusus</i> var. <i>fusus</i>	81
Cuadro 24. <i>Ceratium divaricatum</i> var. <i>balechii</i>	82

Cuadro 25. <i>Scrippsiella trochoidea</i>	84
Cuadro 26. <i>Noctiluca scintillans</i>	86
Cuadro 27. Análisis de Componentes Principales (PCA), para las Especies de Dinoflagelados Potencialmente Nocivos en las Localidades Boca de La Necesidad, Caleta de Campos y Faro de Bucerías, Durante el Período de Estudio (Mayo 2004) ...	
.....	105

1. INTRODUCCIÓN

En la primera mitad del siglo XIX varios investigadores descubren en las aguas marinas una infinidad de organismos autótrofos y heterótrofos microscópicos, los cuales aparentemente no tenían movimientos que les permitieran contrarrestar las corrientes del agua, a este grupo de organismos se les llamó plancton, término que fue utilizado por primera vez por Víctor Hensen en 1887.

El anterior vocablo es de origen griego y significa “errante” o “vagabundo”, bajo esta enunciación se separaron a los organismos que se caracterizan por su independencia biológica con respecto del fondo, de otros que si presentan movimientos activos (Margalef, 1972c; Cifuentes *et al.*, 1987). La definición de plancton es confusa, ya que no toma en cuenta ninguna razón taxonómica, ni ecológica formal; comprende representantes de casi todos los grupos de animales y vegetales, y aún el criterio de independencia biológica del fondo es muy cuestionable puesto que en la provincia nerítica se pueden encontrar formas que solo una parte de su ciclo de vida son planctónicas.

Básicamente, el plancton se puede dividir en nerítico y oceánico, según se encuentre en las aguas situadas por encima de la plataforma continental o en alta mar, respectivamente. Ambos tipos presentan características particulares, el nerítico se distingue por una mayor capacidad de producción y porque prácticamente sólo existe en la zona eufótica o fótica, mientras que el oceánico esta separado por una capa superior, el epiplancton o fotoplancton, en el cual se presenta la máxima cantidad de iluminación y de producción de células vivas, y una capa situada por debajo, donde la cantidad de plancton en conjunto es más baja, en particular considerando a las especies vegetales.

La división más importante del plancton se refiere a la naturaleza de sus componentes el Fitoplancton o plancton vegetal y el zooplancton o plancton animal, además por sus ciclos de vida se les puede separar en holoplancton cuando se

refiere a los organismos que forman parte del plancton todo su ciclo de vida y meroplancton para denominar a aquellos que solamente una parte de su ciclo la pasan como planctónicos.

El plancton constituye la forma de vida y la fuente de alimento dominantes del océano, el fitoplancton, que lleva a cabo la fotosíntesis cerca de la superficie del agua, suministra el alimento para el zooplancton e indirectamente, para los peces que se alimentan de éste. Las formas de vida de las profundidades dependen para su subsistencia de la lluvia de materia orgánica que les llega de las partes más altas.

El fitoplancton marino está compuesto por distintos grupos de microalgas, fundamentalmente por cianofíceas, heterocontas, cocolitofóridos, dinoflagelados y diatomeas; esta comunidad evolucionó en un grupo diverso de organismos fotosintéticos y pueden dividirse en categorías según el tamaño: microplancton de 20-200 μm ; el nanoplancton de 2-20 μm y el picoplancton de 0.2-2 μm . El picoplancton tiende a ser más común en la provincia oceánica que en la nerítica, en tanto que el nanoplancton y microplancton, como las diatomeas y dinoflagelados, tienden a dominar las aguas costeras de la provincia nerítica.

El carácter fotosintetizador del fitoplancton es muy cuestionable ya que la frontera que separa a los autótrofos de los heterótrofos es puramente convencional, en particular los dinoflagelados presentan tanto elementos autótrofos como heterótrofos (Cifuentes *et al.*, 1987), y otras especies se encuentran de manera accidental en el fitoplancton (picoplancton), además de algunas que son típicamente fotosintetizadoras como es el caso del ciliado *Mesodinium rubrum* que no se consideran dentro del fitoplancton, aún y cuando pertenece a esta comunidad (Hernández, 2003).

Como base de la cadena alimenticia marina, el fitoplancton es un indicador de cambios importantes en los océanos, esta flora marina, en el proceso de la fotosíntesis, también extrae anhídrido carbónico de la atmósfera, y, como resultado,

juega un papel importante en el equilibrio de gases de invernadero que controlan el clima global.

Las algas microscópicas del fitoplancton generalmente pasan por ciclos anuales de rápido incremento y decaimiento, el período de crecimiento se caracteriza por un aumento y multiplicación durante dos a tres semanas, tiempo en el que cada individuo puede multiplicarse en miles o millones de su tipo. Este fenómeno se llama florecimiento o “bloom” y se ha observado en todos los océanos, su presencia depende de la época del año y la latitud, en el mismo se encuentran implicados varios factores, principalmente de variables ambientales como: temperatura, salinidad, intensidad lumínica y niveles de los nutrientes; el fitoplancton marino a veces se hace tan abundante que le da color al agua produciendo las mareas rojas (Martin, 2001).

Pero, ¿qué es una “marea roja”? Existen muchas razones para ser cuidadosos con ésta denominación, en muchos eventos puede detectarse toxicidad en mariscos, sin cambios en la coloración del agua. Por otro lado, cambios espectaculares en la coloración del agua pueden ser causados por el incremento numérico de microalgas que no son tóxicas; las “mareas rojas” no siempre son rojas. Por lo tanto, es mejor denominarlas Floraciones de Algas Nocivas o HABs, por sus siglas en inglés Harmful Algal Blooms (GEOHAB, 2001).

Un florecimiento algal nocivo es la proliferación de algas tóxicas o especies de algas perjudiciales que causan un impacto negativo en recursos naturales o humanos. La definición más amplia de florecimientos dañinos, puede precisarse mejor si se consideran cada uno de sus componentes por separado. Nocivo es el más fácil de describir y entender, este efecto (¿dañino?) podría ser visible, cuando larvas de peces o peces adultos se encuentran muertos flotando; puede estar disimulado, en forma de una alteración de la cadena alimenticia, por ejemplo pérdida de presas o la pérdida gradual de la vegetación bentónica que es el hábitat de los peces y otros organismos, pero también puede impactar a las personas a través del consumo de

mariscos contaminados. Una floración es difícil describir, en esencia, es el incremento de la abundancia de una especie sobre el promedio en un área geográfica específica, en estos casos las especies, puede tener desde 200 céls·l⁻¹ hasta 2 x 10⁶ céls·l⁻¹ (FWRI, 2003).

El problema de los HABs se ha extendido y es grave, los efectos dañinos atribuidos a florecimientos nocivos se desarrollan más allá de los impactos en la salud humana y las pérdidas económicas directas; cuando los HABs contaminan o destruyen los recursos costeros, se amenaza y modifica el sustento de residentes locales. Entender este problema requiere del conocimiento de los factores ecológicos y oceanográficos que controlan la distribución y dinámica de las poblaciones de las especies que provocan los florecimientos.

Existe un amplio conocimiento sobre las algas dañinas y los HABs, pero nuestra experiencia de describir los factores que controlan la dinámica de las especies está limitada por huecos críticos entendido esto como: el fisiológico, la conducta y las características morfológicas de las microalgas que los producen, además se desconoce cómo éstos actúan recíprocamente con las variables ambientales para promover la selección de una especie sobre otra.

En el fitoplancton marino existen más de 4000 especies descritas, siendo los principales componentes los dinoflagelados y diatomeas. Los dinoflagelados representan unas 2000, de ellas, unas 60 son tóxicas (WHOI, 2003); sin embargo, este número ha ido en aumento, por ejemplo si consideramos solamente el caso de aguas japonesas y del sudoeste de Asia, 200 especies están implicadas en florecimientos nocivos o como portadoras de toxinas (Fukuyo *et al.*, 1990) de estas 70 son especies de dinoflagelados.

Para el caso de las costas mexicanas se han identificado cerca de 157 especies formadoras de mareas rojas, con 27 tóxicas y potencialmente tóxicas (Hernández, 2003). Muchas otras no han sido reportadas como tóxicas, pero puede ser debido a

que no se ha comprobado su toxicidad, lo cual lleva implícita la posibilidad de encontrar más especies involucradas en estos fenómenos.

Considerando lo anterior, para este estudio se realizó un listado de las especies de dinoflagelados capaces de producir florecimientos nocivos en la costa michoacana, además se evaluó el evento de marea roja que se presentó en el mes de mayo del 2004 y se llevó a cabo un análisis de la comunidad antes y durante la marea roja.

Los resultados obtenidos nos muestran los registros que por primera vez se hacen de manera sistemática sobre los dinoflagelados nocivos de la costa michoacana y se pretende con ello dar inicio al conocimiento de los fenómenos de florecimientos algales, su origen, las variables ambientales que intervienen y el papel de la influencia humana en su desarrollo y permanencia.

El conocimiento de este grupo de microalgas es de suma importancia, ya que de no tener su ubicación taxonómica correcta, podemos provocar problemas que afecten directamente el trabajo de las cooperativas de pescadores y las actividades turísticas, pues una mala interpretación del fenómeno de marea roja trae como consecuencia la prohibición o no de la captura de ciertas especies marinas, principalmente bivalvos, de importancia comercial y los cuales son consumidos tanto local como regionalmente, lo cual se vería reflejado en las ganancias o pérdidas económicas de los sectores mencionados.

Con relación a la problemática de salud sobre el turismo y los habitantes de la zona costera, dependería de una buena o mala aplicación de las normas que regulan las actividades implicadas durante el tiempo que dure la contingencia ambiental, los sectores involucrados en su correcta aplicación se agrupan entorno al Comité Técnico de seguimiento de mareas rojas establecido en el Puerto de Lázaro Cárdenas, Mich., el que a su vez se apoya en los laboratorios de análisis para la detección de toxinas de la Secretaría de Salubridad cuya base se encuentra en el Puerto de Acapulco, Gro.

Desafortunadamente, dicho Comité no cuenta con expertos en la determinación taxonómica de los dinoflagelados implicados en los florecimientos nocivos, tan es así, que los errores que se comenten se reflejan en equivocaciones incluso de ubicación geográfica de especies; como la que ocurrió durante el evento de mayo del 2004, donde se identifica erróneamente la especie provocadora de la marea roja, confundiéndola con otra de distribución restringida al Golfo de México.

Es posible que este problema se deba a que el material se revisó ya fijado con formol, el cual deforma los dinoflagelados, sobre todo a los desnudos; es conveniente que dicho Comité incorpore a taxónomos expertos en dinoflagelados, tal situación puede darse a través de convenios con las dependencias universitarias de nuestra máxima casa de estudios con universidades del país.

2. ANTECEDENTES

Los estudios sobre florecimientos algales nocivos se presentan por regiones dentro de las costas del Pacífico Mexicano

a) Costa Noroccidental y Golfo de California

Gárate (1991), analiza una marea roja causada por *Noctiluca scintillans* en la Bahía Concepción, B.C.S., menciona que las abundancias de esta especie fluctuaron entre 157,000 a 182,000 céls/l, el fenómeno tuvo una duración de aproximadamente una semana, presentándose solamente en la parte litoral, así mismo precisa que las abundancias reportadas por él, son bajas para considerarse como un florecimiento de ésta especie.

Cortés y Núñez (1992), presentan un análisis sobre el fenómeno de mareas rojas en la bahía de Mazatlán, Sin., donde mencionan que estos eventos son un fenómeno natural muy común en esta zona; algunas son responsables de contaminar moluscos bivalvos, que cuando se les ingiere producen intoxicaciones severas. El área donde más frecuentemente se observaron fue frente al cerro del Crestón y los islotes Dos Hermanos. Los resultados indican la presencia de ocho especies dominantes en 44 mareas rojas registradas de 1979 a 1990; la más común fue el ciliado *Mesodinium rubrum*, con frecuencia de 75%; de las especies tóxicas, sólo *Gymnodinium catenatum* estaba presente 9%. La proporción de estos taxa varía en cada marea roja; los valores extremos han sido 0.5 y 9.8 millones de $\text{cels} \cdot \text{l}^{-1}$; únicamente *Gymnodinium catenatum* ha causado envenenamiento paralítico por mariscos (EPM); en dos ocasiones ha afectado a 28 personas, entre las cuales han ocurrido tres decesos. Las mareas rojas se presentan principalmente de febrero a mayo ($f = 69.5\%$), desaparecen entre junio y octubre ($f = 8.8\%$) y resurgen durante el invierno. La mayoría son efímeras, pues permanecen de 1 a 2 días ($f = 56.8\%$); las de mayor duración son poco frecuentes ($f = 4.6$). Estos datos permiten inferir que las mareas

rojas están vinculadas a surgencias que concentran al fitoplancton. Durante 1983 fueron notables la presencia y la abundancia de *Oscillatoria erythraea* que coincidió con el fenómeno El Niño.

Cortés (1994), alude al hecho de que a partir de los años 80s el número de publicaciones sobre las mareas rojas, ha aumentado notablemente. Hace mención de que se creía que no era el número de mareas rojas el que había aumentado sino la cantidad de investigadores sobre el tema, sin embargo, el mismo se responde y analiza lo que ocurre en México. Estima que para los noventas la carencia de información sobre MR era bastante considerable, en tanto que los reportes más antiguos que se tenían eran los de Brongersma-Sanders de 1957, considerándolo como el reporte más antiguo del sureste del Golfo de California; aunque si bien ya en 1878 se reportaba una decoloración amarilla en las aguas del Golfo, y para 1937 Allen menciona la existencia de este fenómeno cerca de la Isla Ángel de la Guardia, donde se observaron hasta 3 000 000 céls/l de *Noctiluca scintillans*; en la misma área pero hacia 1939 Gilbert y Allen mencionan que el causante de la marea roja es *Gymnodinium catenatum*. En el caso del Pacífico Mexicano, los registros mayores de diez años solamente se tienen para el estado de Sinaloa, mientras que hacia el suroeste entre diciembre de 1989 a enero de 1990 se reportan mareas rojas en Chiapas y Oaxaca, en tanto que la Bahía de Acapulco también se ve afectada con este fenómeno y en ambos casos la especie responsable es *Pyrodinium bahamense* var. *compresa*.

El mismo Cortés (1994), menciona que al parecer el crecimiento de las localidades con MR, va ligado al de la población humana y al proceso de eutroficación de la zona costera, volviéndose más frecuentes y al parecer con cierta periodicidad anual, lo cual solo podría explicarse por un cambio e influencia de las corrientes más sureñas ya que en Guatemala y El Salvador estas MR tiene más años de establecidas.

Gárate (1997), registra por primera vez una marea roja provocada por *Prorocentrum mexicanum* en el Golfo de California, menciona que la coloración provocada por esta especie era amarillento, las concentraciones fueron de 3,135,200 céls/l, su presencia la considera reelevante debido a que se ha relacionado con ciguatoxinas.

Cortés *et al.* (2000), analizan muestras de agua marina obtenidas de una marea roja que se presentó del 26 al 30 de diciembre de 1996 en la bahía de Mazatlán, Sin.; las muestras fueron obtenidas tanto de superficie como a 10 m de profundidad en dos localidades. Las observaciones arrojan los siguientes resultados: el 76.78 % de la comunidad fitoplanctónica estuvo dominada por *Prorocentrum triestinum* con un promedio de 31,584 céls ml⁻¹ para bajar al cuarto día a 20,020 céls ml⁻¹, pero con una dominancia del 85.7 %. Aún con esta densidad celular no se observaron manifestaciones de toxicidad o mortandad de peces. La diversidad de acuerdo al índice de Brillouin y Shannon (H= 1.15 y H= 0.43 bits/ind.), se reportan como valores característicos de medios alterados y fluctuantes donde las poblaciones son sometidas a mayor “estrés” (Margalef, 1980). Mencionan que al parecer existe un efecto producido por suministro adicional de materia orgánica y nutrientes por el emisor submarino, lo que se corroboró por la mayor abundancia en la estación cercana a este emisor, lo cual favoreció la presencia de la marea roja, además de que el incremento también pudo deberse a las condiciones hidrológicas que se presentaron durante el evento (temperatura del agua de fondo de 25.8 °C y de superficie 26.5 °C, salinidad de fondo 32.8 PSU, oxígeno disuelto de 4.9 mg l⁻¹ en al superficie y en el fondo de 5.0 mg l⁻¹ los rangos de resistencia de *P. triestinum* y favorables para su crecimiento se comprobaron en laboratorio y cuyos óptimos fueron: temperatura de 20-30 °C, salinidad de 31.5-35.0 PSU y un pH de 6.5-8.5.

Alonso y Ochoa (2002), efectúan un estudio hidrográfico con el fin de identificar las condiciones que promueven la generación y desarrollo de eventos comúnmente nombrados “marea roja” en la bahía de Mazatlán. Eligieron seis estaciones de colecta apareadas en dos transectos ubicadas sobre las isobatas de 10, 15 y 20 m de profundidad. La periodicidad de la colecta, cada tercer día, permitió reunir 60

juegos de datos durante el período del 4 de febrero al 4 de junio del 2000; las muestras de agua se obtuvieron en la superficie y el fondo en cada estación con una botella van Dorn de 3 l de capacidad. Se determinaron las variables sigma t como expresión de la densidad del agua, cobertura de las manchas de marea roja y el índice de surgencia, se estimaron dos índices de estabilidad de la columna de agua a partir de la diferencia de temperaturas y de sigma-t. Finalmente, se analizó la variabilidad de los distintos parámetros para determinar su periodicidad a través del análisis de series de tiempo. Los resultados manifiestan 16 eventos de “marea roja” con duración de 1 a 20 días y mostraron gran intensidad (permanencia, densidad celular y coloración) en la bahía de Mazatlán en el período invierno-primavera del año 2000. Aproximadamente se observaron 50 días de manchas, con una cobertura media del 20 % con respecto al área total de la bahía; los principales componentes fitoplanctónicos correspondieron a los géneros *Prorocentrum* y *Ceratium*. La abundancia total de células registrada fue de 20.5×10^6 cél/l, con una dominancia de *Prorocentrum balticum* y *Prorocentrum mexicanum*, al relacionar la estabilidad de la columna de agua con la presencia de las manchas se encontró correspondencia entre períodos de mezcla-estratificación-presencia de manchas. El evento más importante en cuanto a su duración coincidió con el período de mayor estratificación en la bahía de Mazatlán.

b) Pacífico Tropical Mexicano Zona Norte

Cortés *et al.* (2002), llevan a cabo una evaluación y diagnóstico de las mareas rojas en el litoral de Bahía Banderas entre Jalisco y Nayarit, considerando que son zonas caracterizadas por una alta presencia de turismo nacional e internacional. Mencionan que en los últimos años han sido frecuentemente afectadas por la presencia de florecimientos algales a lo largo de todo el año, particularmente para la primavera y el otoño; de las observaciones durante un periodo de dos años han podido detectar las siguientes especies: *Cochlodinium catenatum*, *Gymnodinium sanguineum*, *G. catenatum*, *Noctiluca scintillans*, *Ceratium furca*, *C. dens*, *Leptocylindrus*

danicus, *Navicula* sp. y *Mesodinium rubrum*. De las mareas rojas evaluaron el número de eventos, su duración, la frecuencia, el número de especies dominantes, la densidad celular y las condiciones ambientales asociadas. Aclaran que, si bien no existen reportes de intoxicación en la población por consumo de bivalvos, dos eventos han sido identificados como ictiotóxicos; el intervalo de duración de los fenómenos se reporta de dos días hasta 18 semanas.

Gómez *et al.* (2002), mencionan que las proliferaciones de plancton se han venido estudiando de forma aislada marginando su asociación con el resto de la comunidad del epiplancton en que se desarrollan, con lo que se omite e ignora este conocimiento que puede ser determinante en su duración (permanencia o declinación), de igual manera que la de vigilar (monitorear) el comportamiento hidrográfico y atmosférico locales. Señalan que a propuesta de la SOMPAC, en Pátzcuaro 1996, y la disposición de muestras de plancton de red (200 μm) de la Bahía de Mazatlán facilitadas por R. Cortés-Altamirano y de la colección planctológica del Instituto de Biología (varias localidades), permitió iniciar estudios sobre los copépodos comunes en las proliferaciones de plancton nocivo, como posibles depredadores de estas (dinoflagelados, ciliados, fitoflagelados) y como potenciales vectores del flujo de toxinas a otros niveles tróficos del propio plancton y sus consumidores: peces, aves y reptiles. En abril del 2001, en la Bahía de Banderas, se reconoció la existencia de una discoloración de proporciones no estimadas, en el sector norte (Nayarit) de la Bahía, de la cual se obtuvieron muestras de agua superficial que fueron preservadas en lugol, para la estimación de la densidad de células por la técnica convencional de Utermöl, muestras de red de 60 y de 500 micrómetros de luz de malla, para conocer la composición del microplancton y los copépodos, respectivamente. Se estimó una densidad de aproximadamente 0.5×10^6 céls/l, con una composición dominada por *Mesodinium rubrum* (37.2 %), *Cochlodinium* sp (31.5 %), *Gymnodinium catenatum* (31.5 %) *Prorocentrum* spp (6.0 %), *Protoperidinium bipes* (3.4 %), *Ceratium furca* (2.3 %), *Alexandrium* sp. *Gonyaulax polyedra*, *Ceratium tripos* y *C. dens* (0.5 % cada uno),

Protoberidinium divergens (0.2 %) y otras especies, cuantitativamente no significativas, sumaron un total de 20 especies de dinoflagelados presentes en esa discoloración. Los copépodos reconocidos fueron en orden de abundancia relativa, *Acartia tonsa*, *A. lilljeborgii*, *Calanus pacificus*, *Paracalanus* sp, *Labidocera* sp, *L. acutifrons*, *L. lubbockii*, *Centropages* sp, *Eucalanus* spp, *Pseudodiaptomus* sp, *Corycaeus* sp, *C. speciosus*, *Temora* sp, *Oithona* sp, y otros que cuantitativamente se consideraron no significativos.

Gómez y Licea (2002), se refieren al hecho de que las mareas rojas o proliferación de algas nocivas son un fenómeno que se presenta tanto a nivel mundial como nacional, ocasionando problemas de impacto económico en zonas costeras, de salud pública por intoxicación y mortandades de peces, aves, invertebrados y mamíferos. Aunque comunes en aguas mexicanas, los fenómenos de mareas rojas y los organismos que las ocasionan han sido poco estudiados. Mencionan también que en los eventos tóxicos que se han presentado en nuestro país se considera que predominan los asociados con las toxinas causantes del envenenamiento paralítico, diarreico y amnésico por consumo de mariscos así como la ciguatera. Existe poca información acerca de estos eventos en Bahía de Banderas, el primer registro ocasionado por *Gymnodinium catenatum* fue en 1986, sin casos de intoxicación en Puerto Vallarta, Jal. Posteriormente se han presentado mareas rojas no tóxicas, en donde la especie predominante es *Mesodinium rubrum* y han sido de corta duración; sin embargo, a partir del año 2000 la frecuencia y duración cada vez es mayor, de tal manera que a finales del mes de marzo y principios de abril del 2001 se presentó una marea roja donde la especie predominante fue *Gymnodinium catenatum*. Con la finalidad de identificar las especies tóxicas y la composición específica de los afloramientos algales nocivos, realizaron 2 muestreos mensuales durante mareas vivas y muertas, utilizando una embarcación menor con un motor de 55 HP, emplearon un GPS para determinar la posición de las estaciones, determinaron 4 estaciones de muestreo: “La Cruz de Huanacastle”, Río Ameca, Río Cuale y “Los Arcos”, Jal. Las muestras se tomaron en cada estación utilizando una

botella de van Dorn a 3 profundidades de 0, 3 y 5 m, asimismo se realizaron arrastres horizontales en las estaciones de “La Cruz de Huanacastle” y “Los Arcos” utilizando una red cónica de 20 micras para los análisis cualitativos. Describieron las variables de temperatura, salinidad y transparencia del agua prevalecientes en el área de estudio. Los recuentos de células se hicieron utilizando cámaras Sedge-wick rafter de 1 ml. Los resultados muestran que la temperatura promedio fue de 22 °C en la columna de agua, la salinidad de 35 ‰ y la mayor abundancia se registró en “La Cruz de Huanacastle”, con una máxima densidad celular de 1870 cel/ml, con cadenas hasta de 67 células, esta microalga estuvo presente desde el mes de febrero del 2000.

c) Pacífico Tropical Mexicano Zona Centro

Ortiz *et al.* (1987), estimaron la diversidad y densidad fitoplanctónica de una marea roja ocasionada por *Ceratium furca* en la Bahía de Manzanillo, Colima en junio de 1986, para lo cual establecieron seis estaciones de dos niveles cada una. Los resultados arrojan una biomasa poco elevada (315,142.0 céls/l en la estación cuatro), de ésta el 84.2 % corresponde a *C. furca* y en la estación dos se localizaron 13,985 céls/l de las cuales *C. furca* solamente ocupó el 2.0%, mientras que en la estación seis se localizaron 5, 530, 000.0 céls/l, en ésta, el porcentaje de *C. furca* fue de 95.58%. Ellos mencionan que la biomasa disminuye con la profundidad dependiendo de las estación de muestreo; destacan que la diversidad, de acuerdo al índice de Shannon-Wiener, fue de 0.75 bits, sin embargo, uniendo las bahías de Manzanillo y Santiago aumenta hasta 1.01 bits, mientras que entre zonas la diversidad varía de 0.38 bits en las áreas de las manchas de marea roja hasta 3.04 bits en la zona más alejada de la línea costera. Establecen que las variables fisicoquímicas no muestran una tendencia que sugiera el origen de este fenómeno, la mayor biomasa de *Ceratium* se refleja en un mayor contenido de oxígeno; posiblemente algunos valores altos de las variables registradas muestren el efecto del florecimiento nocivo más no el origen del mismo.

Morales-Blake *et al.* (2000), registran para el invierno y primavera de 1999 mareas rojas en las bahías de Manzanillo, Col. Los muestreos durante el evento de mayor duración se llevaron a cabo cada media hora en la zona de mayor intensidad, mientras que en las de menor se realizó cada hora, los resultados muestran que estos fenómenos estuvieron dominados por *Gymnodinium catenatum*. Se exploraron también las condiciones oceanográficas mediante CTD en particular clorofilas y nutrientes; los efectos en los bañistas se manifestaron en forma de irritaciones cutáneas dependiendo de la sensibilidad de los individuos, no se presentaron intoxicaciones por consumo de productos marinos. El fenómeno tuvo una duración aproximada de tres meses, alcanzando en ocasiones a cubrir tanto la Bahía de Manzanillo como la de Santiago. A partir de enero y febrero del 2000 se desarrollo otro evento dominado por especies de los géneros *Ceratium* y *Cochlodinium*, la frecuencia y duración de éstos, así como su cobertura se han incrementado en los últimos años en la localidad estudiada.

Morales *et al.* (2002), utilizando imágenes SeaWIFS analizan las proliferaciones fitoplanctónicas en la zona costera del Pacífico Central Mexicano. Con este estudio pretenden establecer la distribución espacial y la magnitud de los fenómenos, analizando información generada por el sensor SeaWIFS en la zona costera comprendida entre los estados de Michoacán, Colima y Jalisco, para lo cual utilizaron datos L1A LAC, procesados para L2. Obtuvieron las estimaciones de clorofila-a y concentración total de pigmentos, empleando los algoritmos bio-ópticos y de correlación atmosférica del programa SeaDAS (v.4.2). Los resultados arrojan datos correspondientes al mes de marzo del 200, detectándose amplias zonas con proliferaciones fitoplanctónicas que cubren la región estudiada. Los valores de clorofila oscilaron entre los 2.0 y 10.0 mg/m³ con una extensión de más de 350 km a lo largo de la zona costera y superan los 25.0 mg/m³ en la zona oceánica. Los datos más altos se presentaron en la parte norte de la costa de Jalisco y en particular frente a Cabo Corrientes, influenciados posiblemente por una surgencia que se genera en este lugar. Las elevadas concentraciones de clorofila en la zona costera

coinciden con una disminución de las temperaturas del agua marina superficial y del aire.

Ortiz *et al.*, (2002), presentan un análisis de las mareas rojas en las costas de Manzanillo, Colima, durante el año de 2001, en el cual mencionan que los organismos causantes de las mismas fueron: *Mesodinium rubrum* para marzo, *Peridiniella catenata* en abril, *Lingulodinium polyedrum* apareció en julio y *Cochlodinium polykrikoides* en diciembre. De éstos, excepto *Mesodinium*, son reportados como tóxicos, sin embargo, para el caso de Manzanillo, Col., no existen reportes de intoxicación humana y solo se hallan reportes de mortandad de peces a causa de *Cochlodinium polykrikoides*. Observaron que *Mesodinium rubrum* se relaciona con temperaturas bajas y coincide con los incrementos diatoméicos de primavera. Mencionan que los eventos tuvieron una duración de 15 días y al parecer el fenómeno fue regional, ya que está reportado en otros estados del litoral del Pacífico mexicano.

d) Pacífico Tropical Mexicano Zona Centro (Michoacán)

Alvarado *et al.* (1996), a partir de muestras de fitoplancton de las playas de “El Salto” y “El Naranjito” del municipio de Aquila, Mich., durante una “Marea Roja”, detectaron que ésta estuvo dominada por *Ceratium tripos* var. *ponticum*, seguida de *Pyrodinium bahamense*, sin embargo, no se pudo definir la toxicidad de la misma debido a la falta de análisis de toxinas en otros organismos filtradores o en peces.

Ramírez *et al.*, (1996), detectan frente a las costas michoacanas (18° 00' - 103° 00') a 8.2 millas náuticas al sur de la localidad de Huahua, municipio de Aquila, Mich., un evento de marea roja producido por *P. bahamense* var *compressum*, mencionando altas concentraciones de toxina (80549 mg 100 g⁻¹), en *Striostrea prismatica* (= *Ostrea iridescens*) (ostión de roca), aludiendo que este evento en comparación

con reportes de otros años se desarrollo más temprano (en otoño), tuvo una mayor duración y fue más tóxica.

Alvarado y Ceballos (1997), reportan la primera mortalidad masiva de tortuga negra para el Pacífico Mexicano ocurrido en el invierno de 1995 en “Tierra Colorada”, Gro; en el mismo período ocurrieron episodios de marea roja en las costas de los estados de Guerrero (Bahía Petacalco) y Michoacán (Playa Azul). Los mismos mencionan que aunque la evidencia es circunstancial, la coincidencia espacio-temporal entre estos dos eventos sugiere a la marea roja provocada por *Pyrodinium bahamense* var. *compresa*, como el agente causante de la mortalidad.

e) Pacífico Tropical de México Zona Sur

Gómez-Aguirre (1998), presenta los primeros registros sobre mareas rojas en las costas del Pacífico mexicano. Menciona que de 1980 a 1992 se presentaron 14 mareas rojas en ambos litorales de México; destaca también que no todos los eventos pudieron considerarse como tóxicos, entre las especies que si provocaron mortandades se encuentran *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* y *Gymanodinium catenatum* en especial para el Pacífico Mexicano; establece que los tamaños relativos de las manchas de marea roja variaron de 100 ha (tóxica) a 8000 km² (tóxica), con densidades de 17 000 000 y 1 090 000 céls/l respectivamente.

Ronsón (1999), en su trabajo sobre mareas rojas en el litoral del sureste mexicano menciona que, las costas de Oaxaca representan el segundo caso nacional de toxicidad; dicho fenómeno se detectó entre mayo y julio de 1984 en las Bahías de Huatulco (San Agustín, Santa Cruz y Tangolunda), el mismo provocó una gran mortandad de invertebrados y pequeños peces, al grado de hacer irrespirable el ambiente a consecuencia de la putrefacción de estos y a la liberación de gases tóxicos. Menciona que los organismos más dañados en orden de importancia fueron: la comunidad fitoplanctónica, crustáceos, equinodermos y pequeños peces, las consecuencias para 1989 pasaron a mayores problemas ya que se detectaron 99 intoxicaciones y tres decesos humanos en las costas del Golfo de Tehuantepec,

además de que en moluscos bivalvos como son *Striostrea prismatica* (= *Ostrea iridescens*) y *Choromitilus pallipunctatus* se encontraron niveles de saxitoxina por arriba de los 400UR que es el máximo permisible para su consumo. Dichos fenómenos se han venido repitiendo más o menos de una manera periódica anual y en los cuales han proliferado especies como: *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, *Gymnodinium catenatum*, *Gonyaulax catenella*, *Mesodinium rubrum*, *Gonyaulax polyedra*, *Noctiluca scintillans* y especies de *Ceratium* y *Prorocentrum*.

Herrera (2002), con el propósito de reconocer las especies tóxicas en la zona aledaña del Río Copalita, realiza muestreos mensuales de diciembre de 1997 a octubre de 1998. Estableció seis estaciones en el área de estudio de hidrocalas de 0, 10, 20, 30, 40 y 50 m de profundidad empleando botellas van Dorn. Las muestras de agua colectadas se fijaron en acetato-lugol para la determinación posterior de especies de dinoflagelados hasta el nivel taxonómico máximo posible utilizando claves y trabajos especializados. De acuerdo a los resultados se registraron nueve especies reportadas por la literatura como tóxicas: *Ceratium furca*, *C. fusus*, *Gymnodinium* aff. *sanguineum*, *G. catenatum*, *Gonyaulax polyedra*, *G. polygramma*, *Gyrodinium spirale*, *Prorocentrum* aff. *mexicanum* y *P. micans*. Las concentraciones fueron menores de 1×10^6 céls/l, no presentando un factor de riesgo para la salud humana, excepto *G. catenatum*, que produce la toxina paralítica PSP, la cual en el mes de octubre de 1998, fue la responsable de un episodio de “marea roja” sin consecuencias y cuya concentración promedio fue de 4×10^6 céls/l en la franja costera desde Puerto Escondido hasta playa Tangolunda (Huatulco). Se considera que en un momento dado la presencia de estas especies aunada al ambiente fisicoquímico sea capaz de propiciar floraciones fitoplanctónicas tóxicas que puedan implicar problemas económicos y de salud pública.

Otros trabajos, han sido orientados al análisis de los eventos de florecimientos nocivos a lo largo de las costas mexicanas es el caso de:

Cortés (1998), quien hace una recopilación de las mareas rojas, incluyendo una explicación de los procesos de concentración de organismos causantes de estos eventos y otras proliferaciones nocivas del plancton, además de capítulos de toxicología y evaluación de toxinas, proporcionando información sobre sintomatología y tratamiento de los envenenamientos. Para saber diferenciar los efectos de las toxinas y los trastornos gástricos de origen bacteriano ocasionados por consumo de mariscos. En este trabajo incluye una sistemática actualizada con referencias bibliográficas de cada especie tratada y las reubicaciones taxonómicas recientes, en el mismo menciona que hacia la costa sureste del Pacífico en México cuando menos 20 años antes 1998, no se tenían o eran raros los reportes de mareas rojas. Sin embargo, del 7 al 21 de diciembre de 1989 se observaron por primera vez mareas rojas en las costas de Chiapas y Oaxaca las cuales estuvieron producidas por *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* y por primera vez para esta zona se les relaciona con áreas de surgencia. Entre 1990 a 1994 se han podido detectar nuevos eventos de estos fenómenos en la Bahía de Acapulco en los cuales también estuvo involucrado *P. bahamense* var. *compressum*, lamentablemente para esta ocasión se reportan descensos humanos, tal situación abarcó desde la zona de Chiapas hasta el Puerto de Lázaro Cárdenas en Michoacán; cabe mencionar que en otros tantos eventos se involucraron otras especies como *Mesodinium rubrum*, *Noctiluca scintillans*, *Ceratium furca*, *Gymnodinium splendens* (*G. sanguineum*), con densidades que variaron de 0.3 a 5.3×10^4 céls/l en varias localidades cercanas a las costas michoacanas (Manzanillo, Col., Zihuatanejo y Petacalco en Guerrero).

Herrera y Ojeda (1999), quienes mencionan que ciertas especies de dinoflagelados causantes de marea roja pueden enquistarse y establecerse en el sedimento marino. Después de semanas, meses e incluso años, los quistes de algunas especies pueden ser viables. Cuando la temperatura es cálida y existe un incremento en la intensidad de la luz, los quistes "germinan", se abren y la célula emerge nadando. Si las condiciones permanecen óptimas, las células continúan dividiéndose en forma exponencial, hasta el grado de que una célula puede llegar a producir de 6000 a 8000 células en una semana, establecen que las mareas rojas aunque pueden ser

frecuentes, en general son impredecibles y de permanencia o duración corta e irregular. En México, tanto en el océano Pacífico como en el Golfo de México se presentan las llamadas mareas rojas, aunque se ha visto que las mareas rojas se han reportado con mayor frecuencia. También existen florecimientos algales no tóxicos, los cuales generalmente no presentan peligro, aunque pueden llegar a ser nocivos cuando la densidad celular es tan elevada que favorece la disminución de oxígeno disuelto, la liberación de polímeros y la oclusión de branquias en peces y moluscos, dando como resultado su mortalidad masiva, así como la de otros organismos. En las mareas rojas mexicanas se han registrado densidades de 0.5 a 36 millones de células de fitoplancton por litro, pero el intervalo más común de abundancia para considerar un florecimiento algal como marea roja es entre 5 y 20 millones de células por litro. Las especies más comunes de fitoplancton que se presentan en las mareas rojas mexicanas son *Prorocentrum dentatum* y *P. minimum*, *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, *Gymnodinium catenatum*, *Gonyaulax polyedra*, *Alexandrium* sp. y *Ptychodiscus brevis*.

Orellana (2002), presenta una propuesta de nomenclatura para identificar el daño potencial del fitoplancton marino en bases de datos, en la cual menciona que en la actualidad se reconocen alrededor de cuatro mil especies que se caracterizan por su capacidad para fotosintetizar en condiciones favorables. Refiriere que la mayoría constituye la principal fuente alimentaria de otros protoctistas y larvas planctívoras tanto de invertebrados como de vertebrados. De éstas solo el 6 % pueden provocar mareas rojas y tan solo menos del 2 % de ellas son tóxicas. La propuesta, aplicable a los fenómenos nocivos de las costas mexicanas, contiene 19 categorías a saber: 1) causa anoxia en el ecosistema; 2) causa daño a larvas de invertebrados; 3) causa mortandad en moluscos bivalvos; 4) causa mortalidad de mamíferos marinos; 5) colorea el agua; 6) ictiotóxica; 7) productora de mucílago; 8) productora de toxinas paralizantes en el hombre (PSP, saxitoxina y/o sus derivados); 9) productora de toxinas que afectan la memoria del hombre (ASP, ácido domoico y sus derivados); 10) productora de toxinas que provocan diarrea en el hombre (DSP, ácido okadaico y sus derivados); 11) productora de neurotoxinas (NSP, neurotoxinas); 12) productora

de ciguatera (CGX, ciguatoxina); 13) productora de maitotoxina (MTX); 14) puede ser tóxica; 15) se relaciona con efectos nocivos en el medio; 16) se relaciona con mortalidades de invertebrados bentónicos; 17) se relaciona con mortalidad de peces; 18) se relaciona con mortalidad de aves; 19) toxicidad no comprobada. La aplicación de esta nomenclatura especifica el efecto que puede causar una especie del fitoplancton y permite prevenir daños en la salud humana y al medio en programas de monitoreo.

Ochoa (2003), lleva a cabo un análisis de la influencia de “El Niño” en la dinámica y características de las “Mareas Rojas” tóxicas en México, a través del cual se proporciona una explicación parcial del espectro de toxinas marinas detectadas en el litoral mexicano; menciona que los casos de envenenamiento en humanos (más de 500 con 20 muertes en los últimos 25 años), y el impacto en la vida silvestre (numerosos casos de mortandades masivas de peces, aves marinas, mamíferos marinos, tortugas marinas, etc.) derivados de la exposición a toxinas producidas por el fitoplancton marino, se encuentran ampliamente documentados y aún así resulta imposible generalizar respecto al efecto directo del fenómeno de “El Niño” sobre su incidencia, frecuencia y magnitud de las proliferaciones microalgales nocivas en nuestro país. Asevera que por la posición geográfica y las condiciones socioeconómicas que imperan, el impacto de las proliferaciones microalgales nocivas es severo. Plantea la necesidad de investigar a fondo las proliferaciones en México para evaluar y mitigar su impacto.

3. HIPÓTESIS

Si los dinoflagelados potencialmente nocivos han sido reportados desde el Golfo de Tehuantepec al Puerto de Lázaro Cárdenas, Mich., y desde Boca de Apiza, Mich., hasta el Golfo de California, entonces es factible que estas especies también se encuentren y formen mareas rojas entre “Boca de La Necesidad” (desembocadura del río Balsas) y “Boca de Apiza” (desembocadura del río Coahuayana) en la costa del estado de Michoacán.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Llevar a cabo un análisis de los dinoflagelados potencialmente nocivos del fitoplancton en la costa de Michoacán (Boca de La Necesidad y Caleta de Campos del municipio de Lázaro Cárdenas y Faro de Bucerías del municipio de Aquila), durante el período enero-mayo del 2004.

4.2. Objetivos Específicos

- Identificar los dinoflagelados considerados como potencialmente nocivos para realizar un listado sistemático de los mismos.
- Elaborar una lista comentada de los dinoflagelados potencialmente nocivos, que incluya descripciones morfométricas, grado de nocividad, posible época de aparición y distribución geográfica.
- Realizar una evaluación de la comunidad de dinoflagelados potencialmente nocivos (abundancia, frecuencia, dominancia, valor de importancia, diversidad alfa y diversidad beta).
- Efectuar un análisis de las variables fisicoquímicas (temperatura, salinidad, transparencia, pH, oxígeno disuelto, fosfatos, nitritos y nitratos) para establecer las posibles relaciones con la comunidad de dinoflagelados potencialmente nocivos.

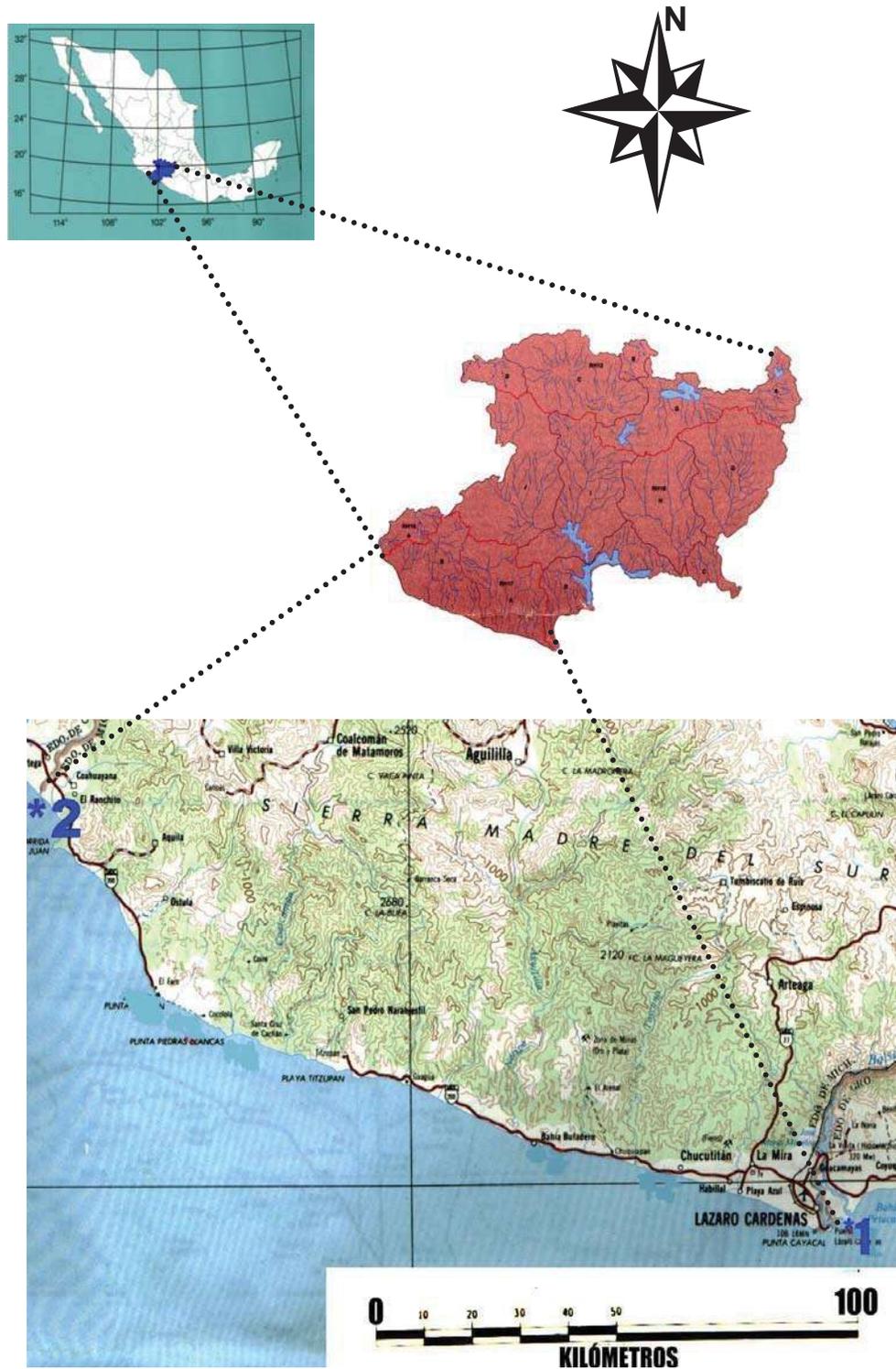
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.1. Localización Geográfica

La Costa Michoacana forma parte del litoral de la República Mexicana en el Océano Pacífico. Se ubica desde la Boca de San Francisco, que se encuentra al este del Delta del Río Balsas hasta Boca de Apiza, localizada en la desembocadura del Río Coahuayana. Abarca un área de aproximadamente 264 km y queda comprendida políticamente en los municipios de Lázaro Cárdenas, Aquila y Coahuayana, se ubica entre los paralelos 17° 52' 30" y 19° 00' de latitud norte y los meridianos 102° 07' 30" y 103° 45' 00" de longitud oeste (Fig. 1), (INEGI, 1983a).

5.2. Fisiografía

De acuerdo a INEGI (1985a), la zona de estudio se ubica en la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur y en la subprovincia Costa del Sur. El conjunto de sierras que integra esta subprovincia se extienden a lo largo de las costas michoacanas, guerrerenses y oaxaqueñas, desde la desembocadura del Río Coahuayana (Límite entre Michoacán y Colima), hasta el puerto de Salina Cruz, Oax. El territorio michoacano está representado principalmente por sierras bajas de origen sedimentario, volcánico y metamórficos, y algunos valles y llanuras formados con materiales aluviales. De acuerdo a criterios climáticos y oceanográficos (De la Lanza, 1991) la costa michoacana se encuentra inmersa en la región del Pacífico Tropical Mexicano, correspondiendo a la parte central del mismo.



*1: Boca de La Necesidad (desembocadura del río Balsas); *2: Boca de Apiza (desembocadura del río Coahuayana)

Figura 1. Localización del Área de Estudio

5.3. Geología

El litoral Michoacano sufrió una emersión reciente, durante el Cretácico Inferior. Las aguas cubrían la mayor parte del territorio michoacano, el cual emergió durante el Eoceno, en tanto que durante el Cenozoico surge el litoral Pacífico mexicano como se conserva hasta la actualidad. La costa esta caracterizada por rocas ígneas extrusivas tales como las andesitas y tobas de composición intermedia; además de presentarse rocas metamórficas de bajo grado dentro de las facies de esquistos verdes donde es común la clorita y la epidota. En algunos sitios presenta lavas de almohadilla, brechas y litarenitas volcánicas, mientras que en otros sectores son comunes las secuencias volcano-sedimentarias. En la zona costera se pueden encontrar combinaciones de rocas detríticas, destacando las areniscas, conglomerados y limonitas asociados a ambientes fluviolacustres. (INEGI, 1983b)

5.4. Edafología

Los suelos que se encuentran en la línea de costa del litoral michoacano se caracterizan por depósitos recientes de playa, constituidos por arena de grano fino a medio cuyos componentes principales son fragmentos de cuarzo, feldespato, líticos y fragmentos de conchas. Las arenas son generalmente subredondeadas y presentan algunos caparazones de organismos recientes o bien restos de corales, también se localiza suelo aluvial que incluye a los depósitos aluviales y proluviales del área. Los depósitos están constituidos por fragmentos líticos erosionados a partir de rocas intrusivas y extrusivas; dentro de los minerales destacan los fragmentos de plagioclasa, de cuarzo y de micas. La granulometría de estos depósitos es ampliamente variable y tienen una redondez que varía de subangulosos o subredondeados, esta unidad se encuentra rellenando los valles fluviales o formando planicies aluviales. Los suelos predominantes fuera de la línea de playa son regosoles eutrícos con una fase física lítica y de textura gruesa, presentándose también litosoles, redzinas y en menor proporción feozen háplico y regosol calcárico

con fase textural media. En desembocaduras de ríos y arroyos predominan fluvisoles eutrícos con fase textural gruesa. (INEGI 1983c)

5.5. Oceanografía

5.5.1. Hidrología Superficial Costera

La región hidrológica “Costa de Michoacán”, está ubicada totalmente dentro de la entidad y comprende las corrientes que están situadas entre los ríos “Coahuayana y Mezcala”, y que desembocan al Océano Pacífico. El “Río Nexpa y otros”, al cual le corresponden las subcuencas intermedias “Sin nombre”, “Río Carrizal o Acalpican”, “Río Chuta”, “Río Nexpa”, “Río Ahuindo” y “Río Popoyuta” (García 1998). El “Río Cachán o Coalcomán”, abarcando las subcuencas: “Río Mameyera y Tupitina”, “Río Cachán o Coalcomán”, “Río Ostula”, “Río Aquila”, y Río Cacolula y Coire o Maruata” (INEGI, 1985b).

5.5.2. Batimetría

El examen de la carta batimétrica para el Pacífico Tropical Mexicano muestra una plataforma continental limitada por la isóbata de 200m de escasa superficie; la región pelágica limitada por las isóbatas de 200 a 300m es también de área corta, indicio de que el declive submarino es muy profundo. La región abismal presenta profundidades de más de 3000m ocupando una amplia extensión y las profundidades de más de 4000m se agrupan formando fosas frente al litoral (De la Lanza, 1991).

La zona que corresponde a la costa michoacana, se caracteriza por presentar áreas donde la plataforma es prácticamente nula, además de profundos cañones submarinos que cortan la misma (Cañones de Manzanillo y Lázaro Cárdenas), la Dorsal del Pacífico Este y la Fosa de Petacalco donde se ubican profundidades de hasta 4,200m (SecMar, 2002a).

5.5.3. Corrientes

La región del litoral michoacano se ve influenciada por diferentes corrientes entre las que destacan: La Corriente de California de aguas frías y cuya mayor manifestación se presenta hacia el invierno y principios de primavera, propiciada por los vientos Alisios del Noroeste, las aguas frías y poco salinas de esta corriente tienen entonces gran influencia sobre las condiciones termohalinas de la zona. Las aguas cálidas y menos salinas se presentan durante el verano y otoño en la parte superficial, lo cual se atribuye a la Corriente Costanera de Costa Rica, cuya mayor expresión se da en el período de julio – diciembre, además del efecto de dilución de la salinidad por el régimen de lluvias de verano. En este sentido, en la zona costera Michoacán se manifiestan los siguientes tipos de masas de agua: Agua Tropical Superficial (ATS), Agua Superficial Ecuatorial (ASE), Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt) y Agua Intermedia del Pacífico (AIP), con lo cual se corrobora la presencia de la Corriente Costanera de Costa Rica (ATS y ASsSt), (SecMar, 2002a).

5.5.4. Mareas

El régimen de mareas es micromareal mixto, ocurriendo generalmente dos pleamares y dos bajamares en cada día de marea y en la ocurrencia de los cuartos menguante y creciente, la marea se convierte en diurna unos días antes y después de dichas fases. El área de estudio se localiza entre dos estaciones mareográficas, la del Puerto de Manzanillo, Col., con una amplitud de marea de 0.40 m y la del Puerto de Lázaro Cárdenas, Mich., con una amplitud de marea de 0.27 m siendo este lugar donde se presentan las amplitudes más bajas del Pacífico Mexicano (Grivel, 1983).

5.5.5. Transparencia

En algunos puntos de muestreo de la costa Michoacana y hacia mar adentro la transparencia oscila entre los 10 y 23 metros de profundidad, variando también de acuerdo a la estación del año y de la ubicación del sitio de muestreo (SecMar, 1978).

La presencia de varios ríos, lagunas costeras y esteros en esta zona, representa un importante aporte de sedimentos de origen continental, lo cual influye directamente en la transparencia de las aguas del litoral aunado a las diferentes épocas del año se tiene entonces una variación amplia de la transparencia como lo muestra Ceballos y Canedo (1995) para el caso de la Bahía de Maruata donde se manifiesta una ligera disminución hacia el verano como consecuencia del aumento de sólidos suspendidos debido a la temporada de lluvias.

5.5.6. Temperatura

La temperatura en la zona de estudio entre los cero y 43 m de profundidad varía de 29.0 °C (verano) a los 19.0 °C (primavera) manteniéndose esta condición hasta 1.6 mn de la línea de costa. Estas temperaturas varían drásticamente después de los 100 m de profundidad alcanzando hasta los 9.0 °C a profundidades aproximadas de 600 m. Sin embargo, hacia el Puerto de Lázaro Cárdenas esta condición se ve modificada, puesto que para el otoño se reportan temperaturas superficiales (0-50 m) de 26.0 °C, incluso a una distancia de la línea de costa de 5.5 mn. Mientras que las temperaturas de aguas subsuperficiales alcanzan los 16.8 °C (hasta los 200 m), y las aguas profundas (de 300 a 350 m) presentan una temperatura de 12.0 °C (SecMar, 2002a).

5.5.7. Salinidad

La salinidad en la zona varía desde 34.00 ups hasta los 34.6 ups entre los cero y 150 m de profundidad y a una distancia de la línea de costa de hasta 5.5 mn, su variación con la profundidad no es notoria, ya que a profundidades mayores de 600 m las aguas tienen una salinidad de 34.7 ups, situación que se hace notoria en la parte norte de la costa michoacana para el período de noviembre a diciembre. Esta salinidad tiene modificaciones hacia el sur a medida que se acerca a la desembocadura del río Balsas (SecMar. 2002a); las más altas y más bajas salinidades a nivel superficial, han sido reportadas para la Bahía de Maruata, 35.5

ups para el invierno y 29.4 ups para el otoño respectivamente (Ceballos y Canedo, 1995).

5.5.8. Oxígeno Disuelto y Nutrientes

En el Cuadro 1 se muestran los valores para oxígeno disuelto (OD), amonio (NH_4), nitratos (NO_3), nitritos (NO_2) y ortofosfatos (PO_4), para el período noviembre-diciembre de 1999 en la zona de estudio (SecMar, 2002b).

Cuadro 1. Variables Ambientales (Oxígeno y Nutrientes) para la Zona de Estudio en el Período Noviembre-Diciembre de 1999

Localidad	San Juan de Alima		Maruata		Playa Chuta		Boca de La Necesidad	
	5 m	25 m	5 m	25 m	5 m	25 m	5 m	25 m
Oxígeno Dis. ($\text{O}_2\text{ml l}^{-1}$)	5.2-4.7	0.0-4.0	4.7-5.2	1.6-4.0	5.2-5.6	1.6-2.4	5.2-5.6	1.6-2.4
Amonio ($\text{NH}_4 \mu\text{M}$)	2.3-7.8	1.5-9.0	3.4-4.5	3.0	3.4-4.5	3.0-4.5	3.4-4.5	3.0-7.5
Nitratos ($\text{NO}_3 \mu\text{M}$)	21.0-25.0	16.0-30.0	21.0-25.0	16.0-37.0	21.0-25.0	9.0-16.0	25.0-29.0	16.0
Nitritos ($\text{NO}_2 \mu\text{M}$)	0.0-0.20	0.17-0.69	0.20-0.30	0.17-0.56	0.10	0.17-0.30	0.10-0.20	0.17-0.69
Fosfatos ($\text{PO}_4 \mu\text{M}$)	0.0-3.0	0.0-3.6	3.0-6.0	0.0-3.6	3.0	0.0-3.6	3.0	0.0-3.6

Para el caso de la Bahía de Maruata, Ceballos y Canedo (1995), reportan valores de oxígeno disuelto y nutrientes horizontalmente, que varían con relación a las épocas del año (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables Ambientales (Oxígeno Disuelto y Nutrientes) en la Bahía de Maruata, Mich. para el Período Verano 1984-Primavera 1985

Época/Variable	O ₂ (mg/l)	NO ₃ (µg-át/l)	NO ₂ (µg-át/l)	NH ₄ (µg-át/l)	PO ₄ (µg-át/l)
Verano	9.1	1.34	0.35	4.8	0.56
Otoño	7.8	3.41	0.39	4.1	1.43
Invierno	7.3	6.25	0.10	5.5	1.10
Primavera	6.1	15.2	0.64	5.1	1.15

5.6. Clima

La región costera del estado de Michoacán presenta un subtipo Aw₀”(w)(i’)g, cálido, el más seco de los subhúmedos con lluvias en verano, con sequía intraestival, un porcentaje bajo de lluvia invernal, oscilación anual de la temperatura media mensual entre 5° y 7 °C y marcha tipo ganges. La precipitación es de 600 a 800 mm anuales, la época de lluvias corresponde en general a los meses de mayo a octubre, intensificándose desde julio a septiembre, siendo enero el mes de menor precipitación y julio el de mayor, la humedad relativa es más o menos elevada (Ceballos, 1988).

En toda la costa michoacana las temperaturas oscilan entre los 18 °C y 33 °C; las isoyetas medias van de 75-100 mm y 1000 mm en los meses de noviembre-abril y mayo-octubre respectivamente. Hacia el sur se presenta una precipitación mínima de 25 a 50 mm coincidiendo con la parte norte, en tanto que la precipitación máxima en la parte sur es de 1000 a 1200 mm y en el norte va de 900 a 1000 mm, mientras que para el centro las precipitaciones mínimas son de 50 a 100 mm y las máximas de 900 mm a 1200 mm (INEGI, 1989).

5.7. Vegetación

5.7.1. Fitoplancton Marino

Es importante considerar los elementos vegetales microscópicos del agua, como es el caso del fitoplancton, que para el caso de la bahía de Maruata se han reportado, entre otras, las siguientes especies: *Oscillatoria erythraea*, *Richelia intracellularis*, *Amphisolenia bidentata*, *Ceratium furca*, *C. breve*, *C. extensum*, *C. macroceros*, *C. deflexum*, *C. trichoceros*, *C. carriense*, *Noctiluca scintillans*, *Dinophysis caudata*, *D. ovum*, *D. doryphora*, *Diplopsalis asymetrica*, *Blepharocysta splendor-maris*, *Protoperidinium depressum*, *P. oceanicum*, *P. pentagonum*, *P. diabolus*, *P. quarnernce*, *P. minutum*, *Pyrophacus horolongium*, *Pyrodinium bahamense*, *Prorocentrum micans*, *Pyrocystis fusiformis*, *P. noctiluca*, *P. lunula*, *Ornithocercus steinii*, *O. serratus*, *O. magnificus*, *Coscinodiscus granii*, *C. subtilis*, *C. wailesii*, *C. asteronphalus*, *Planktoniella sol*, *Chaetoceros affinis*, *Ch. descipiens*, *Ch. leavis*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. messanensis*, *Ch. coarctatus*, *Thalassiothrix mediterranea*, *Thalassionema nitzschiodes*, *Rhizosolenia styliiformis*, *R. stolterfothii*, *R. calcar-avis*, *R. imbricata*, *Streptotheca thamensis*, *Climacodium biconcabum*, *Hemiaulus membranaceus*, *Climacosphenia moniligera*, *Navicula membranacea*, *Asterionella japonica*, *Licmophora abbreviata*, *L. flavellata*, *Nitzschia closterium*, *N. pacifica*, *N. pungens*, *N. seriata*, *Pleurosigma aestuarii*, *P. angulatum*, *P. normanii* (Ceballos, 1988).

5.7.2. Algas Bénticas

Entre las algas bénticas que se pueden encontrar en la costa del estado de Michoacán están: *Bryopsis hypnoides*, *Caulerpa racemosa*, *Centroceras*

clavulatum, *Chnoospora minima*, *Chaetomorpha antennina*, *Chaetomorpha capillaris*, *Cladophora sericea*, *Codium geppiorum*, *Codium gjirafa*, *Amphiroa zonata*, *Jania adhaerens*, *Prionitis cornea*, *Padina crispata*, *Padina durvillaei*, *Grateloupia doryphora*, *Hypnea pannosa*, *Ralfsia pacifica*, *Tayloriella dictyurus*, *Enteromorpha compressa*, *Enteromorpha intestinalis* y *Ulva lactuca*. (Ceballos, 2000)

5.7.3. Vegetación Costera

Guevara (1981), menciona los siguientes tipos de vegetación para la costa michoacana:

a) Asociaciones de dunas costeras

En esta comunidad por lo regular las formas de vida dominantes son gramíneas. Otras veces dominan arbustos medianos, o bien herbáceas perennes y postradas con subarbustos, y en ocasiones se localizan crasicuales, otras especies son: *Ipomoea pes-caprae*, *Distichlis spicata*, *Okenia hipogea*, *Prosopis juliflora*.

b) El Manglar

Dominado por el “mangle botoncillo” (*Conocarpus erecta*), y el “mangle blanco” (*Laguncularia racemosa*). Otras especies frecuentes son: *Acacia hindis*, *Bravaisia integerrima*, *Coccoloba barbadensis*, *Distichlis spicata*, *Hibiscus pernambucensis*.

c) Palmar de *Orbignya cohune*

Que se presentan sobre suelos arenosos profundos y con buen drenaje en partes cercanas al litoral. La especie dominante es *Orbignya cohune*; otros árboles que a veces se intercalan con el palmar son: *Annona sp*, *Ardisia compressa*, *Bravaisia integerrima*, *Bursera simaruba*, *Colubrina sp*, *Dendropanax arboreus*, *Guarea sp*, *Ficus padifolia*, *F. glabrata*. De las especies de *Ficus* algunos individuos se comportan como matapalos.

d) Bosque Tropical Caducifolio, Bosque Tropical Subdeciduo y el Matorral Mediano Subinerme

Este tipo de vegetación se observa fuera de la línea costera y se encuentra fuertemente perturbado por actividades agrícolas muy destructivas y poco productivas.

5.8. Fauna Acuática

5.8.1. Zooplancton

Este grupo de animales ha sido poco analizado en la zona de estudio. Para la bahía de Maruata, González (1987), presenta un análisis del macrozooplanton mencionando que los grupos dominantes fueron copépodos, sifonóforos, briozoarios y cladóceros.

De un análisis de microzooplancton se ha podido detectar un cambio en cuanto a la dominancia y diversidad (Ceballos, 2002), los grupos dominantes fueron los ciliados con tintínnidos y vorticélicos; radiolarios y foraminíferos.

5.8.2. Moluscos

Alarcón (1993), menciona la existencia de 150 especies de gasterópodos en la costa michoacana de los cuales los de mayor importancia comercial de acuerdo a Guzmán *et al.* (1985) pertenecen a las familias strombidae (*Strombus gracilior*), murididae (*Muricanthus nigritus*), conidae (*Conus patricius*); mientras que para los bivalvos la familia importante es ostreidae *Striostrea prismatica* (= *Ostrea iridescens*).

5.8.3. Crustáceos

Dentro de este grupo, por su importancia comercial se pueden ubicar a *Penaeus vannamei*, *P. californiensis*, *P. brevirrostris*, *Evibacus princeps*, *Panulirus gracilis*, *Euphyllax robustus*, *Portunus xantusii*, *P. asper* y *Arenaeus mexicanus*. (Guzmán *et al.*, 1985), además de que pocos son los crustáceos terrestres reportados para la zona, Villarroel y García (2000), mencionan únicamente tres especies: *Cardisoma crassum*, *Gecarcinus quadiatus* y *G. planatus* llamados mollos.

5.8.4. Peces

La zona del litoral michoacano se caracteriza principalmente por la presencia de peces de la familia de los Áridos (“bagres o “cuatetes”), Góbidos, Mugílidos (“lisas”), Poeciliidos y Atherinidos. En las partes más bajas de la zona, donde tiene lugar la formación de bocas o estuarios también se presentan algunos peces marinos que temporalmente habitan estos cuerpos de agua entre los que se cuentan los “Jureles” (Familia Carangidae), “róbalos” (Familia Centropomidae), “mojarras” (Familia Gerreidae), “lenguados” ó “soles” (Familias Bothidae y Achiridae) entre otros (Medina *et al.*, 2000). Entre los peces de arrecife se pueden observar las familias Carcharinidae, Muraenidae, Ophichthidae, Clupidae, Antennaridae, Belonidae, holocentridae, Fistulariidae, Syngathidae, Scorpaenidae, Serranidae,

Priacanthidae, entre otras. (Domínguez 1997). Las especies de mayor importancia comercial son: *Citula dorsalis*, *Lutjanus guttatus*, *Cyclopsetta querna*, *Cynosciun phoxocephalus*, *C. reticulatus*, *Caranx caballus*, entre otras. (Guzmán, 1985)

5.8.5. Reptiles

Solamente se reportan cinco especies de reptiles para la zona (Alvarado y Huacuz, 1996), tres son especies de tortugas marinas: *Chelonia agassizi* (tortuga negra), *Lepidochelys olivacea* (tortuga golfina), *Dermochelys coriacea* (tortuga laud o siete filos) y aún cuando los autores mencionados no reportan a *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey), en 1983 se capturaron dos ejemplares juveniles de ésta tortuga cerca de Maruata; la quinta especie es una víbora marina *Pelamis platurus*.

5.8.6. Aves

De acuerdo a Villaseñor (1990), la avifauna costera incluye 256 especies, pertenecientes a 50 familias incluidas en 20 órdenes, sus familias más numerosas son: Emberizidae, Tyrannidae, Scolopacidae, Laridae, Accipitridae, Ardeidae y Anatidae.

5.9. Influencia Humana

Los terrenos son aptos para el desarrollo de agricultura mecanizada continua, esta clase agrupa terrenos que permiten la realización de las practicas de labranza con maquinaria agrícola y es posible obtener cuando menos dos ciclos al año, debido a la cantidad y distribución de lluvias, o a que las condiciones del terreno permiten el establecimiento de obras de riego, además en ellos es posible llevar a la práctica todos los demás tipos de utilización agrícola considerados (pueden efectuarse estas con implementos de tracción animal o en forma manual).

Se tienen terrenos que se ubican en regiones subhúmedas y semisecas en donde es posible obtener un ciclo agrícola durante un año, y por consiguiente se requiere de aplicación de riego completo a lo largo de la sequía, un porcentaje alto de terrenos no son aptos para ningún tipo de utilización agrícola. Esta clase agrupa aquellas tierras que por sus condiciones no permiten el desarrollo de ningún tipo de utilización agrícola. (INEGI, 1984).

De toda la zona costera solamente las áreas correspondientes al Puerto de Lázaro Cárdenas tienen desarrollada la industria, los desechos de éstas son arrojados al mar con un incipiente tratamiento de tipo primario, la zona a sufrido el derrame de varios contaminantes entre los que se incluyen sustancias producidas en la fabrica de fertilizantes y el derramamiento producido por el buque "Betula".

6. METODOLOGÍA

6.1. Actividades de Campo

6.1.1. Sitios de Muestreo

La elección de los sitios se basó en los siguientes criterios: la accesibilidad, información de las cooperativas de pescadores sobre la presencia de mareas rojas con anterioridad al presente estudio y la facilidad de utilizar embarcaciones. Las localidades se presentan en la Cuadro 3 y Figura 2.

Cuadro 3. Localización Geográfica del Área de Muestreo

Boca de La Necesidad, Mich	18°13'15"Lat. N - 102°30'45" Long. W
Caleta de Campos, Mich.	18°11'25"Lat. N - 102°05'46" Long. W
Faro de Bucerías, Mich.	18°20'03"Lat N - 104°31'11" Long. W



1: Boca de La Necesidad, 2: Caleta de Campos, 3: Faro de Bucerías

Figura 2. Ubicación de las Localidades de Muestreo

6.1.2. Colecta de Material Fitoplanctónico

Este se llevó a cabo durante los meses de enero a mayo del 2004. La periodicidad dependió de la presencia de eventos de mareas rojas o florecimientos de dinoflagelados en las localidades propuestas, lo cual se basó en muestreos anteriores al año 2003 entre la zona de Boca de La Necesidad hasta Caleta de Campos (Alvarado *et al.*, 1996 y Alvarado y Ceballos, 1997), y en las mareas rojas de la Bahía de Maruata y Faro de Bucerías reportadas por los pescadores que hasta el ciclo de febrero-abril del 2003 se han presentado de manera periódica.

6.1.2.1. Muestreo con Botella van Dorn

La colecta de material fitoplanctónico, de manera directa en todas las localidades, se hizo con una botella van Dorn de una capacidad de tres litros. El muestreo se llevó a cabo en dos niveles: a) superficial y b) límite de la zona fótica de acuerdo a la lectura del disco de Secchi y considerando lo mencionado por Ceballos y Canedo (1995) y SecMar (2002b), con respecto a la distribución de la productividad primaria y las variables ambientales en diferentes niveles de profundidad en la Bahía de Maruata, Michoacán y en general para la zona costera de Michoacán respectivamente.

Una parte de la muestra (un litro) se fijó con formol a una concentración final de 1% (Hernández-Becerril¹). Dos litros se trasladaron en hielo para su análisis en vivo, todo el material fue transportado al laboratorio de Biología Acuática “Javier Alvarado Díaz” de la Facultad de Biología de Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

6.1.2.2. Muestreo con Red de Arrastre

Este se llevó a cabo mediante un arrastre vertical, utilizando una red cónica con una longitud de 50 cm, diámetro del aro mayor de 29 cm y 39 μ m de abertura de malla, a bordo de una lancha con motor fuera de borda, por un período de cinco minutos a la

¹ Com. Pers. Dr. D.U. Hernández-Becerril, Laboratorio de Fitoplancton Marino, ICMyL, UNAM

velocidad más baja, en la base de la unión de los cabos de la red, se le adicionó un peso de aproximadamente tres kilos para mantenerla sumergida a la profundidad deseada y de esta manera realizar un muestreo vertical inclinado de la profundidad del disco de Secchi hacia la superficie.

Las muestras fueron fijadas con una solución final de formol al 4 % y se transportaron al Laboratorio de Biología Acuática “Javier Alvarado Díaz” de la Facultad de Biología de la UMSNH donde se procesaron.

6.1.3. Muestreo de Variables Ambientales

La colecta de agua para la determinación de las variables ambientales se llevó a cabo mediante un muestreador van Dorn horizontal, con una capacidad de tres litros, y a dos niveles de acuerdo a lo reportado por Ceballos y Canedo (1995) y SecMar (2002b); *in situ*, se tomaron los datos de: Profundidad con una sonda en metros, transparencia de Secchi (reportada en metros); temperatura mediante termómetro de mercurio (-10 °C a 110 °C), pH por colorimetría; salinidad mediante un Salinómetro (‰), oxígeno disuelto (mg/l) de acuerdo a la técnica de Winkler modificada para medio marino, fosfatos, nitratos, nitritos y amonio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) mediante colorimetría.

Una posterior corroboración de los nutrientes, excepto el amonio, se llevó a cabo en el laboratorio de análisis químico de la Comisión Nacional del Agua. Para esto, tres litros de agua de cada nivel fueron filtrados para eliminar organismos y sedimentos suspendidos ya que estos pueden generar alteraciones muy rápidas en las especies químicas. Además se agregó una gota de cloroformo para matar a los organismos que pudieran haber pasado por el filtro (Merino, 2000), una vez filtradas y fijadas las muestras fueron transportadas a baja temperatura.

6.2. Actividades de Laboratorio

6.2.1. Observación y Determinación de Material Fitoplanctónico

6.2.1.1. Observación en Vivo

Este método se realizó *in situ*, para lo cual el material colectado se transportó a bajas temperaturas. Su observación se efectuó con microscopio de luz, con objetivos de 10X, 40X y 100X y oculares de 10X.

6.2.1.2. Observación de Material Fijado

a) En microscopía óptica (MO) se utilizó el material capturado con red, para lo cual se recurrió al uso de objetivos de 10X, 40X, 100X y oculares de 10X. Para una mejor observación de las tecas se empleó el azul tripano, lo que permitió acentuar las placas de los organismos, ya que son de importancia taxonómica; también se llevó a cabo una separación de organismos de una misma especie para poder disociar las placas y llevar a cabo una mejor determinación de los ejemplares (Boltovskoy, 1995a).

b) En microscopía electrónica de barrido (MEB), previa a la utilización del MEB se realizó una limpieza del material de red, la cual consistió primeramente en varios enjuagues con agua tridestilada mediante centrifugación a 2500 rpm y sus respectivas decantaciones. Una vez eliminadas las sales se procedió a la destrucción de materiales mucilaginosos segregados por las microalgas o materia orgánica presente, para lo cual se utilizaron mezclas de agua-acetona siguiendo las recomendaciones de Boltovskoy (1995b).

El secado del material se efectuó a temperatura ambiente y se llevó a cabo previo al metalizado, para lo cual se colocaron gotas del material previamente limpiado, en cilindros de cobre, dejándose en áreas libres de polvo por un período de 24 a 36

horas. Una vez seco el material se procedió a su metalización mediante rociado iónico de cobre (Boltovskoy, 1995b; Solorio, F.²).

6.2.1.3. Identificación de los Dinoflagelados

La identificación de los dinoflagelados se realizó conforme a las siguientes obras: Jörgensen (1920), Graham (1942), Osorio (1942), Graham and Bronikovsky (1944), Balech (1949, 1951, 1956, 1962, 1973, 1974, 1988), López (1955), Abé (1967), Sournia (1967, 1986), Subrahmanyam (1968), Wall and Dale (1968), Dodge (1975, 1982, 1985, 1987, 1989), Hassan (1976), Taylor (1976, 1987), Carbonell (1979, 1982), Muñoz y Avaria (1980), Burns and Mitchell (1982a y b), Dowidar (1983), Iltis et Couté (1984), Hernández (1985a, 1985b, 1988, 1989, 1991, 1992,), Takayama (1985), Economou-Amilli (1986), Larsen and Moestrup (1989, 1992), Figueroa (1990), Fukuyo *et al.* (1990), Hallegraeff (1991), Larsen and Sournia (1991), Fensome *et al.* (1993), Licea *et al.* (1995), Steidinger and Tangen (1997), Faust (1998a), Faust and Steidinger (1998b), Bérard-Therriault *et al.* (1999), Faust (1999), Hernández-Becerril and Meave del Castillo (1999), Fukuyo (2000), Hernández-Becerril *et al.* (2000), Hoppenrath (2000), Faust and Gulledge (2002) y Meave del Castillo *et al.* (2003).

La cantidad de muestra a observar para la identificación se estableció considerando un tamaño mínimo por el método de curva de área-especie, en la que el número de especies acumulado se representa en ordenadas y en abscisas el volumen examinado. Al interpretar esta curva se determinó un mínimo de 15 gotas a revisar ampliándose a 24 para evitar cualquier sesgo, obteniéndose la relación del número de especies con respecto al tamaño del volumen y también la riqueza de especies de una comunidad (Braun-Blanquet 1979).

² Comunicación personal de Francisco Solorio, técnico encargado del MEB del IIM de la UMSNH

6.2.2. Cuantificación de Organismos

Debido a que se trabajó con muestras de una comunidad natural y que éstas previamente fueron fijadas con formol a una concentración final de 2 %, fue necesario considerar algunos factores, de acuerdo a los criterios de Villafañe y Reid (1995):

a) Los organismos a cuantificar se tomaron de manera individual, es decir, si se llegaron a presentar colonias cada uno de los componentes de las mismas fueron estimados de manera independiente, ya que la unidad que se replica es la célula y no la colonia, reportándose en $\text{cél} \cdot \text{l}^{-1}$.

b) Sólo se tomaron en cuenta las células completas, ya que es imposible definir a que organismo pueda pertenecer una parte suelta.

c) Debido a la utilización de un microscopio invertido (ZEISS ID03) con objetivos de 10X, 20X y 42X y oculares de 10X, se presentó un límite de detección por debajo del cual la observación y determinación de células fue muy difícil. Ante esta situación se consideró pertinente establecer que el tamaño mínimo de células a cuantificar fuera alrededor de las cinco micras.

d) Previa a la sedimentación fue necesario homogenizar el material fitoplanctónico.

e) Para efectuar el conteo se utilizaron cámaras de sedimentación con una capacidad de 10 ml.

f) El tiempo de sedimentación se estableció en 72 horas mínimo de acuerdo a la experiencia que se tuvo y tomando en cuenta que las muestras fueron fijadas con formol, el conteo siempre se llevó a cabo por triplicado, para tener una mayor certeza estadística.

6.2.3. Variables Fisicoquímicas

La determinación de las variables fisicoquímicas (fosfatos, nitratos, nitritos y amonio) se realizó siguiendo los métodos propuestos por Strickland y Parsons (1972).

6.3. Actividades de gabinete

6.3.1. Lista Comentada

Una vez identificados los organismos se elaboró una lista comentada de las especies considerando su posición sistemática, descripción merística y morfométrica, referencias bibliográficas y distribución geográfica, así como su potencial nocivo.

6.3.2. Evaluación de la Comunidad

La comunidad tiene ciertos atributos, entre ellos destacan: a) estructura y formas de vida, b) la abundancia, c) la dominancia, d) la diversidad y e) la estructura trófica (Krebs, 1985). Estos atributos pueden ser estudiados en comunidades que se encuentran en cambio, el cual puede ser temporal como en la comunidad de dinoflagelados durante un evento de marea roja o florecimiento y entonces se le llama sucesión, además estos cambios también pueden ser espaciales en gradientes ambientales (Begon *et al.* 1988).

Para nuestro caso se realizó una evaluación de la comunidad de dinoflagelados del período estudiado incluyendo la marea roja, tomando en cuenta la forma en que las características de la comunidad resultaron alteradas a lo largo de los cambios en las variables fisicoquímicas.

Se examinó la organización y disposición biológica que abarca la composición y la abundancia de las especies, los cambios temporales durante el período de muestreo

y las relaciones entre las especies de dinoflagelados. Dicho análisis se basó en los criterios de Krebs (1985).

6.3.2.1. Abundancia

Para este análisis de abundancia se dispuso de los resultados de la cuantificación de las muestras colectadas con la botella Van Dorn, obteniéndose los resultados en células por litro.

En segundo término se obtuvo la Abundancia Relativa (AR), considerada esta como la fracción de células por especie con respecto al total de la muestra representada en porcentaje, para lo cual se utilizó el siguiente índice:

$$AR = ni/N(100)$$

donde:

AR: Abundancia Relativa de la especie i

ni: fracción de células de la especie i

N: sumatoria de las abundancias de todas las especies

6.3.2.2. Frecuencia

Se definió la frecuencia, como la posibilidad de encontrar a una especie de dinoflagelado en cualquier sitio que se muestre, lo cual nos permitió establecer las probabilidades de agrupamiento entre las especies de acuerdo a su presencia o ausencia y su posible valor relativo con respecto al total, en una misma localidad y/o entre localidades, este índice es un buen indicador de la importancia relativa de varias poblaciones dentro de una comunidad.

6.3.2.2.1. Frecuencia de Aparición (FA)

Se expresa como el número de muestras analizadas de una localidad o de localidades donde aparece una especie determinada, enunciada como un porcentaje del total de muestras analizadas por localidad o de localidades. Este parámetro permitió tener una perspectiva de las asociaciones de las especies de dinoflagelados en una localidad y de sus eventuales similitudes entre localidades. Este índice se obtuvo mediante la siguiente expresión matemática:

$$FA = NVA/NTC(100)$$

donde:

FA: frecuencia de aparición de la especie "x".

NVA: número de muestras analizadas de una localidad o número de localidades donde aparece la especie "x".

NTC: total de muestras analizadas de una localidad o total de localidades analizadas.

Los resultados obtenidos de este índice se procesaron mediante los valores de frecuencias propuesta por Licea (1974), (Cuadro 4).

Cuadro 4. Escala de Frecuencias de Acuerdo a Licea (1974)

ESCALA	FRECUENCIA DE APARICIÓN (%)
Predominante	80 - 100
Abundante	50 - 79
Frecuente	20 - 49
Presente	10 - 19
Escasa	5 - 9
Rara	1 - 4
Excepcional	> 1

6.3.2.2.2. Frecuencia de Relativa (FR)

Describe las proporciones relativas de las diferentes especies que componen la comunidad con relación al total de muestras de una localidad o del total de localidades, la misma se obtuvo a partir del siguiente índice:

$$FR = (F_{spx} / \Sigma F_{Aspp}) * 100$$

donde:

FR: Frecuencia Relativa

F_{spx}: Frecuencia de la especie x como el número de veces que aparece

ΣF_{Aspp}: Sumatoria de las frecuencias de todas las especies

6.3.2.3. Dominancia Relativa (DR)

Este índice nos muestra una proporción de la biomasa de una especie con relación al total de las especies; el mismo se sacó a partir de la aplicación del Índice de Saiki (1973), modificado por Ceballos (1988), donde los artículos alimenticios se sustituyen por las especies, dando el mayor valor a la especie más abundante del total de especies encontradas (pudiéndose repetir el valor si se considera que el volumen en masa de dos o más especies es semejante), para cada muestra de cada localidad o entre localidades, y los resultados son presentados en porcentaje de volumen en masa de cada una de las especies, su expresión matemática es la siguiente:

$$DR = VM_{spi} / \Sigma_1 VM_{spp} (100)$$

donde:

VM_{spi}: volumen en masa de la especie i

Σ₁ VM_{spp}: sumatoria de los volúmenes en masa de todas las especies

6.3.2.4. Valor de Importancia (VI)

Este índice incorpora las relaciones mutuas entre las especies de la comunidad y su distribución espacio-temporal, basándose en la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa de las especies, como los valores de estos tres parámetros se expresan en porcentaje, entonces el máximo valor de importancia sería de 300%, la expresión matemática para su calculo se presenta a continuación:

$$VI = AR_{spx} + FR_{spx} + DR_{spx}$$

donde:

VI: Valor de Importancia

AR: Abundancia Relativa de la especie "x"

FR: Frecuencia Relativa de la especie "x"

DR: Dominancia Relativa de la especie "x"

6.3.2.5. Dominancia de la Comunidad (ID)

Las especies dominantes de una comunidad efectúan un gran control sobre las demás, éstas se detectan fácilmente por su abundancia numérica o su biomasa (Krebs, 1985) y se define simplemente como el índice de dominancia de la comunidad con la siguiente expresión matemática:

$$ID = Y_1 + Y_2/Y$$

donde:

ID: Índice de Dominancia de la comunidad (Mc Naughton, 1968)

Y_1 : abundancia de la especie más común

Y_2 : abundancia de la especie que ocupa el segundo lugar en abundancia

Y: suma de la abundancia de todas las especies

6.3.2.6. Diversidad

Tradicionalmente, la diversidad biológica ha sido dividido en tres componentes: alfa (α), beta (β) y gamma (γ).

6.3.2.6.1. Diversidad α

Se consideró el índice de diversidad de Shannon-Wiener que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies muestreadas, además de medir el grado promedio de incertidumbre en predecir a cuál especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección y también asume que los individuos son muestreados al azar y que todas las especies están representadas en las muestras de una misma localidad, por otro lado nos permitió realizar comparaciones con otros estudios efectuados en el área de estudio o en áreas adyacentes, su expresión matemática se presenta a continuación:

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

donde:

H': Índice de Shannon-Wiener expresado en bits

S: número de especies

p_i : Abundancia Relativa que corresponde a la especie i

ln: logaritmo natural

6.3.2.6.2. Diversidad β

Puede ser medida en función del número de especies y su abundancia relativa. Para su determinación se utilizó el Índice de Morisita-Horn (Moreno 2001), este índice está influido por la riqueza de especies y el tamaño de la muestra, a pesar de este inconveniente es un buen indicador de la similitud entre localidades.

$$I_{M-H} = \frac{\sum(a_i b_j)}{(d_a + d_b) a N b N}$$

donde:

a_i : Numero de individuos de la i ésima especie en el sitio A

b_j : Numero de individuos de la j ésima especie en el sitio B

d_a : $\sum a_i^2 / a N^2$

d_b : $\sum b_j^2 / b N^2$

Para una corroboración de la diversidad beta se utilizó un método de ordenación y clasificación basado en el análisis de matrices de datos, que contienen ordenadas las muestras en un espacio definido originalmente por las especies, las muestras son las diferentes localidades y se ordenan según las especies registradas en cada una de ellas, para este procedimiento se utilizaron los datos de diversidades alfa obtenidos en cada localidad durante el período de estudio aplicándoseles un Índice de Distancias Euclidianas de acuerdo al criterio de Moreno (2001):

$$D.E. = \sqrt{\sum (X_{ij} - X_{ik})^2}$$

donde:

X_{ij} : valor de la especie i para el hábitat j

X_{ik} : valor de la especie i para el hábitat k

6.3.3. Relaciones entre Variables Físicoquímicas y Dinoflagelados

Uno de los aspectos más importantes en el análisis ecológico de una comunidad es el de poder establecer las relaciones que las especies tienen con las variables ambientales, lo cual permitió establecer inferencias sobre los factores que pueden influir en la distribución espacio-temporal de las especies durante el período de estudio.

Para esta comparación se utilizó un análisis de componentes principales (PCA o ACP), considerando que éste supone una respuesta lineal entre la abundancia de las especies y una variable ambiental (Wolf, 1995). Para la interpretación de dicha ordenación se usó un diagrama “biplot”, el cual nos indica que tanto la ordenación de las especies como la de los sitios están incluidas en dicho diagrama. Para una mejor interpretación del diagrama ACP se calculó el coeficiente de correlación de “Spearman” entre cada variable ambiental y cada eje de ordenación.

6.4. Procesamiento de Datos

El tratamiento de los datos se llevó a cabo mediante la realización de una base de datos para la obtención de resultados de Abundancia, Frecuencia y Dominancia, así mismo la diversidad alfa se obtuvo a partir del software BIOTOOLS v. 0.10, en tanto que para la diversidad beta se trabajó con NTSYSpc v. 2.02c y JMP v. 3.22, las relaciones especies-variables fisicoquímicas se procesaron mediante JMP v. 3.22.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Lista Sistemática

La lista sistemática de especies de dinoflagelados considerados potencialmente nocivos se elaboró de acuerdo al criterio evolutivo hasta género, propuesto por Fensome *et al.* (1993).

DIVISIÓN: DINOFLAGELLATA

SUBDIVISIÓN: DINOKARYOTA

CLASE: DINOPHYCEAE

SUBCLASE: GYMNODINIPHYCIDAE

ORDEN: GYMNODINIALES

FAMILIA: GYMNODINIACEAE

GÉNERO: *Akashiwo* (Hirasaka) G. Hansen et Moestrup

ESPECIE: 1. *A. sanguinea* (Hirasaka) G. Hansen et Moestrup

GÉNERO: *Gyrodinium* Kofoid et Swezy

ESPECIES: 2. *G. instriatum* Freudenthal et Lee

3. *G. spirale* (Bergh) Kofoid et Swezy

SUBCLASE: PERIDINIPHYCIDAE

ORDEN: GONYAULACALES

SUBORDEN: GONYAULACINEAE

FAMILIA: GONYAULACACEAE

SUBFAMILIA: GONYAULACOIDEAE

GÉNERO: *Alexandrium* Halim

ESPECIE: 4. *A. catenella* (Whedon et Kofoid) Balech

GÉNERO: *Amylax* Meunier

ESPECIE: 5. *A. triacantha* (Jørgensen) Sournia

GÉNERO: *Gonyaulax* Diesing

ESPECIES: 6. *G. polygramma* Stein

7. *G. spinifera* (Claparède et Lachmann) Diesing

GÉNERO: *Lingulodinium* (Wall) emend Dodge

ESPECIE: 8. *L. polyedrum* (Stein) Dodge

SUBORDEN: CERATIINEAE

FAMILIA: CERATIACEAE

GÉNERO: *Ceratium* Schrank

SUBGÉNERO: *Ceratium* (= *Biceratium*)

SECCIÓN: *Candelabra* Jörgensen

ESPECIES: 9. *C. furca* (Ehrenberg) Claparède et Lachman

10. *C. furca* var. *eugrammum* (Ehrenberg) Schiller

SUBGÉNERO: *Amphiceratium* (Vanhöffen) Ostenfeld

SECCIÓN: *Inflata* Jörgensen

ESPECIE: 11. *C. fusus* var. *fusus* Sournia

SUBGÉNERO: *Orthoceratium* Sournia

SECCIÓN: *Tripes* Ostenfeld

ESPECIE: 12 *C. divaricatum* var. *balechii* (Meave et Okolodkov)

Hernández-Becerril et Alonso-Rodríguez

SUBORDEN: GONIODOMINEAE

FAMILIA: GONIODOMACEAE

SUBFAMILIA GAMBIERDISCOIDEAE

GÉNERO: *Gambierdiscus* Adachi et Fukuyo

ESPECIE: 13. *G. toxicus* Adachi et Fukuyo

ORDEN: PERIDINIALES

SUBORDEN: PERIDINIINEAE

FAMILIA: PERIDINIACEAE

SUBFAMILIA: CALCIODINELLOIDEAE

GÉNERO: *Scrippsiella* Balech

ESPECIE: 14. *S. trochoidea* (Stein) Loeblich

FAMILIA: CONGRUENTIDIACEAE

SUBFAMILIA: CONGRUENTIDIOIDEAE

GÉNERO: *Protoperidinium* Bergh

SUBGÉNERO: *Protoperidinium* (Gran) Balech

GRUPO: *Metaperidinium*

SECCIÓN: *Divergentia* Jörgensen

ESPECIE: 15. *P. crassipes* (Kofoid) Balech

SUBCLASE: DINOPHYSIPHYCIDAE

ORDEN: DINOPHYSIALES

FAMILIA: DINOPHYSACEAE

GÉNERO: *Dinophysis* Ehrenberg

ESPECIES: 16. *D. caudata* Saville-Kent

17. *D. fortii* Pavillard

18. *D. mitra* Schütt

SUBCLASE: PROROCENTROPHYCIDAE

ORDEN: PROROCENTRALES

FAMILIA: PROROCENTRACEAE

GÉNERO: *Prorocentrum* Ehrenberg

SECCIÓN C Dodge

ESPECIE: 19. *P. triestinum* Schiller

SECCIÓN D Dodge

ESPECIE: 20. *P. micans* Ehrenberg

CLASE: NOCTILUCYPHYCEAE

ORDEN: NOCTILUCALES

FAMILIA: NOCTILUCACEAE

GÉNERO: *Noctiluca* Suriray

ESPECIE: 21. *N. scintillans* (Macartney) Kofoid et Swezy

En el Cuadro 5, se muestra el número de taxa supra e infraespecíficos por órdenes del total de dinoflagelados vistos durante el período de estudio; se observaron 132 especies y 7 variedades, el 43 % se ubican en el orden Gonyaulacales, mientras que Noctilucales solamente representa el 1 % (Fig. 3). Considerando que se conocen aproximadamente 5000 especies vivientes de fitoplancton marino y que de estas entre 1880 a 2000 son dinoflagelados (Sournia *et al.*, 1991; Steindinger y Tangen, 1997), el número de especies observadas en el presente estudio corresponden al 2.78 % del total mencionado y al 6.95 % de los dinoflagelados.

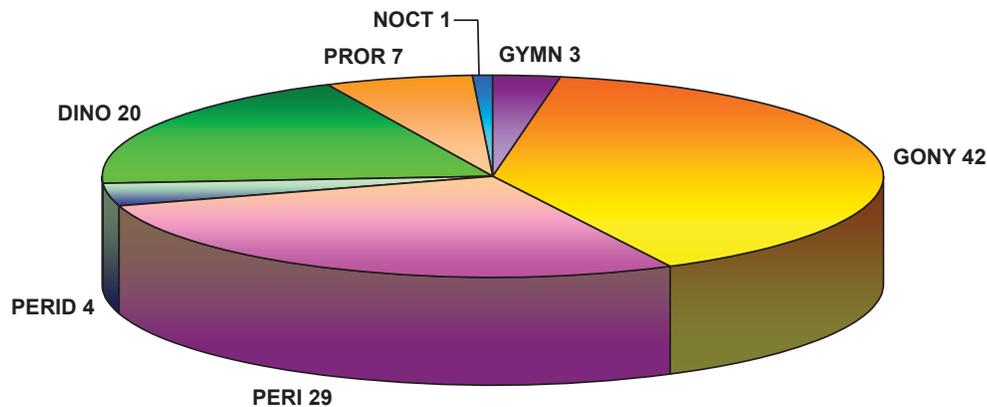


Figura 3. Distribución Porcentual de los Órdenes de Dinoflagelados Presentes Durante el Período de Estudio en la Costa Michoacana

Cuadro 5. Número de Taxones para el Período de Estudio

TAXONES	GYMN	GONY	PERI	PERID	DINO	PROR	NOCT	TOTALES
SUBÓRDENES	-	3	1	-	-	-	-	4
FAMILIAS	1	5	3	1	2	1	1	14
SUBFAMILIAS	-	4	3	-	-	-	-	7
GÉNEROS	3	11	6	3	4	1	1	29
SUBGÉNEROS	-	4	2	-	-	-	-	6
GRUPOS	-	-	3	-	-	-	-	3
SECCIONES	-	6	6	-	-	3	-	15
ESPECIES	4	56	38	4	20	9	1	132
VARIETADES	-	7	-	-	-	-	-	7

GYMN: GYMNODINIALES; GONY: GONYAULACALES; PERI: PERIDINIALES; PERID: PERIDINIPHICIDAE;
DINO: DINOPHYSALES; PROR: PROROCENTRALES; NOCT: NOCTILUCALES

A partir del total de dinoflagelados examinados en el presente estudio, se pudieron detectar como potencialmente nocivas solamente 20 especies y una variedad, de las cuales el 45 % corresponden al orden Gonyaulacales y el 5 % a Noctilucales (Fig. 4).

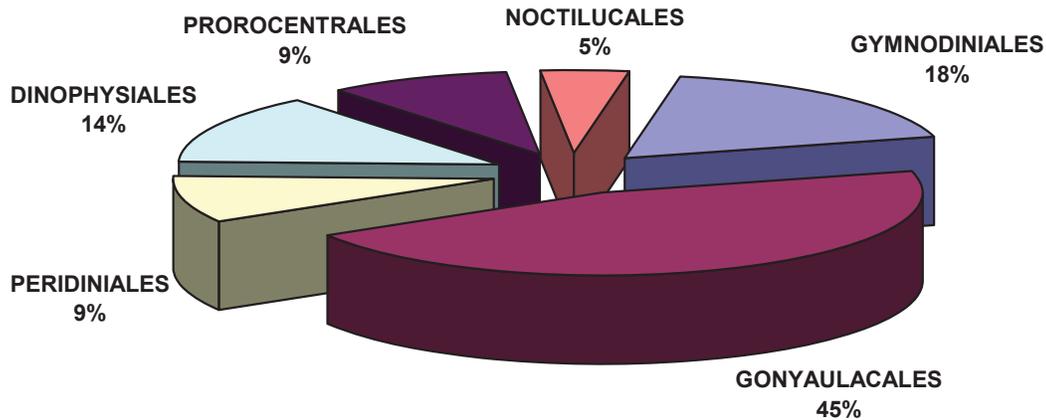


Figura 4. Distribución Porcentual de las Especies de Dinoflagelados Potencialmente Nocivos por Órdenes Presentes Durante la Marea Roja de Mayo del 2004 en la Costa Michoacana

Es importante aclarar que de las 5000 especies de fitoplancton marino, 300 pueden reproducirse masivamente formando “florecimientos” (Hallegraeff, 1995) y aquellas consideradas como potencialmente nocivas varían de 60 (Ochoa *et al.*, 2003) a 157 (Hernández-Becerril, 2003).

Cabe mencionar que el criterio de “potencialmente nocivas” esta basado en el posible efecto que éstas especies tienen sobre otros organismos. Las consecuencias pudieran manifestarse de dos formas, la primera tiene que ver con la producción de toxinas a las que se les denomina especies tóxicas y la segunda con la densidad de células por mililitro de agua que provocan condiciones de anoxia o el bloqueo de branquias y las cuales son llamadas especies no tóxicas, pero si nocivas (Fukuyo *et al.*, 1990; Hallegraeff, 1995; Smayda, 1997; GEOHAB, 2001; Anónimo, 2003; Hernández-Becerril, 2003; WHOI, 2003).

7.2. Análisis de las Especies Potencialmente Nocivas

En la presente investigación los resultados se muestran a manera de cuadros, en los cuales se anexan las referencias bibliográficas para cada especie, así como la sinonimia, además de las características morfológicas y su tipo de nutrición, la merística de los ejemplares, el tipo de nocividad potencial: si es tóxica (**TX**) o no tóxica (**NT**); el tipo de padecimiento: **PSP** (Intoxicación Paralizante por Moluscos); **DSP** (Intoxicación Diarreica por Moluscos); **NSP** (Afectación Neurotóxica), la toxina que provoca el padecimiento **STX** (Saxitoxina), **OA** (Ácido Okadáico), **AZP** (Azaspirácido), **YST** (yessotoxina) y **CTX** (ciguatoxina) o si la nocividad es por anoxia (**ANX**) y la abundancia durante el evento de marea roja de mayo del 2004.

Akashiwo sanguinea (Cuadro 6), se ha citado en la Costa Noroccidental de la península de Baja California (Bustillos *et al.*, 2004), y con los sinónimos de *Gymnodinium splendens* o *G. sanguineum*, se ha reportado en la costa de los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Colima (Cortés y Núñez, 1992; Cortes *et al.*, 1995a; Cortes *et al.*, 1995b; Cortés y Alonso, 1997; Cortés, 1998; Cortés *et al.*, 2002; Alonso, 1998), mientras que al sur del estado de Michoacán en las bahías de Huatulco, Oax., se reporta como parte de florecimientos tóxicos acompañando a *Gymnodinium catenatum* (Herrera, 2002).

En los reportes mencionados anteriormente *A. sanguinea*, generalmente se observó como acompañante de la especie dominante de la marea roja correspondiente. También es notorio que ésta se encuentre asociada con otras como *Gyrodinium instriatum* y *G. spirale*, no obstante, para los casos de Chametla, Jal. (Cortés, 1998) y del Golfo de Guayaquil, Ecuador (Torres, 2000), se reporta como la especie dominante con el sinónimo de *Gymnodinium splendens*.

Cuadro 6. *Akashiwo sanguinea*

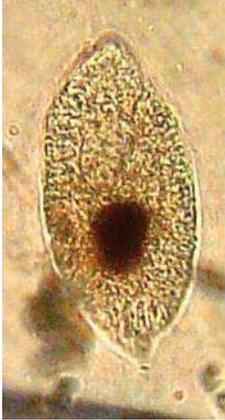
 	<p style="text-align: center;"><i>Akashiwo sanguinea</i> (Hirasaka) G. Hansen et Moestrup</p> <p>Sinónimos: <i>Gymnodinium sanguineum</i> Hirasaka 1922; <i>Gymnodinium splendens</i> Lebour 1925; <i>Gymnodinium nelsonii</i> Martin 1929.</p> <p>Dodge, 1971, p. 88, figs. 9E-G; Balech, 1988, p. 20, Lám. 1, figs. 1-2, Hallegraeff, 1991, p. 59, fig. 20; Steidinger y Tangen, 1997, p. 451, pl. 19; Morquecho <i>et al.</i>, 2004; Faust y Gullede, 2002, pl. 26, figs. 1-4.</p> <p>Características Morfológicas: Célula de forma pentagonal, con epiteca e hipoteca cónica-truncadas, la hipoteca presenta dos prominencias a manera de cuernos antapicales. Cingulum ligeramente desplazado, el color de las células va de un amarillo verdoso a un amarillo rojizo.</p> <p>Mixotrófica.</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo 40-61 (92) μm y ancho de 41-55 (65) μm.</p> <p>Distribución: Cosmopolita. En estuarios y aguas costeras de zonas templadas y tropicales (Steidinger y Tangen 1997). En México se han registrado mareas rojas de esta especie en la costa occidental de Baja California Sur y Laguna Ojo de Liebre (Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> 2001), Bahía Tortugas, B.C.S. (Turrubiates 1994) y suele ocurrir en Bahía Concepción y Bahía de La Paz, Golfo de California.</p> <p>Toxicidad: Tóxica asociada a PSP.</p>	
	Abundancia durante el evento de mayo del 2004	
Boca de La Necesidad: 3 400 céls·l ⁻¹	Caleta de Campos: 11 400 céls·l ⁻¹	

Otras especies consideradas como tóxicas y que también aparecieron en la marea roja de mayo del 2004 fueron: *Gyrodinium spirale*, *Alexandrium catenella*, *Lingulodinium polyedrum*, y *Prorocentrum micans*, las cuales se caracterizan por la producción de PSP.

En particular *G. spirale* (Cuadro 7), durante la marea roja alcanzó densidades importantes (5900 céls·l⁻¹ en Boca de La Necesidad), se ha reportado como muy agresiva (Menezes *et al.*, 2004), relacionada con eventos que han provocado el

envenenamiento de almejas y ostiones en las costas francesas y australianas en concentraciones mayores de $10000 \text{ céls l}^{-1}$ (Belin y Raffin, 1998).

Cuadro 7. *Gyrodinium spirale*

	<p><i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid et Swezy 1921</p>	
	<p>Sinónimo: <i>Gymnodinium spirale</i> Bergh 1881; <i>Spirodinium spirale</i> Entz 1884</p>	
	<p>Dodge, 1985, p. 105, fig. 121; Steidinger y Tangen, 1997, p. 453, pl 20; Bérard et al., 1999, p. 159, pl. 75f, g, 76a-c; Fukuyo, 2000.</p>	
	<p>Características Morfológicas: Célula de forma fusiforme o asimétricas, en algunos ejemplares se puede observar una ligera torsión en la parte media, hipoteca con el sulcus muy cercano al antápice el cual llega a invadir la epiteca, cíngulo excavado y desplazado más o menos un tercio de lo largo del cuerpo, color de las células es café rojizo. Heterotrófica</p>	
<p>Medidas de los ejemplares: Largo 44-99 (112) μm y ancho 20-58 μm</p>		
<p>Distribución: Cosmopolita de aguas templadas y tropicales</p>		
<p>Toxicidad: Tóxica, asociada a PSP?</p>		
<p>Abundancia durante el evento de mayo del 2004</p>		
<p>Boca de La Necesidad: $5\ 900 \text{ céls l}^{-1}$</p>	<p>Caleta de Campos: $1\ 900 \text{ céls l}^{-1}$</p>	

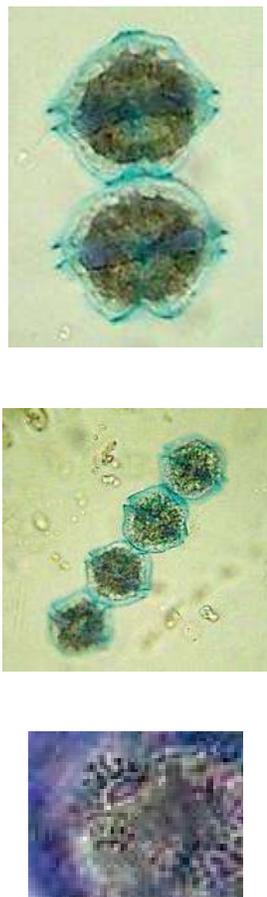
En América esta especie se presenta formando florecimientos en el Pacífico, sin mencionarse si son o no tóxicos, desde Bahía Dabob, Washington (Horner *et al.*, 2005), hasta Sudamérica, en particular para el caso de la costa Chilena, se menciona como posible formadora de mareas rojas tóxicas (Suárez, 2001).

En el Pacífico Mexicano, se le relaciona con posibles envenenamientos de ostiones (Cortés y Hernández, 1998), también lo reportan como subdominante en eventos de florecimientos fortuitos de microalgas, que resultaron nocivos en el crecimiento para el camarón en cuatro granjas de cultivo semi-intensivo (Cortés *et al.*, 1999), todos los casos mencionados corresponden a granjas de cultivo principalmente en la costa de

Sonora y Sinaloa (Alonso *et al.*, 2005), o como una especie rara durante eventos de mareas rojas en 1996 en la Bahía de Mazatlán, Sin. (Alonso, 1998).

Alexandrium catenella (Cuadro 8), obtuvo densidades bajas ($100 \text{ céls} \cdot \text{l}^{-1}$ en Boca de La Necesidad).

Cuadro 8. *Alexandrium catenella*

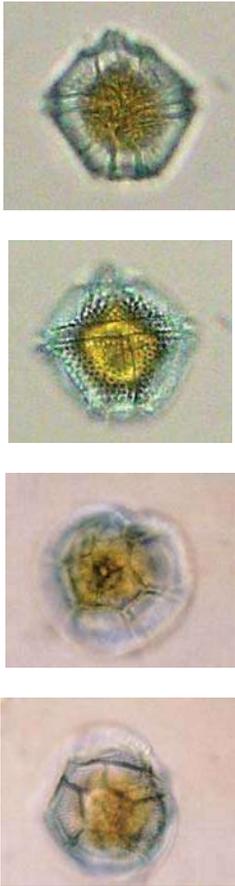
	<p><i>Alexandrium catenella</i> (Whedon et Kofoid) Balech 1985</p> <p>Sinónimo: <i>Gonyaulax catenella</i> Whedon et Kofoid 1936; <i>Gessenerium acatenellum</i> (Whedon et Kofoid) Loeblich et Loeblich 1979; <i>Protogonyaulax acatenella</i> (Whedon et Kofoid) Taylor 1979</p> <p>Hallegraeff, 1991, p. 38, fig. 10; Steidinger y Tangen, 1997, p. 492, pl. 35; Fukuyo, 2000; Balech, 2002, p. 139, figs. 41-44; Faust y Gullede, 2002, pl. 2, figs. 1-6.</p> <p>Características Morfológicas: Células de forma hexagonal, comprimidas de manera anteroposterior, formando cadenas. La fórmula del arreglo de las placas es Po, 4', 6", 6c, 8s, 5"', 2'''. La epiteca e hipoteca son casi iguales en altura. En la hipoteca se presentan unos prominentes listones sulcales que parecen espinas. El complejo del poro apical es ancho dorsoventralmente y triangular. La placa del poro apical tiene un foramen o coma en forma de anzuelo. Autotrófica</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo $41 \mu\text{m}$ y ancho $49 \mu\text{m}$</p> <p>Distribución: Cosmopolita, puede vivir en un amplio rango de temperatura desde aguas frías ($12 \text{ }^\circ\text{C}$) a cálidas ($>20 \text{ }^\circ\text{C}$) (Vila <i>et al.</i> 2001). En la costa oeste de América del Norte, se distribuye desde California a Alaska, México, Chile.</p> <p>Toxicidad: Tóxica, asociada a PSP?</p>	
	<p>Abundancia durante el evento de mayo del 2004</p>	
	<p>Boca de La Necesidad:</p> <p>$100 \text{ céls} \cdot \text{l}^{-1}$</p>	<p>Caleta de Campos:</p> <p>Sólo en muestras de red</p>

Ha sido mencionada como formadora de mareas rojas antes del 2000 en las costas de California, U.S.A. (Blasco, 1977), en tanto que Faust y Gullede (2002) establecen un rango de distribución mayor abarcando las costas de Centro y Sudamérica.

En la costa Pacífica de México se relaciona con mareas rojas en Baja California, (Cortés y Núñez, 1992; Ronsón, 1999; Morquecho *et al.*, 2000), además de reportarse en estas mismas áreas como un elemento importante de los florecimientos tóxicos en fechas más recientes (Bravo y Hernández, 2002; Gárate *et al.*, 2002; Sierra *et al.*, 2004).

Con respecto a *Lingulodinium polyedrum*, (Cuadro 9) presentó densidades bajas (300 céls·l⁻¹ en Boca de La Necesidad y 700 céls·l⁻¹ en Caleta de Campos).

Cuadro 9. *Lingulodinium polyedrum*

	<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	
	Sinónimo: <i>Gonyaulax polyedra</i> Stein 1883; <i>Lingulodinium machaerophorum</i> (Deflandre et Cookson) Wall, 1967; <i>Hystrichosphaeridium machaerophorum</i> Deflandre et Cookson, 1955	
	Taylor, 1976, p. 106, pl. 35, fig 396; Dodge, 1985, p. 211, pl. Via, figs. 25D-F; Balech, 1988, p. 170, lám. 75, figs. 17-24; Dodge, 1989, p. 291, figs. 1H, I, 34-38; Steidinger y Tangen, 1997, p. 510, pl. 43; Fukuyo, 2000; Faust y Gulledege, 2002, pl. 29, figs. 1-6.	
	<p>Características Morfológicas: Células característicamente poliédricas de forma heptagonal, sin espinas ni cuello, cingulo excavado y descendente de 1.2-2 la altura del cuerpo, no presenta entrecruzamiento, epiteca pentagonal con ángulos muy marcados, hipoteca de contorno trapezoidal cuyo borde posterior es plano o casi plano. La fórmula tecal es: Po, 3', 3a, 6'', 6c, 7s, 6''', 2'''. Las células son de color café naranja, son productores de bioluminiscencia.</p> <p>Autotrófica</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo 69.6 µm y ancho 72.5 µm</p> <p>Distribución: Es una especie nerítica de aguas cálidas templadas y subtropicales.</p> <p>Toxicidad: Tóxica asociada con PSP.</p>	
Abundancia durante el evento de mayo del 2004		
Boca de La Necesidad: 300 céls·l ⁻¹		Caleta de Campos: 700 céls·l ⁻¹

Esta especie se ha relacionado con mareas rojas desde el sur de California en el área de San Diego hasta el norte de Baja California (Stephens y Bush-Pirkle, 2000). Incluso en estudios más recientes, se pudo detectar que esta especie a provocado fenómenos de marea roja a lo largo de las costas tanto del Pacífico como del Atlántico (Kudela, 2005), inclusive esta relacionada con una nueva toxina, la Yessotoxina (YTX), muy similar a las brevetoxinas y ciguatoxinas (Fernández *et al.*, 2002).

Para México se ha localizado en la Bahía “Todos los Santos”, B.C.S. (Peña, 2001), en las zonas de surgencia de Baja California (Blasco 1977) y últimamente en la Bahía de Ensenada, B.C. donde este fenómeno ha durado más de dos meses de abril a mayo (Venegas, 2005).

Prorocentrum micans (Cuadro 10), obtuvo densidades de 700 céls·l⁻¹ en Boca de La Necesidad y 900 céls·l⁻¹ en Caleta de Campos. Aún y cuando esta especie ha sido asociada con toxinas PSP, es necesario que se realicen análisis para corroborar tal situación, puesto que es posible que la mortalidad de peces sea provocada por condiciones de anoxia y no por la toxina (Cassie, 1981; Faust y Gullledge, 2002; Kudela, 2005).

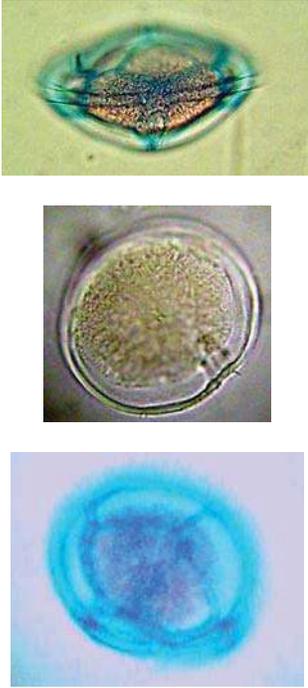
Esta especie se ha relacionado con mareas rojas junto con *Akashiwo sanguinea* y *Gymnodinium catenatum* en la bahía de Monterey, Cal. U.S.A. (Simon, 2005), en ambas costas de la Península de Baja California (Blasco, 1977; Orellana *et al.*, 1993; Cortés y Núñez, 2000; Lechuga *et al.*, 2000), en el Puerto interior de Manzanillo, Col., desde abril de 1999 hasta abril del 2000 relacionada con florecimientos algales nocivos provocados por *Gymnodinium catenatum*, *Ceratium furca* y *Cochlodinium polykrikoides* (Figueroa y Zepeda, 2001).

Cuadro 10. *Prorocentrum micans*

 	<p><i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833</p> <p>Sinónimos: <i>Cercaria</i> sp. Michaelis, 1830 <i>Prorocentrum schilleri</i> Böhm in Schiller, 1933 <i>Prorocentrum levantinoide</i> Bursa, 1959 <i>Prorocentrum pacificum</i> Wood, 1963.</p> <p>Böhm, 1936, p. 13, fig. 4a; Dodge, 1975, p. 112, figs. 3A, E, pl. 2A-C, E, F; Taylor, 1976, p. 23, pl 1, fig. 1; Dodge, 1985, p. 32, fig. 2K, pl. 1c, d; Balech, 1988, p. 32, lám. 4, fig. 1; Steidinger y Tangen, 1997, p. 424, pl. 8; Bérard <i>et al.</i>, 1999, p. 144, pl. 63a-c; Fukuyo, 2000; Hernández-Becerril, 2000, p. 116, fig. 21; Faust y Gullede, 2002, pl. 46, figs. 1-6.</p> <p>Características Morfológicas: Células de tamaño mediano, de forma oval y asimétrica, presentan el polo mayor en la parte anterior rematado por un diente a manera de espina, el cual sirve de sostén para una membrana de anchura variable, el polo posterior es agudo. La ornamentación es a base de poros gruesos agrupados mayormente cerca de los márgenes ordenados en cortas hileras oblicuas, en tanto que los poroides son finos y más densos.</p> <p>Autotrófica.</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo 41-61 μm y ancho 20-29 μm.</p> <p>Distribución: Especie nerítica y estuarina aunque también puede ser oceánica, se considera cosmopolita en aguas frías de regiones templadas y tropicales.</p> <p>Toxicidad: Tóxica relacionada con PSP?.</p>	
	Abundancia durante el evento de mayo del 2004	
	Boca de La Necesidad: 700 céls·l ⁻¹	Caleta de Campos: 900 céls·l ⁻¹

Otra especie tóxica que se observó en el fenómeno de mayo del 2004 fue *Gambierdiscus toxicus* (Cuadro 11), la misma presentó una densidad baja (600 céls·l⁻¹ en Boca de la Necesidad y 100 céls·l⁻¹ en Caleta de Campos). Cabe aclarar que esta especie no es netamente planctónica, su presencia en ésta comunidad se debe al desprendimiento que los movimientos de agua hacen de estos organismos a partir de las algas donde se encuentran.

Cuadro 11. *Gambierdiscus toxicus*

	<i>Gambierdiscus toxicus</i> Adachi et Fukuyo 1979	
	Sinónimos: <i>Diplopsalis</i> sp. Yasumoto <i>et al.</i> 1977	
	Hallegraeff, 1991, p. 51, figs. 15A-D; Taylor et al., 1995, p. 301, figs. 15, 19, 15.38f; Steidinger y Tangen, 1997, p. 501, pl. 40; Fukuyo, 2000; Faust y Gullledge, 2002, pl. 20, figs. 1-6; Hernández y Almazán, 2004, p. 81, figs. 4-9.	
	<p>Características Morfológicas: Células en vista apical-antapical ovaladas comprimidas de manera anteroposterior, en vista apical redondeadas ligeramente achatadas y una constricción cercana al sulcus, epiteca e hipoteca más o menos del mismo tamaño, ambas se encuentran ornamentadas por una gran cantidad de poros pequeños y sin alveolos, el cingulo es angosto, ligeramente excavado, ascendente y con aletas muy pequeñas, en tanto que el sulcus es estrecho y fuertemente excavado. La fórmula tecal es: Po, 3', 7", 6c, 8s, 5", 1p, 2"". El poro apical evidente de forma elíptica o triangular orientado hacia la porción ventral del cuerpo. Las células son de color amarillento a pardo-doradas</p> <p>Autotrófica</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo 52 µm y ancho 106-81 µm</p> <p>Distribución: Especie béntica, circuntropical (tropical y subtropical), asociada a algas coralinas y corales muertos.</p> <p>Toxicidad: Tóxica relacionada con ciguatoxina (CTX).</p>	
Abundancia durante el evento de mayo del 2004		
Boca de La Necesidad: 600 céls·l ⁻¹		Caleta de Campos: 100 céls·l ⁻¹

Esta especie se ha relacionado con la ciguatoxina, además del ácido gambiérico y con la maitotoxina (Yasumoto *et al.*, 1977; Murata *et al.*, 1982; Yasumoto *et al.*, 1987; Yokoyama *et al.*, 1988; Yasumoto *et al.*, 1993). *G. toxicus* se considera una especie endémica del Océano Pacífico Sur, en especial de las zonas insulares tropicales y relacionada con los peces de arrecifes de coral y rocosos, los primeros casos documentados de ciguatera en el Pacífico antes de 1990 se limitaron a la Polinesia Francesa, Australia y Hawaii, hacia 1990 se crea la Comisión del Pacífico Sur, a través de la cual se recopiló la información de todas las islas del Pacífico para integrarlos a una base de datos (Dalzell, 1992 y 1993)

Para el caso de la costa Pacífica de América, se le menciona en las costas de Estados Unidos, donde se reportan 25 casos, los cuales ocurrieron durante una marea roja en un período de cuatro meses, misma que fue asociada al fenómeno de “El Niño” entre el invierno de 1991-1992, ya que durante este tiempo los efectos de dicho evento con relación a un aumento de la temperatura alcanzaron la zona sureña de las costas de California (Barton *et al.*, 1995).

Los casos de ciguatera en la zona de la costa occidental de Estados Unidos, se han incrementado alarmantemente, debido al consumo de peces relacionados con CTX, en la mayoría de los casos provenientes de zonas con alta incidencia de ciguatera y al aumento de los estudios que sobre el tema se han logrado realizar (Falck y Suchard, 2001), la mayoría de los florecimientos se presentan en América Central (Girón, 2001; Freer y Vargas, 2003) y Sudamérica (Suárez, 2001; Faust y Gullledge, 2002).

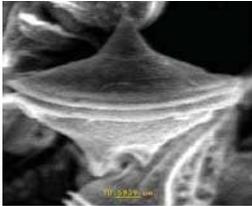
En el caso particular de México la incidencia de *G. toxicus* es baja y por consecuencia este tipo de intoxicación, lo que quizá se deba a que en la mayoría de los casos no se logra diagnosticar como tal o no se reporta a las instituciones médicas, debido a que este envenenamiento es poco común en los litorales continentales (Diogéne, 2005), sin embargo, la mayor influencia de la ciguatera esta en la península de Yucatán principalmente en el Caribe (Cortés y Hernández, 1998; Arcila *et al.*, 2001; Hernández y Becerril, 2004; Álvarez y Herrera, 2005).

Pocos son los casos reportados de ciguatera para el Pacífico Mexicano, la mayoría de ellos corresponden a la costa noroccidental y sureña de la Península de Baja California, particularmente en “Rocas Alijos”, donde se relacionó con peces de las familias Serranidae y Labridae (Lechuga y Sierra, 1995; Ochoa *et al.*, 1997; Ochoa *et al.*, 2002; Ochoa, 2003).

Otra especie productora de toxinas es *Protoperidinium crassipes* (Cuadro 12), la que se caracteriza por su relación con AZP, durante la marea roja de mayo del 2004

presentó bajas densidades (300 céls·l⁻¹ en Boca de La Necesidad y 100 céls·l⁻¹ en Caleta de Campos).

Cuadro 12. *Protoperidinium crassipes*

 	<p><i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974</p> <p>Sinónimos: <i>Peridinium crassipes</i> Kofoid 1907</p> <p>Böhm, 1936, 41, fig. 16c; Balech, 1974; Taylor, 1976, p. 147, pl. 31, figs. 327, 331; Balech, 1988, p. 110, lám. 43, figs. 5-7; Hernández-Becerril, 1991, p. 81, pl. 3, figs. 35-36; Hernández y Nelson, 1996, p. 468, fig. 28; Steidinger y Tangen, 1997, p. 538, pl. 53; Bérard <i>et al.</i>, 1999, p. 180, pl. 101a-e; Fukuyo, 2000.</p> <p>Características Morfológicas: Células largas, el cuerpo más o menos pentagonal ancho, epiteca cónica con lados ligeramente convexos hacia la base y poco cóncavos en la parte media, para volverse convexos en la parte apical, la misma remata en un cuerno apical poco diferenciado, el cíngulo es descendente poco escavado. La tabulación es 1' meta, 2a quadra, planozona, hipoteca redondeada rematada por dos cuernos antapicales cortos los cuales terminan en pequeñas espinas. Las células cuando vivas presentan un color de amarillo a ligeramente rosadas. Heterotrófica.</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo 116 µm y ancho 102 µm</p> <p>Distribución: Especie nerítica, oceánica y estuarina, en aguas cálidas de regiones templadas y tropicales, considerada también como cosmopolita.</p> <p>Toxicidad: Tóxica relacionada con AZP</p>		
	<p>Abundancia durante el evento de mayo del 2004</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Boca de La Necesidad: 300 céls·l⁻¹</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Caleta de Campos: 100 céls·l⁻¹</td> </tr> </table>		Boca de La Necesidad: 300 céls·l ⁻¹
Boca de La Necesidad: 300 céls·l ⁻¹	Caleta de Campos: 100 céls·l ⁻¹		

P. crassipes es una especie, cuya distribución mundial es muy amplia, sus florecimientos al parecer se deben al incremento de la contaminación en las zonas costeras, la toxicidad producida por los azaspirácidos, se descubrió en los mares europeos en países como: Holanda, Gran Bretaña, Noruega, Francia, Italia, España y Portugal (James *et al.*, 2002; Raloff, 2005; Twiner y Doucette, 2005).

En el Pacífico Americano, *P. crassipes* se ha reportado desde las costas estadounidenses, de hecho la localidad tipo de esta especie se encuentra en San Diego, Cal. USA (Moestrup, 2004), hasta Sudamérica en particular en aguas del Pacífico Chileno (Uribe y Ruíz, 2001; Cassis *et al.*, 2002) y Peruano (DIGESA, 2005), en ninguno de los casos ésta ha sido reportada como potencialmente nociva, sin embargo, en noviembre del 2005 en las costas Chilenas se detectó por primera vez como una especie potencialmente tóxica (Suárez y Contreras, 2005).

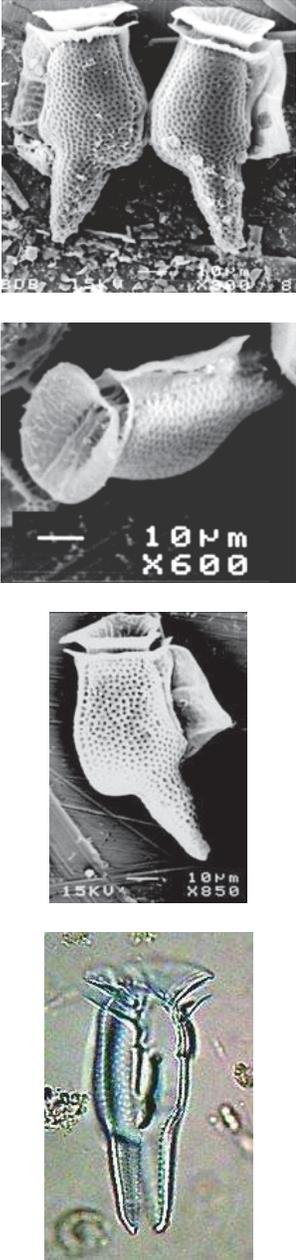
Para el Pacífico Mexicano, *P. crassipes* esta reportada desde la costa noroccidental de la Península de Baja California (Hernández, 1985 y 1991) hasta las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Okolodkov, 2005), en ninguno de los casos se hace alusión a su posible toxicidad, sin embargo, Sierra (2003) discute la posibilidad de que varios de los envenenamientos que han ocurrido en la costa noroccidental de la Península de Baja California, así como en el propio Golfo de California, se deban realmente a la presencia de *P. crassipes*.

En la marea roja de mayo del 2004 también se presentaron varios elementos relacionados con la producción de DSP, entre ellos se encontraron a *Dinophysis caudata*, *D. fortii*, *D. mitra* y *Prorocentrum triestinum*.

La densidad celular de *Dinophysis caudata* (Cuadro 13), fue baja durante la marea roja de mayo del 2004 en la costa michoacana (300 céls·l⁻¹ en Boca de La Necesidad y 100 céls·l⁻¹ en Caleta de Campos).

En aguas costeras de Tailandia y Japón se relaciona con la muerte masiva de peces debido a la DSP (Okaichi, 1967), también está involucrada en eventos por envenenamiento debido a la presencia de ácido okadáico y PTX-2 (Moestrup, 2004), sin embargo, Larsen y Moestrup (1992), sugieren que debe realizarse una exhaustiva revisión para poder deslindar las posibilidades de su toxicidad.

Cuadro 13. *Dinophysis caudata*

	<p style="text-align: center;"><i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881</p> <p>Sinónimos: <i>Dinophysis homunculus</i> Stein, 1883, <i>Dinophysis caudata</i> var. <i>abbreviata</i> Jorgensen 1923, <i>Dinophysis caudata allieri</i> f. <i>speciosan</i> Jorgensen 1923.</p> <p>Böhm, 1936, p. 20, fig. 7; Taylor 1976, p. 34, pl. 6, fig 59; Dodge, 1985, p. 45, pl. Ild, fig. 4B; Balech, 1988, p. 45, lám. 8, figs. 2-4; Hernández-Becerril, 1988, p. 426; Larsen y Moestrup, 1992, 6, fig. 3a-b; Taylor <i>et al.</i>, 1995, p. 306, fig. 15.25; Steidinger y Tangen, 1997, p. 431, pl. 12; Fukuyo, 2000; Faust y Gullede, 2002, pl. 13, figs. 1-6; Balech, 2002, p.132, fig. 22.</p> <p>Características Morfológicas: Células de epiteca reducida e hipoteca grande con una prolongación a manera de apéndice caudal evidente, Las aletas cingulares son cónico truncadas, la poscingular más pequeña que la precingular, mientras que la aleta sulcal izquierda es larga y amplia extendiéndose hasta la base del ápice caudal y de aspecto reticulado, la aleta sulcal derecha es muy pequeña casi imperceptible y también reticulada, el borde dorsal abarca desde la epiteca hasta la hipoteca, generalmente las células son aplanadas lateralmente y se encuentran en pares.</p> <p>Autotrófica.</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo 68-82 μm y ancho 34-41 μm</p> <p>Distribución: Especie cosmopolita fundamentalmente nerítica, e incluso oceánica, pero ocasionalmente abundante en aguas costeras tropicales, subtropicales y cálido-templadas.</p> <p>Toxicidad: Tóxica relacionada con DSP, OA</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th colspan="2">Abundancia durante el evento de mayo del 2004</th> </tr> <tr> <td>Boca de La Necesidad: 300 céls·l⁻¹</td> <td>Caleta de Campos: 100 céls·l⁻¹</td> </tr> </table>	Abundancia durante el evento de mayo del 2004		Boca de La Necesidad: 300 céls·l ⁻¹	Caleta de Campos: 100 céls·l ⁻¹
Abundancia durante el evento de mayo del 2004					
Boca de La Necesidad: 300 céls·l ⁻¹	Caleta de Campos: 100 céls·l ⁻¹				

Para el Pacífico Mexicano *D. caudata*, ha sido reportada desde la costa noroccidental de la Península de Baja California (Hernández, 1985, 1991), en Bahía Concepción, B.C.S., donde se asocia a mareas rojas (Morquecho, 1997; Lechuga *et al.*, 2000), al igual que en la Bahía de Mazatlán (Alonso, 1998), para Colima se

menciona como asociada a eventos de marea roja permanentes en el Puerto interior de Manzanillo (Figuroa y Zepeda, 2001), en Michoacán se ha observado como un componente normal del fitoplancton en la Bahía de Maruata (Ceballos, 1988; Tovar, 2001; Hernández *et al.*, 2004), hasta las costas de Oaxaca y Chiapas (Hernández, 1988), incluso Hernández *et al.*, (2003) lo ubican a lo largo de todo el Pacífico Mexicano como una especie ampliamente distribuida.

Dinophysis fortii (Cuadro 14), alcanzó una densidad celular baja (300 céls·l⁻¹ en Boca de La Necesidad y 100 céls·l⁻¹ en Caleta de Campos).

Cuadro 14. *Dinophysis fortii*

	<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard 1923	
	Sinónimos: <i>Dinophysis laevis</i> Pouchet 1883; <i>D. intermedia</i> Pavillard 1916; <i>Dinophysis ovum</i> Schütt <i>sensu</i> Martin 1929; <i>Dinophysis lapidistrigiliformis</i> Abé?.	
	Balech, 1988, p. 43, lám. 6, figs. 18-19; Hernández-Becerril, 1988, p. 426, figs. 4, 35; Hallegraeff, 1991, p. 46, figs. 14A-C; Larsen y Moestrup, 1992, p. 6, figs. 4a-c; Taylor <i>et al.</i> , 1995, p. 306, fig. 15.26; Steidinger y Tangen, 1997, p. 431, pl. 11; Fukuyo, 2000; Faust y Gullede, 2002, pl. 14, figs. 1-4; Balech, 2002, p. 131, fig. 15;	
	Características Morfológicas: Células de forma elíptica-ovalada a subovalada en vista lateral, la epiteca es aplanada y pequeña, las aletas cingulares cónicas, los radios no son perceptibles, la hipoteca se curva en la base hacia la derecha, la aleta sulcal izquierda abarca hasta dos tercios de la hipoteca y se encuentra ligeramente ornamentada con un retículo escaso, el cuerpo en general presenta poroides medianos con un solo poro cada uno, el color de la misma va de rojo amarillento a rosa pálido. Autotrófica.	
Medidas de los ejemplares: Largo 49-58 µm y ancho 32 µm		
Distribución: Especie oceánica y nerítica, característica de aguas frías de regiones templadas, subtropicales y tropicales, también es considerada de amplia distribución.		
Toxicidad: Tóxica relacionada con DSP, OA		
Abundancia durante el evento de mayo del 2004		
Boca de La Necesidad: 300 céls·l ⁻¹	Caleta de Campos: 100 céls·l ⁻¹	

Esta especie se ha reportado en florecimientos nocivos en Australia (Hallegraeff 1987) y Japón (Yasumoto *et al.*, 1980; Osaka y Takabayashi 1985; Igarashi 1986), incluso al norte de Japón se le relaciona ampliamente con la acuacultura intensiva de mariscos, actividad que se ve fuertemente afectada por la proliferación de *D. fortii* (Taylor *et al.*, 1995). En el Pacífico Americano, *D. fortii* se presenta en eventos de marea roja desde las costas de Estados Unidos (Horner *et al.*, 1997), hasta el cono sur (Balech, 2002).

En particular para México, *D. fortii* se ha observado en aguas de la costa noroccidental de la Península de baja California (Cortés y Hernández, 1998), en la Bahía de Maruata (Hernández, 1988; Hernández *et al.*, 2004), incluso se reporta como una especie ampliamente distribuida en todo el Pacífico Mexicano (Hernández *et al.*, 2003), sin embargo, en ninguno de los casos se ha relacionado con mareas rojas tóxicas.

Dinophysis mitra (Cuadro 15), las densidades alcanzadas por esta especie en el evento de mayo del 2004 en la costa Michoacana fueron bajas, de hecho no se registró en las muestras tomadas directamente, mientras que en las de red su frecuencia de aparición tanto en Boca de La Necesidad como en Caleta de Campos se consideró como común.

Aún cuando se tenía duda de la posibilidad de envenenamiento en los mariscos por parte de *D. mitra*, Lee *et al.*, (1989) y Steidinger y Tangen (1997), confirman el hecho de que efectivamente produce DSP, sin embargo, hasta antes de 1990 no se habían reportado florecimientos tóxicos de ésta especie (Larsen y Moestrup, 1992).

Cuadro 15. *Dinophysis mitra*

 	<p style="text-align: center;"><i>Dinophysis mitra</i> (Schütt) Abé 1967</p> <p>Sinónimos: <i>Phalacroma rapa</i> Stein, 1883; <i>Phalacroma dolichopterygium</i> Murray et Whitting 1899; <i>Phalacroma mitra</i> Schütt 1895; <i>Prodinophysis mitra</i> (Schütt) Balech.</p> <p>Taylor, 1976, p. 39, pl. 5, fig. 49; Balech, 1988, p. 45, lám. 8, figs. 9-11; Hernández-Becerril, 1988, p. 426, figs. 5, 38; Larsen y Moestrup, 1992, p. 7, fig. 6a; Taylor <i>et al.</i>, 1995, p. 307, fig. 15.28; Steidinger y Tangen, 1997, p. 438, pl. 14; Fukuyo, 2000; Faust y Gullledge, 2002, pl. 15, figs. 1-6; Balech. 2002, p. 132, figs. 20-21.</p> <p>Características Morfológicas: Células en vista lateral trapezoidal, epitheca pequeña ligeramente convexa sobresaliendo de la aleta cingular, ambas aletas cingulares son pequeñas con varios radios, la hipoteca termina en una prolongación caudal ligeramente definida con el borde derecho cóncavo y el izquierdo convexo, la aleta sulcal izquierda abarca todo el borde ventral con tres radios equidistantes, el tercer radio es más largo, la aleta sulcal derecha es más corta alcanzando el tercer radio, la vista ventral es cuneiforme. El color de las células va de verde amarillento a café rojizo. Autotrófica.</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo 64-68 μm y ancho 61-64 μm.</p> <p>Distribución: Especie oceánica y nerítica, característica de aguas cálidas de regiones templadas y tropicales, también es considerada de amplia distribución.</p> <p>Toxicidad: Tóxica relacionada con DSP, OA.</p>	
	Abundancia durante el evento de mayo del 2004	
Boca de La Necesidad: Sólo observada en muestras de red	Caleta de Campos: Sólo observada en muestras de red	

En el caso del Pacífico Americano se ha reportado desde la costa noroccidental de la Península de California hasta el Golfo de Tehuantepec (Hernández *et al.*, 2003), incluyendo el Pacífico Colombiano (Peña y Pinilla, 2002), en ninguno de estos casos se ha planetado la posibilidad de que sea una especie tóxica, excepto en el Pacífico del Cono Suramericano (Balech, 2002).

Prorocentrum triestinum (Cuadro 16), es una especie que tuvo una baja densidad celular en la marea roja del 2004, además de que únicamente se observó en Boca de La Necesidad con 700 céls·l⁻¹.

Cuadro 16. *Prorocentrum triestinum*

	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918	
	Sinónimos: <i>Prorocentrum redfeldii</i> Bursa 1959; <i>P. pyrenoideum</i> Bursa 1959.	
	Böhm, 1936, p. 15, figs. 3, b; Dodge, 1975, p. 112, figs. 2D-E; Taylor, 1976, p. 25, pl. 1, figs. 3, (4, 5?); Dodge, 1985, p. 32, fig. 2J; Steidinger y Tangen, 1997, p. 426, pl. 8; Cortés <i>et al.</i> , 2000, p. 87, fig. 1; Fukuyo 2000; Hernández <i>et al.</i> , 2000, p. 118, figs. 27-29;	
Características Morfológicas: Células semejantes a <i>P. micans</i> pero de tamaño menor, la espina apical es pequeña colocada a la derecha de una pequeña depresión donde se sitúa el poro flagelar, al igual que en <i>P. micans</i> los poros se distribuyen más densamente en los márgenes aunque de manera irregular, algunos poros rodean de manera convexa la parte apical y en el margen posterior. Autotrófica.		
Medidas de los ejemplares: Largo 17 µm y ancho 9 µm.		
Distribución: Especie oceánica y nerítica, de amplia distribución.		
Toxicidad: Tóxica relacionada con DSP (Cortés y Hernández, 1998), no tóxica y si relacionada con el agotamiento del oxígeno disuelto provocando condiciones de anoxia (Red-Tide.Org., 2002).		
Abundancia durante el evento de mayo del 2004		
Boca de La Necesidad: 700 céls·l ⁻¹		Caleta de Campos: No se observo

Esta especie ha sido reportada en florecimientos nocivos en aguas marinas de Hong Kong provocados por influencia de los monzones (Yin y Harrison, 2004), es uno de los elementos más importantes en la producción de mareas rojas tóxicas en las costas de Korea del Sur (Kim, 1986).

Se ha encontrado en la Bahía de Mazatlán asociada con DSP, sin llegar a ser dominante (Cortés y Hernández, 1998), posteriormente se ha observado durante eventos donde ha sido la especie dominante pero sin estar asociada a toxicidad o

mortandades pero si a condiciones de eutroficación costera (Cortés *et al.*, 2000), en eventos tóxicos en las costas de Sonora y Sinaloa junto con *Akashiwo sanguinea* (Alonso *et al.*, 2005a), al igual que *P. micans* se requiere de mayores análisis para poder corroborar la posible toxicidad de ésta especie.

Un grupo más de dinoflagelados potencialmente nocivos, independientemente de los tóxicos, son aquellos que están relacionados con el abatimiento del oxígeno disuelto en los sistemas y por consecuencia provocan condiciones de anoxia, y con ello la asfixia principalmente de camarones y peces, ninguna de estas especies se considera tóxica por la IOC (Moestrup, 2004).

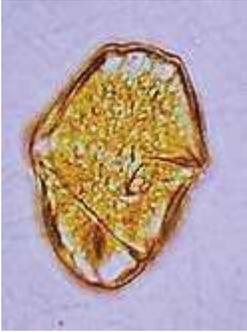
Durante el evento de la marea roja de mayo del 2004, en las costas del estado de Michoacán se pudieron observar las siguientes especies nocivas pero no tóxicas: *Gyrodinium instriatum*, *Amylax triacantha*, *Gonyaulax polygramma*, *Gonyaulax spinifera*, *Ceratium furca*, *Ceratium fusus* var. *fuscus*, *C. furca* var. *eugrammum*, *C. divaricatum* var. *balechii*, *Scrippsiella trochoidea* y *Noctiluca scintillans*.

Gyrodinium instriatum (Cuadro 17), presentó una densidad baja (200 céls·l⁻¹ en ambas localidades Boca de La Necesidad y Caleta de Campos).

Existen evidencias de que la relación de *G. instriatum* con bacterias tóxicas es lo que provoca problemas en organismos marinos como peces (Uchida *et al.*, 1995; Alverca *et al.*, 2002), los florecimientos han sido reportados para el verano y ocasionalmente en el invierno en China y Hong Kong (Boyer, 1996; Songhui y Hodgkiss, 1999).

Para el caso del Pacífico Americano, fuera de aguas mexicanas, esta especie esta reportada como formadora de mareas rojas en costas ecuatorianas, provocando condiciones de anoxia que afectaron las áreas de cultivo de camarón, alcanzando hasta 10,000 céls. ml⁻¹ (COI, 1997; Torres, 2000; Jiménez e Intriago, 2001).

Cuadro 17. *Gyrodinium instriatum*

	<i>Gyrodinium instriatum</i> Freudenthal et Lee 1963	
	Sinónimo: <i>Gymnodinium instriatum</i> Freudenthal et Lee 1963	
	Steidinger y Tangen, 1997, p. 452, pl. 1, 19; Fukuyo, 2000.	
	Características Morfológicas: Célula de forma ovoide, amplia en la parte media, epiteca convexa o cortamente cóncava en ocasiones evidentemente truncada, hipoteca bilobada con el sulcus muy cercano al antápice el cual llega a invadir la epiteca, cingulo excavado y desplazado más o menos un tercio de lo largo del cuerpo, el color de las células es más o menos café verdoso. Autotrófica.	
	Medidas de los ejemplares: Largo 78 µm y ancho 52 µm	
Distribución: Cosmopolita, estos organismos son comunes en aguas templadas y tropicales, tanto de la zona nerítica como en estuarios		
Toxicidad: No tóxica, asociada a condiciones de anoxia		
Abundancia durante el evento de mayo del 2004		
Boca de La Necesidad: 200 céls l ⁻¹	Caleta de Campos: 200 céls l ⁻¹	

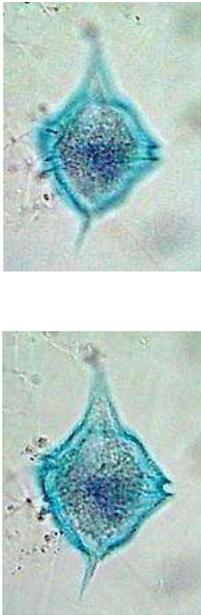
En el Golfo de California, *G. instriatum* se presentó en eventos de marea roja desde 1999 al 2004, relacionados con la camaronicultura en granjas de los estados de Sonora y Sinaloa, donde se reportó con el nombre de *Gymnodinium instriatum* (Alonso y Páez, 2003).

Amylax triacantha (Cuadro 18), en la costa michoacana se encontró con una densidad baja durante el evento del 2004, de hecho solamente se pudo observar en las muestras de red, donde aparece comúnmente.

Steidinger y Tangen (1997), mencionan que *A. triacantha* está reportada tanto para el Atlántico como para el Pacífico, sin embargo, sólo se ha observado en costas de la Bahía de Dabob en el estado de Washington, U.S.A. (Horner *et al.*, 2005) como un elemento común en el fitoplancton, mientras que en aguas peruanas está asociada a eventos de mareas rojas provocados por especies tóxicas (DIGENSA, 2004).

En el Pacífico Mexicano, *A. triacantha*, también se ha observado en eventos de marea roja asociada a especies tóxicas en la Bahía de Mazatlán, Sin. (Cortés y Núñez, 1992; Cortés *et al.*, 1995; Cortés y Hernández, 1998; Alonso, 1998; Herrera, 1999; Ochoa *et al.*, 2002; Ochoa, 2003), sin llegar a ser considerada como dominante en dichos eventos.

Cuadro 18. *Amylax triacantha*

	<i>Amylax triacantha</i> (Jørgensen) Sournia 1984	
	Sinónimo: <i>Gonyaulax triacantha</i> Jørgensen 1899; <i>Gonyaulax triacantha subinermis</i> Conrad, 1939	
	Dodge, 1985, p. 217, fig. 25J; Dodge, 1989, figs. 1J, K, 28, 30-33; Steidinger y Tangen, 1997, p. 504, pl. 41; Bérard <i>et al.</i> , 1999, p. 168, pl. 85i, 86b-c; Fukuyo, 2000; Kuylenstierna y Karlson, 2000.	
	Características Morfológicas: Células pequeñas de forma subperiforme, con epiteca rematada en una proyección a manera de cuerno, la hipoteca presenta varias proyecciones pequeñas semejando espinas. La fórmula del arreglo de las placas es Po, 3', 3a, 6'', 6c, 7 o 8s, 6''' y 2''', 1' con un poro angosto en la parte ventral posterior derecha. Autotrófica.	
Medidas de los ejemplares: Largo 38 (87) μm y ancho 32 (55) μm		
Distribución: Nerítica, presente en aguas frías dentro del Pacífico.		
Toxicidad: No tóxica, asociada a condiciones de anoxia		
Abundancia durante el evento de mayo del 2004		
Boca de La Necesidad: Sólo observada en muestras de red	Caleta de Campos: Sólo observada en muestras de red	

Gonyaulax polygramma (Cuadro 19), en la marea roja del 2004 se mostró con una densidad media (800 céls·l⁻¹ en Boca de La Necesidad y 6600 céls·l⁻¹ en Caleta de Campos).

Esta especie no es considerada como tóxica pero si se asocia a eventos donde existe un abatimiento del oxígeno disuelto, lo cual provoca condiciones de anoxia reflejados en la mortandad masiva de peces e invertebrados (Faust y Gullledge,

2002), ha sido reportada en aguas de Hong Kong provocando asfixia de peces en granjas de cultivo (Hodgkiss y Ho, 2002).

Cuadro 19. *Gonyaulax polygramma*

	<p><i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883</p>	
	<p>Sinónimo: <i>Protoceridinium pgrophynum</i> Pouchet 1883, <i>Gonyaulax triacantha</i> Jørgensen 1899; <i>Gonyaulax triacantha subinermis</i> Conrad, 1939</p>	
	<p>Taylor, 1976, p. 107, pl. 35, fig. 398; Dodge, 1985, p. 212, fig. 26J; Balech, 1988, p. 167, lám. 74, figs. 11-15; Hernández-Becerril, 1988, p. 431; Dodge, 1989, p. 287, figs. 2E, 15-16; Hallegraeff, 1991, p. 62, figs. 21A-B; Steidinger y Tangen, 1997, p. 507, pl. 42; Fukuyo, 2000; Faust y Gullledge, 2002, pl. 21, figs. 1-6.</p>	
	<p>Características Morfológicas: Células de forma casi pentagonal a bicónicas irregulares, epiteca terminando en un cuerno truncado y grueso con salientes evidentes en forma de hombros. la hipoteca termina de forma redondeada mostrando dos espinas una grande y hasta nueve pequeñas, el cingulo esta desplazado moderadamente cerca de 1.5 con respecto al cuerpo, mientras que el sulcus termina en forma de espátula. La fórmula tecal es: Po, 3', 2a, 6", 6c, 4-8s, 6"', 1"', la placa 6" es trapezoidal con borde interno reforzado y cóncavo. Autotrófica.</p>	
<p>Medidas de los ejemplares: Largo 44 (55) µm (sin la espina) y ancho 40-41 µm</p>		
<p>Distribución: Es una especie nerítica y oceánica, cosmopolita en aguas templadas y tropicales, se considera de amplia distribución</p>		
<p>Toxicidad: No tóxica pero asociada con condiciones de anoxia.</p>		
<p>Abundancia durante el evento de mayo del 2004</p>		
<p>Boca de La Necesidad: 800 céls·l⁻¹</p>	<p>Caleta de Campos: 6 600 céls·l⁻¹</p>	

Para el caso del Pacífico en América, exceptuando las costas mexicanas, se ha observado en aguas Colombianas en la Ensenada de Utría (Peña y Pinilla, 2002), incluso en aguas Chilenas (Santander *et al.*, 2003), sin llegar a formar floraciones, en cambio en costas peruanas se ha relacionado con eventos de mareas rojas durante el mes de abril del 2004, donde la especie dominante fue *Akashiwo sanguinea* y

acompañando también a *Ceratium furca*, *Procentrum micans* y *P. gracile* (ERM, 2004).

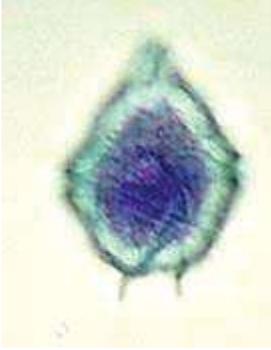
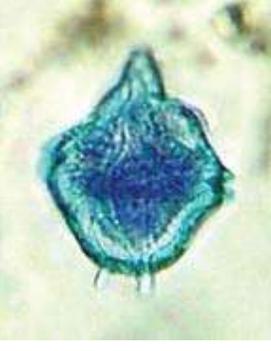
En aguas del Pacífico Mexicano, *G. polygramma*, se ha observado como asociada en mareas rojas de la Bahía de Mazatlán, Sin. (Alonso, 1998), por otro lado también se localizó de la misma manera dentro del Golfo de California en la Bahía de Los Ángeles (Millán, 1988), en ninguno de los casos anteriores se menciona como una especie dominante y mucho menos provocadora de condiciones de anoxia.

Gonyaulax spinifera (Cuadro 20), alcanzó una densidad baja durante la marea roja del 2004, ya que sólo obtuvo 100 céls·l⁻¹ tanto en Boca de La Necesidad como en Caleta de Campos.

Todavía en la década de los noventas esta especie se consideró como no tóxica pero si nociva, debido a las altas concentraciones de sus células que provocaban abatimiento del oxígeno disuelto y con ello grandes mortandades de peces por asfixia en la costa noroccidental de Canadá (Whyte, 1997), sin embargo, aún durante la presente década se sigue reportando como una especie no tóxica, como es el caso de la costa Pacífica de California, U.S.A. (EMB, 2003).

Recientemente *G. spinifera* ha sido relacionada con YTX (yessotoxinas), sin llegar a mencionarse las áreas donde se ha presentado, ni el grado de toxicidad que la misma pudiera tener (Busby, 2004), también se ha encontrado ligada a los azaspirácidos (AZP) reportándose para aguas del Pacífico de Costa Rica (Freer y Vargas, 2003).

Cuadro 20. *Gonyaulax spinifera*

 	<p><i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède et Lachmann) Diesing 1866</p> <p>Sinónimo: <i>Peridinium spiniferum</i> Claparède et Lachmann 1859</p> <p>Dodge, 1985, p. 214, figs. 26C-F, pl. 6f; Balech, 1988, p. 166, lám. 74, figs. 1-4; Hernández-Becerril, 1988, p. 431, fig. 42; Dodge, 1989, figs. 2B, 18-19; Steidinger y Tangen, 1997, p. 507, pl. 42; Bérard <i>et al.</i>, 1999, p. 169, pl. 88a-c, e, g, h; Fukuyo, 2000; Kuylenstierna y Karlson, 2000.</p> <p>Características Morfológicas: Células de forma casi pentagonal a bicónicas irregulares, epiteca terminando en un cuerno truncado y grueso con salientes evidentes en forma de hombros más marcados y gruesos que en <i>G. polygramma</i>. la hipoteca termina de forma redondeada mostrando dos espinas del mismo tamaño montadas sobre dos ligeras prominencias, el cingulo es fuertemente excavado y descendente de 2.5–3 veces su altura y de entrecruzamiento pronunciado, el sulcus es bastante ensanchado desde el borde posterior derecho del cingulo. Placa 6" triangular de borde izquierdo reforzado y cóncavo. Autotrófica.</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo 31-44 μm y ancho 24-38 μm</p> <p>Distribución: Es una especie nerítica y oceánica, cosmopolita en aguas templadas y tropicales, se considera de amplia distribución</p> <p>Toxicidad: No tóxica pero asociada con condiciones de anoxia recientemente relacionada con YTX y AZP.</p>		
	<p>Abundancia durante el evento de mayo del 2004</p> <table border="1"> <tr> <td>Boca de La Necesidad: 100 céls·l⁻¹</td> <td>Caleta de Campos: 100 céls·l⁻¹</td> </tr> </table>		Boca de La Necesidad: 100 céls·l ⁻¹
Boca de La Necesidad: 100 céls·l ⁻¹	Caleta de Campos: 100 céls·l ⁻¹		

Para el caso de las costas de México, *G. spinifera*, Cortés y Becerril (1998) la citan como una especie relacionada con DSP sin especificar localidades, los quistes de esta especie han sido reportados en el Golfo de California en sedimentos recientes de Bahía Concepción (Morquecho y Lechuga, 2003) y en la Bahía de Todos Los Santos como una especie integrante del fitoplancton de esta zona, sin mencionarse si produce mareas rojas o no (CONABIO, 2004).

Las densidades alcanzadas por *Ceratium furca* (Cuadro 21), durante el evento del 2004 se consideraron muy bajas (400 céls·l⁻¹ en Caleta de Campos, mientras que en

Boca de La Necesidad solamente se presentó en muestras de red como muy frecuente).

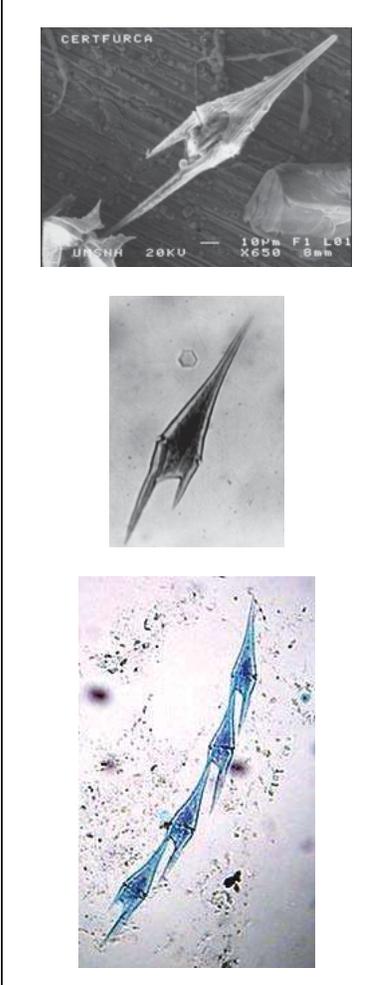
Esta especie se ha relacionado con niveles bajos de DSP en las costas orientales de China, incluyendo Hong Kong, afectando de manera directa a los mejillones donde se detectaron concentraciones de hasta 10 µg/g de DSP (Zhao, 2000; Yan *et al.*, 2004).

Para el caso del Pacífico Americano, exceptuando México, *C. furca* se reporta como un componente de florecimientos no tóxicos, desde las costas de California, U.S.A. hasta las Chilenas en Sudamérica, en todos los casos su relación se establece con el abatimiento del oxígeno provocando muerte de invertebrados y peces por asfixia (Horner *et al.*, 1997; Suárez, 2001; Peña y Pinilla, 2002; Ochoa y Tarazona 2003; Trainer, 2004; ERM, 2004; Vargas y Freer, 2004).

En la costa Pacífica de México, *Ceratium furca*, ha sido observada en eventos de marea roja desde la costa noroccidental de la Península de California (incluyendo el Golfo de California), hasta las costas de Colima (Ortiz *et al.*, 1987; Blasco 1997; Cortés y Hernández, 1998; Lechuga *et al.*, 2000; Cortés *et al.*, 2002; Figueroa y Zepeda, 2001; Gómez *et al.*, 2002).

En zonas al sur del estado de Michoacán, ésta especie se ha presentado en florecimientos tóxicos como acompañante de *Akashiwo sanguinea* (Herrera, 2002), para el caso del Golfo de Tehuantepec ha sido detectada como parte del fitoplancton, sin llegar a formar florecimientos (Santoyo y Signoret, 1978).

Cuadro 21. *Ceratium furca*

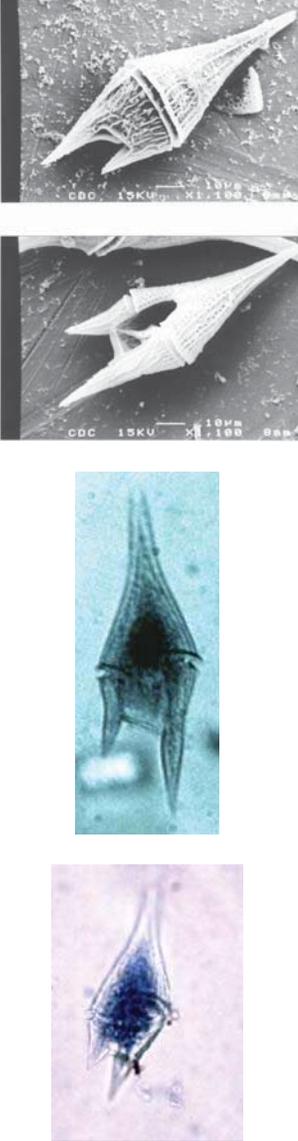
	<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède et Lachman 1858	
	Sinónimo: <i>Peridinium furca</i> Ehrenberg 1836	
	Jørgensen, 1920, p. 17, figs. 7-12; Graham y Bronikovsky, 1944, p. 18, fig. 7; Sournia, 1967, p. 22, fig. 19; Subrahmanyam, 1968, p. 20, pl. II, figs. 7-12, figs. 21-29; Taylor, 1976, p. 60, pl. 12, figs. 107-109; Dodge, 1985, p. 228, fig. 28C, pl. VIII; Balech, 1988, p. 131; Hernández-Becerril, 1989, figs. 4, 45; Steidinger y Tangen, 1997, p. 472, pl. 25; Fukuyo, 2000; Kuylenstierna y Karlson, 2000.	
	Características Morfológicas: Células característicamente largas con dos cuernos antapicales paralelos, el izquierdo más pequeño que el derecho, ambos pueden presentar pequeñas espinulas, el cuerno apical es cónico alargado con numerosas estrías cuya terminación es ligeramente truncada. Autotrófica y mixotrófica.	
Medidas de los ejemplares: Largo 107-229 µm y ancho 13-41 µm		
Distribución: Es una especie principalmente, puede invadir aguas estuarinas y oceánicas, se considera cosmopolita en aguas frías templadas y tropicales.		
Toxicidad: No tóxica asociada con condiciones de anoxia.		
Abundancia durante el evento de mayo del 2004		
Boca de La Necesidad: Sólo se observo en muestras de red como muy frecuente	Caleta de Campos: 400 céls·l ⁻¹	

Ceratium furca var. *eugrammum* (Cuadro 22), presentó altas densidades durante la marea roja del 2004 en la costa michoacana (800 céls·l⁻¹ en Boca de La Necesidad y 3300 céls·l⁻¹ en Caleta de Campos).

Es una especie que se ha observado en pocos sitios, tal vez se deba a la confusión de esta variedad, ya que se ha citado con otros nombres como *C. furca* var. *hircus*, y *C. minutum* (Okolodkov y Gárate, 2006), incluso Balech (1988) menciona la posibilidad de que se llegue a confundir con especies como: *C. pentagonum*, *C. lineatum* y *C. kofoidii*.

En el caso del Pacífico americano *C. furca* var. *eugrammum*, se reporta como acompañante en zonas de surgencia durante el período de “El Niño” en la parte sur de las costas Chilenas (Santander *et al.*, 2003).

Cuadro 22. *Ceratium furca* var. *eugrammum*

	<p><i>Ceratium furca</i> var. <i>eugrammum</i> (Ehrenberg) Schiller 1937</p> <p>Sinónimos: <i>Peridinium eugrammum</i> Ehrenberg, 1860; <i>C. furca</i> ssp. <i>eugrammum</i> (Ehrenberg) Jörgensen; <i>C. furca</i> var. <i>medium</i> Gourret, 1883; <i>Ceratium minutum</i> Subrahmanyam, 1968</p> <p>Jörgensen, 1920, p. 20, fig. 9; Sournia, 1967, p. 398, fig. 18; Subrahmanyam, 1968, p. 27, fig. 39-40; Taylor, 1976, p. 61, pl. 12, figs. 107-108.</p> <p>Características Morfológicas: Células pequeñas de contorno rectilíneo a ligeramente convexo, cuerno apical cónico y robusto con estrías, cuernos antapicales pequeños y robustos agudos en los extremos, sin espinulas, el izquierdo más chico que el derecho.</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo 87 µm y ancho 38 µm</p> <p>Distribución: es una especie principalmente nerítica, aunque se puede encontrar en aguas oceánicas de mares tropicales, ha sido confundida con otras especies como: <i>C. lineatum</i>, <i>C. kofoidii</i>, <i>C. furca</i> var <i>hircus</i>, incluyendo a <i>C. pentagonum</i>.</p> <p>Toxicidad: No tóxica asociada con condiciones de anoxia.</p>	
	<p>Abundancia durante el evento de mayo del 2004</p>	
	<p>Boca de La Necesidad: 800 céls·l⁻¹</p>	<p>Caleta de Campos: 3 300 céls·l⁻¹</p>

Mientras que para la costa Mexicana, ésta especie no ha sido observada en eventos de marea roja, pero si como componente normal del fitoplancton en el Golfo de California (Licea *et al.*, 1995) y en el Pacífico Mexicano (Okolodkov y Gárate, 2006).

Ceratium fusus var. *fuscus* (Cuadro 23), esta especie no ha sido reportada como potencialmente nociva a nivel mundial, sin embargo, Ochoa *et al.*, (2002), la mencionan como una especie potencialmente nociva presente en el litoral del Pacífico Mexicano; en el evento de marea roja de mayo del 2004 en la costa michoacana solamente fue observada en muestras de red con una alta frecuencia de aparición.

Cuadro 23. *Ceratium fusus* var. *fuscus*

	<p><i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin 1841 var. <i>fuscus</i> Sournia 1967</p> <p>Sinónimos: <i>Peridinium fuscus</i> Ehrenberg 1834; <i>Ceratium fuscus</i> var. <i>seta</i> (Ehrenberg) Jörgensen; <i>C. fuscus</i> var. <i>schuttii</i> Lemmermann</p> <p>Sournia, 1967, p. 409, fig. 32; Taylor 1976, p. 66, pl. 13, fig. 129; Balech, 1988, p. 132, fig. lám. 54, fig. 8; Hernández-Becerril, 1989, p. 38, fig. 15; Hernández-Becerril y Navarro, 1996, p. 466, fig. 5.</p> <p>Características Morfológicas: Células muy largas y fusiformes, con un cuerno apical desarrollado y más grueso que el antapical derecho, el hipocono presenta dos cuernos el izquierdo muy pequeño apenas perceptible y el derecho muy largo y angosto curvándose ligeramente hacia la derecha. Autotrófica.</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo 444 µm y ancho 18 µm</p> <p>Distribución: Especie de oceánica a estuarina, principalmente nerítica, cosmopolita de aguas frías templadas a tropicales.</p> <p>Toxicidad: No tóxica asociada con condiciones de anoxia.</p>	
	<p>Abundancia durante el evento de mayo del 2004</p>	
<p>Boca de La Necesidad: Sólo observado en muestras de red como muy frecuente</p>	<p>Caleta de Campos: Sólo observado en muestras de red como muy frecuente</p>	

Ceratium divaricatum var. *balechii* (Cuadro 24), fue observada durante el evento de mayo del 2004, con densidades de 1600 céls·l⁻¹ en Boca de La Necesidad y de 500 céls·l⁻¹ en Caleta de Campos; esta variedad en particular presenta una problemática taxonómica ya que a la misma se le han asignado diferentes nombres, los más utilizados son *Ceratium dens* y *C. divaricatum*.

Cuadro 24. *Ceratium divaricatum* var. *balechii*

	<p><i>Ceratium divaricatum</i> var. <i>balechii</i> (Meave et Okolodkov) Hernández-Becerril et Alonso-Rodríguez 2004</p>	
	<p>Sinónimos: <i>Ceratium tripos</i> var. <i>sensu</i> Bergh (1881); <i>Ceratium tripos</i> var. <i>divaricatum</i> Lemmermann (1899); <i>Ceratium furca</i> var. <i>divaricata</i> Lemmermann <i>sensu</i> Jörgensen (1911); <i>Ceratium tripos</i> (var. <i>ponticum</i>) f. <i>divaricatum</i> (Lemmermann) Jörgensen (1920); <i>Ceratium dens</i> Ostenfeld et Schmidt (1901); <i>Ceratium tripos porrectum</i> Karsten (1907); <i>Ceratium porrectum</i> (Karsten) Jörgensen (1911); <i>Ceratium tripos</i> var. <i>ponticum</i> Jörgensen (1920); <i>Ceratium balechii</i> Meave, Okolodkov et Zamudio 2003.</p>	
	<p>Hernández-Becerril y Alonso-Rodríguez, 2004, p. 350, figs. 2f, h-j, 3m,n.</p>	
	<p>Características Morfológicas: Células de apariencia fina y delicada, en vista apical aplanadas dorsoventralmente y curvadas formando una “c”, epiteca triangular terminando en un cuerno apical bien definido con su extremo truncado, la hipoteca es más o menos rectangular con dos cuernos de longitud variable y reducidos, el cuerno antapical izquierdo pequeño y sin tendencia a curvarse el antapical derecho más grande y curvado ligeramente hacia la derecha, ambas tecas presentan venación y alveolos. Autotrófica y/o ¿Mixotrófica?.</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo 143-240 μm y ancho 52-72 μm</p> <p>Distribución: Especie nerítica tropical, característica del Pacífico oriental.</p> <p>Toxicidad: No tóxica asociada con condiciones de anoxia.</p>	
Abundancia durante el evento de mayo del 2004		
<p>Boca de La Necesidad: 1 600 céls·l⁻¹</p>	<p>Caleta de Campos: 500 céls·l⁻¹</p>	

En el Pacífico americano ésta especie ha sido relacionada con florecimientos nocivos en la Bahía de Monterey, U.S. (Ryan *et al.*, 2005), además se menciona su participación en mareas rojas en la costa oeste de los Estados Unidos, asociada con muertes masivas de invertebrados y peces debido al abatimiento del oxígeno disuelto (Horner *et al.*, 1997).

Los reportes más sureños de ésta especie se ubican en el Golfo de Nicoya en Costa Rica donde se le relaciona con florecimientos algales nocivos acompañado de *C. furca* y *C. fusus* (Vargas y Freer 2004), hasta las costas de Ecuador donde se le menciona como un elemento normal del fitoplancton (Tapia, 2004), también en éstas costas se asocia a mareas rojas (INOCAR, 2006).

En el Pacífico Mexicano *Ceratium divaricatum* con su sinónimo de *C. dens* se ha reportado para el Golfo de California y la Bahía de Mazatlán, vinculada a mareas rojas (Cortés y Alonso, 1997; Alonso, 1998; Cortés y Núñez, 2000), asociándola con posibles efectos de anoxia y obstrucción de branquias en peces; también se reporta como un componente de un florecimiento en Faro de Bucerías (Vargas, 2004), su presencia en mayo del 2004 fue notoria, tanto en la costa de Michoacán como en Colima y Jalisco, Hernández *et al.*, (en prensa), en la Bahía de Manzanillo, Col., la reportan con una abundancia de 22×10^6 céls L⁻¹, siendo la especie dominante en el florecimiento nocivo.

Scrippsiella trochoidea (Cuadro 25), fue observada con una densidad de 3100 céls·l⁻¹ en Boca de La Necesidad y 2300 céls·l⁻¹ en Caleta de Campos considerándose como de mediana abundancia.

El género al que pertenece ésta especie presenta dificultades para la determinación a nivel específico, actualmente se encuentra bajo revisión taxonómica para establecer con claridad las posibles especies (Saldarriaga *et al.*, 2001; Gottschling *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2005).

Scrippsiella trochoidea, se ha observado en la costa de China y Hong Kong formando parte de eventos de mareas rojas asociada con *Prorocentrum triestinum* y *Alexandrium catenella* (Zhu *et al.*, 1997; Yan *et al.*, 2002).

Cuadro 25. *Scrippsiella trochoidea*

 	<p><i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III 1976</p>	
	<p>Sinónimos: <i>Glenodinium trochoideum</i> Stein 1883; <i>G. acuminatum</i> Jörgensen 1899; <i>Peridinium trochoideum</i> Lemmermann 1910; <i>P. faeroense</i> Paulsen, 1905; <i>Scrippsiella faeroense</i> Dickensheets et Cox 1971; <i>Pentapharsodinium dalei</i> Indelicato et Loeblich III 1986?</p> <p>Taylor, 1976, p. 167, pl. 33, figs. 374a-d; Dodge, 1982, p. 163, pl. III d, figs. 18Q-S; Balech, 1988, p. 159, lám. 71, figs. 9-11; Hernández-Becerril, 1988, p. 429, fig. 17; Hallegraeff, 1991, p. 63, figs. 22A-B; Steidinger y Tangen, 1997, p. 527, pl. 6 y 457; Bérard <i>et al.</i>, 1999, p. 173, pl. 92c-f.</p> <p>Características Morfológicas: Células pequeñas periformes, epiteca cónica con un proceso o poro pequeño apical que presenta un anillo rodeado de un collar, cingulo, amplio excavado y rodeado por una pequeña orla, hipoteca redondeada, sulcus ancho excavado y sin llegar al antápice. La fórmula tecal es: Po, x. 4', 3a, 7", 6c, 5s, 5"', 2'''. Autotrófica.</p> <p>Medidas de los ejemplares: Largo 26-35 µm y ancho 21-29 µm.</p> <p>Distribución: Especie nerítica y estuarina, considerada como cosmopolita.</p> <p>Toxicidad: No tóxica relacionada con condiciones de anoxia.</p>	
Abundancia durante el evento de mayo del 2004		
Boca de La Necesidad: 3 100 céls l ⁻¹	Caleta de Campos: 2 300 céls l ⁻¹	

En tanto que en el Pacífico americano ésta especie esta reportada para las costas de Alaska asociada a mareas rojas producidas por *Alexandrium catenella* (Horner, 1996) y en la Bahía Dabob, Washington, U.S.A. (Horner *et al.*, 2005) sin considerarla como parte de florecimientos.

Los registros más sureños de ésta especie en el Pacífico Americano se tienen desde Costa Rica vinculada a mareas rojas donde los principales promotores fueron *Gonyaulax spinifera* y *Protoperidinium crassipes* afectando a mejillones y ostiones (Freer y Vargas, 2003), hasta Sudamérica en aguas ecuatorianas como parte de eventos nocivos provocados por *Akashiwo sanguinea* (Torres, 2000), así

mismo en las costas Peruanas y Chilenas, asociada a florecimientos nocivos originados por *Gymnodinium* spp, *Ceratium furca* var. *eugrammum* y *Protoperidinium crassipes* (DIGESA, 2004 y 2005; Uribe y Ruiz, 2001).

S. trochoidea, se ha observado dentro del Golfo de California, en la Bahía Concepción se menciona la presencia de grandes cantidades de quistes de ésta especie (Morquecho y Lechuga, 2003), mientras que en la Bahía de La Paz se asocia a eventos de marea roja (Gárate *et al.*, 2001), se ha detectado en florecimientos algales nocivos en las costas de Sonora y Sinaloa, indicándose que su abundancia se ha visto incrementada a partir de la década de 1980 afectando muy fuertemente a las granjas camaronícolas de estos estados (Alonso *et al.*, 2005a).

En tanto que para el Pacífico Mexicano se encuentra ampliamente reconocida (Cortés y Hernández, 1998), en la costa noroccidental se menciona como un elemento potencialmente nocivo dentro de la Bahía Todos Los Santos (Ochoa *et al.*, 2002), también se reporta como un integrante común en el fitoplancton de la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S. (Morquecho *et al.*, 2004), así mismo, en la Bahía de Mazatlán esta especie se asocia con mareas rojas (Alonso, 1998).

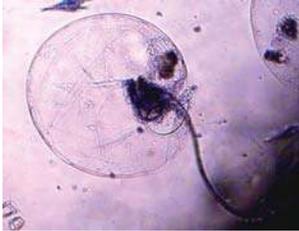
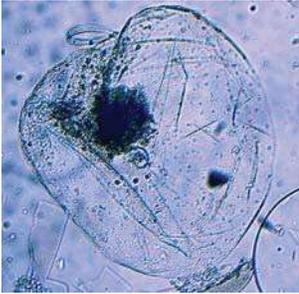
En el Pacífico Tropical de México *S. trochoidea*, se ha observado en eventos de marea roja en el Puerto Interior de Manzanillo, Col. (Figuerola y Zepeda, 2001), además de la Bahía de Maruata, Mich., y Salina Cruz, Oax., como parte del fitoplancton de éstas zonas (Hernández, 1988).

Noctiluca scintillans (Cuadro 26), en la marea roja de mayo del 2004, ésta especie únicamente fue observada en muestras de red en Boca de La Necesidad como rara.

Si bien *N. scintillans* no es tóxica, si se relaciona con la liberación de amonio producto de su metabolismo ya que es un organismo heterótrofo, las altas

concentraciones de este compuesto resultan fatales para invertebrados y peces (Okaichi y Nishio, 1976; Taylor *et al.*, 1995; Faust y Gullledge, 2002).

Cuadro 26. *Noctiluca scintillans*

 	<p><i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid et Swezy 1921.</p> <p>Sinónimos: <i>Medusa scintillans</i> Macartney 1810, <i>Noctiluca milaris</i> Suriray ex Lamarck 1816.</p> <p>Taylor, 1976, p. 186, pl. 39, figs. 478-479; Dodge, 1982, p. 135, figs. 16A-C; Balech, 1988, p. 26, lám. 1, fig. 11; Hernández-Becerril, 1988, p. 427; Larsen y Moestrup, 1989, p. 40, figs. 17a-b; Hallegraeff, 1991, p. 64, figs. 20 y 23; Taylor <i>et al.</i>, 1995, p. 291, fig. 15.11; Steidinger y Tangen, 1997, p. 466, pl. 23 Fukuyo, 2000; Larsen 2002, p. 152, fig. 6.</p> <p>Características Morfológicas: Células esféricas muy grandes, en la fase adulta no se presenta ni epiteca ni hipoteca, el sulcus más o menos marcado rematado por un la prolongación estriada o tentáculo. Heterotrófica.</p> <p>Medidas de los ejemplares: 400 - 600 µm de diámetro.</p> <p>Distribución: Especie nerítica, considerada como cosmopolita en aguas frías y cálidas.</p> <p>Toxicidad: Generalmente no es tóxica pero se asocia con condiciones de anoxia, además ha sido relacionada con mortandades de peces por altas concentraciones de amonio.</p>	
	<p>Abundancia durante el evento de mayo del 2004</p>	
<p>Boca de La Necesidad: Observada como rara en muestras de red</p>	<p>Caleta de Campos: No se observo</p>	

Los florecimientos de *Noctiluca scintillans* resultan ser muy vistosos ya que producen bioluminiscencia, estos eventos se han observado a lo largo y ancho del Pacífico, su relación con eventos nocivos se mencionan para China y Hong Kong (Feng, 2001; Yan *et al.*, 2002; Lu, 2004).

Mientras que en el Pacífico Americano *N. scintillans* se reporta para la costa oeste de los Estados Unidos asociándola con mareas rojas que llegan a producir mortalidades de invertebrados y peces por abatimiento del oxígeno (Horner *et al.*, 1997; Horner *et al.*, 2005; Trainer, 2005), un caso en especial lo representa el

florecimiento de ésta especie en el litoral de California durante la primavera de 1995, dicho fenómeno tuvo un alcance mayor a las 20 millas a lo largo de las costas de La Jolla (Anderson, 2004).

Los reportes más sureños de *Noctiluca scintillans* en el Pacífico Americano, abarcan desde el Golfo de Nicoya, Costa Rica en Centroamérica (Vargas y Freer, 2002), hasta las costas Sudamericanas, en aguas ecuatorianas se menciona su presencia en eventos de marea roja ocurridos durante el período de 1989 a 1999 (Torres, 2000), así como florecimientos nocivos que han afectado la industria camaronícola (COI, 2000), en el caso de Perú y Chile se ha detectado su presencia en florecimientos considerados como no tóxicos, pero si asociadas a arribazones de peces muertos, desconociéndose los motivos de su deceso (Reguera, 2002).

Con relación a México, *N. scintillans* ha sido reportada para el Golfo de California en eventos muy frecuentes en la Bahía Concepción durante el período otoño-invierno. Sin embargo, su presencia es mayor en aguas costeras de la parte sur de la península, incluso en la parte norte en Bacochibampo, Son., Mulegé y Loreto, B.C.S. (Gárate 1996; Gárate, 1997; Gárate, 2005; Morquecho *et al.*, 1997; Lechuga *et al.*, 2001).

De acuerdo a Cortés y Hernández (1998), en el Pacífico Mexicano, *N. scintillans* presenta una amplia distribución, se menciona desde la costa noroccidental de la Península de California en Bahía Vizcaíno, Punta San Hipólito y Punta Abreojos (Blasco, 1977), en la Bahía de Mazatlán, Sin., donde se reporta como asociada a *Gymnodinium catenatum* durante un evento de marea roja en enero del 2000, notándose una marcada depredación de la primera sobre la segunda (Alonso *et al.*, 2005b), también se ha observado en Bahía Banderas, Jal.-Nay., durante la primavera y el otoño formando florecimientos nocivos, los cuales tuvieron una duración de 2 días hasta 18 semanas y provocaron el deceso de peces (Cortés *et al.*, 2002; Cortés *et al.*, 2004).

Hacia la parte central del Pacífico Tropical de México *N. scintillans* se ha reportado dentro del Puerto Interior de Manzanillo, Col., asociada a *Ceratium fusus*, *Prorocentrum micans* y *Scrippsiella trochoidea* en eventos de mareas rojas registrados desde abril de 1999 hasta abril del 2000 (Figueroa y Zepeda, 2001). También se observó en florecimientos no nocivos en la desembocadura del Río Balsas frente a la Boca de Burras, Mich., en noviembre de 1996 (Ceballos *et al.*, 1996). Se tiene conocimiento de su presencia en forma más abundante en florecimientos reconocidos en la Bahía de Maruata durante marzo de 1984 (Ceballos, 1988). El reporte más sureño de esta especie en el Pacífico Mexicano se establece en Salina Cruz, Oax., mencionándose como potencialmente nociva (Ochoa *et al.*, 2002).

Tomando en cuenta el total de especies registradas durante el período de estudio (enero a mayo del 2004), se pudo observar que el 84.0 % de las mismas no son nocivas, mientras que el 16.0 % son potencialmente nocivas, de éstas últimas, tanto las no tóxicas como las tóxicas representan, cada grupo, el 8.0 % (Fig. 5).

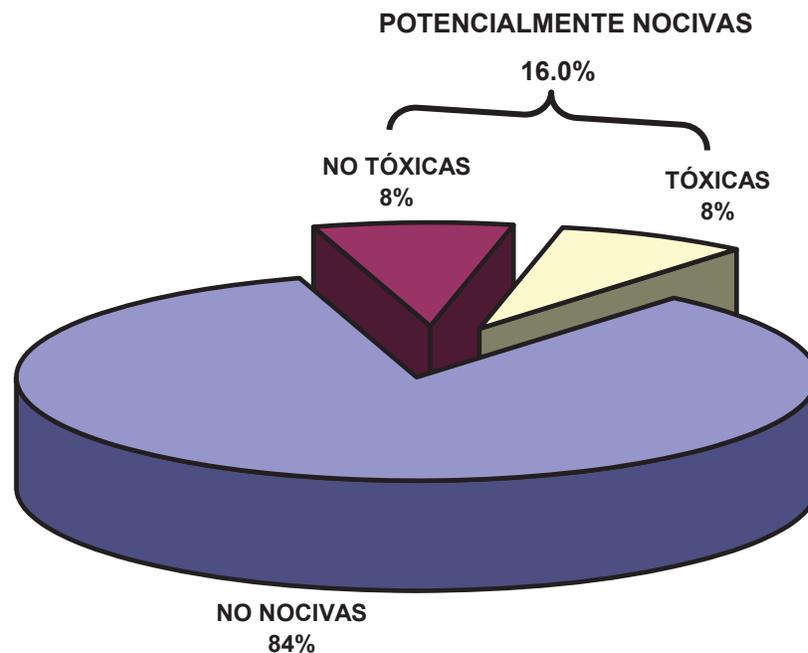


Figura 5. Distribución Porcentual de las Especies Nocivas y no Nocivas de Dinoflagelados, Detectadas Durante el Período de Estudio (Enero a Mayo del 2004) en la Costa Michoacana

Menos de 60 especies de los dinoflagelados potencialmente nocivos son capaces de producir potentes toxinas que afectan tanto a invertebrados como vertebrados marinos incluyendo al humano (Sournia, 1986; Hallegraeff, 1995; Steidinger y Tangen, 1997).

En México, solamente se han reportado como nocivas 51 especies, de las cuales de 25 a 27 son consideradas como tóxicas (Cortés y Hernández, 1998; Hernández, 2003), de las especies potencialmente nocivas de las aguas marinas mexicanas en la costa de Michoacán se encuentran representadas el 43.14 % y el 29.63 % de las tóxicas.

7.3. Evaluación de la Comunidad de Dinoflagelados Potencialmente Nocivos

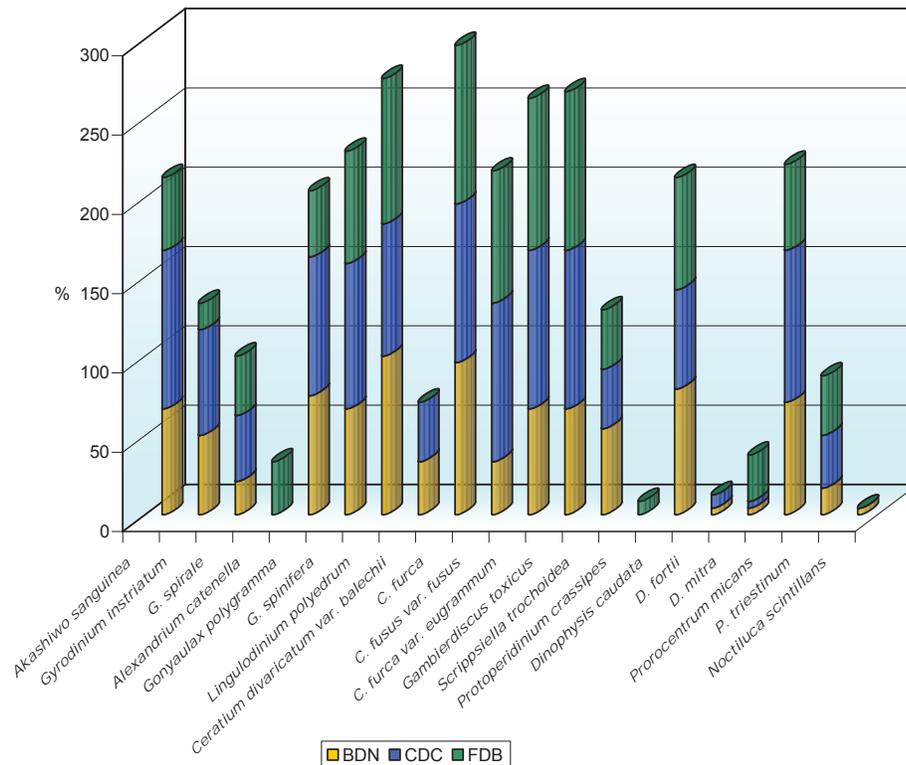
7.3.1. Frecuencia, Abundancia, Dominancia y Valor de Importancia

En la Figura 6 se muestran los valores de frecuencia de aparición total, alcanzados por las especies potencialmente tóxicas a lo largo del período de estudio (enero-mayo del 2004) en las dos localidades donde se presentó el evento de marea roja, adicionándose la localidad de Faro de Bucerías como un área testigo donde no se detectó florecimiento alguno.

Del total de especies potencialmente tóxicas, solamente el 19 % se consideran predominantes (*Lingulodinium polyedrum*, *Ceratium furca*, *C. furca* var. *eugrammum* y *Gambierdiscus toxicus*), mientras que el 14 % son raras (*Protoperidinium crassipes*, *Dinophysis fortii* y *Noctiluca scintillans*), el 65 % restante oscila entre abundantes y escasas.

Durante el período de muestreo, la frecuencia de aparición de las especies fue diferente para cada una de las localidades (Fig. 7).

Especies como *Akashiwo sanguinea*, *Ceratium furca*, *Ceratium divaricatum* var. *balechii*, *Lingulodinium polyedrum* y *Noctiluca scintillans* se han asociado mayormente a eventos de mareas rojas en el Pacífico Tropical Mexicano (Cortés y Hernández, 1998; Hernández, 2003; Sierra *et al.*, 2004).



BDN: Boca de La Necesidad; **CDC:** Caleta de Campos; **FDB:** Faro de Bucerías

Figura 6. Distribución de la Frecuencia de Aparición Total de las Especies Potencialmente Nocivas por Sitios de Muestreo Durante el Período de Estudio (Enero-Mayo 2004)

Durante el florecimiento nocivo de mayo del 2004 en la costa michoacana, *Akashiwo sanguinea*, *Lingulodinium polyedrum*, y *Ceratium furca* destacaron como las especies predominantes por su frecuencia de aparición, tanto en Boca de La Necesidad como en Caleta de Campos, mientras que *Noctiluca scintillans* fue una de las especies raras, de hecho solamente se presentó en Boca de La Necesidad.

En tanto que *Gyrodinium instriatum*, *Amylax triacantha*, *Ceratium furca* var. *eugrammum*, *Protoperidinium crassipes*, *Dinophysis fortii* y *D. mitra*, son las

especies que menos se han reportado en calidad de potencialmente formadoras de mareas rojas (Cortés y Hernández, 1998; Hernández, 2003; Sierra *et al.*, 2004).

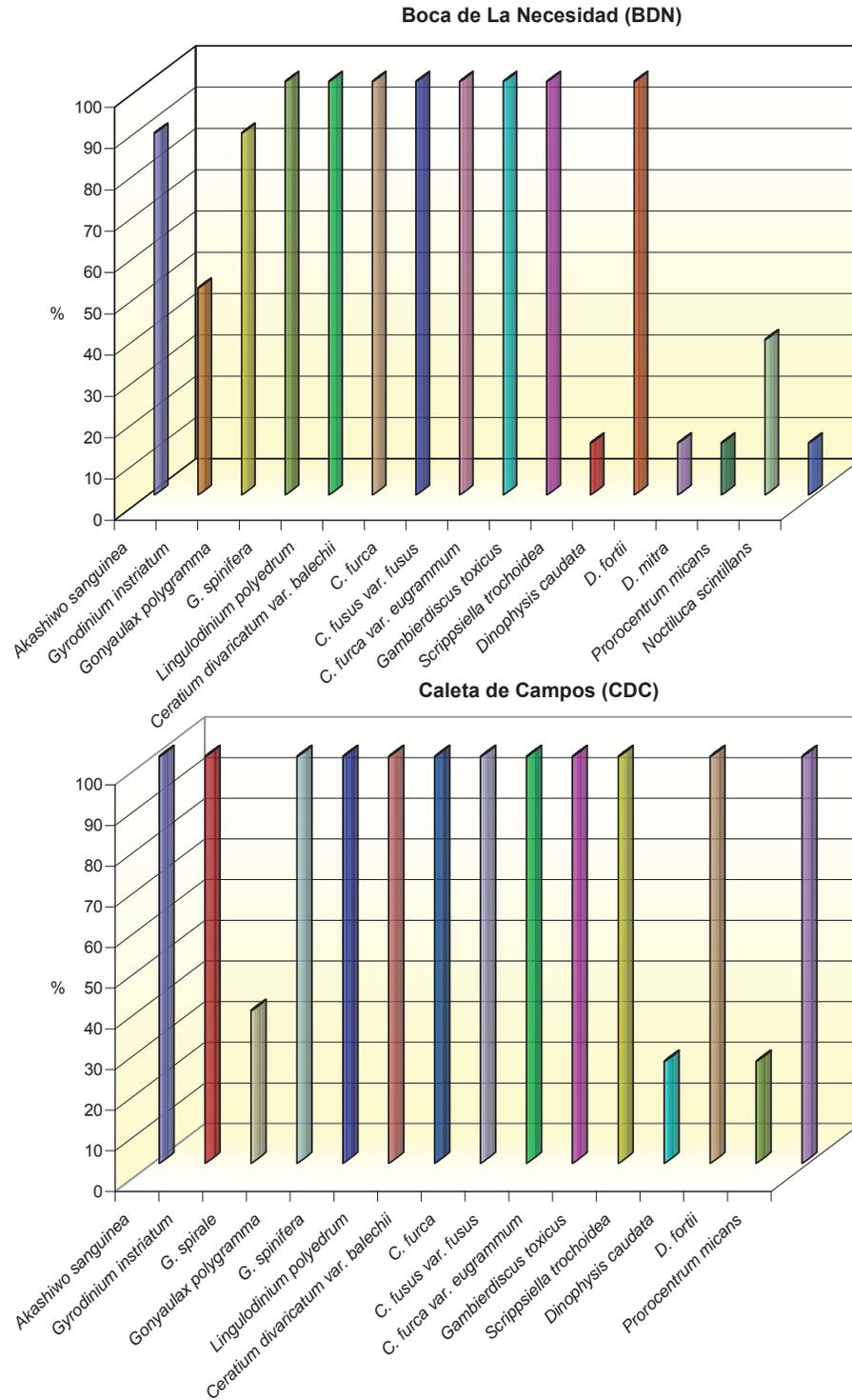


Figura 7. Frecuencia de Aparición de los Dinoflagelados Potencialmente Nocivos Durante el Evento de Marea Roja de Mayo del 2004

Durante la marea roja analizada, *Ceratium furca* var. *eugrammum* fue una de las especies considerada como predominante en ambas localidades, mientras que *Gyrodinium instriatum* se observó como abundante en Boca de la Necesidad y predominante en Caleta de Campos. Es importante mencionar que especies como *Amylax triacantha* y *Protoperidinium crassipes* no fueron observadas durante el evento mencionado, ya que la primera de ellas solamente se encontró en el mes de marzo del 2004 previo a la marea roja del mismo año y se le consideró como frecuente, en tanto que la segunda fue localizada como presente en el mes de mayo pero en Faro de Bucerías donde no hubo florecimientos nocivos.

Las dos especies de dinophysiales ubicadas durante la marea roja del 2004 tuvieron un comportamiento diferente con relación a su frecuencia de aparición, ya que mientras *Dinophysis fortii* se observó como escasa en Boca de La Necesidad y presente en Caleta de Campos, *D. mitra* solamente se localizó en Boca de La Necesidad como escasa.

Hernández (2003), menciona que las especies más frecuentes del fitoplancton que se presentan en las mareas rojas mexicanas son *Prorocentrum dentatum* y *P. minimum*. Cabe señalar que para la costa michoacana, durante el evento de marea roja monitoreado en mayo del 2004, las especies potencialmente tóxicas más frecuentes del género *Prorocentrum* fueron: *P. micans* y *P. triestinum*, de éstas, solamente *P. micans* destacó por su abundancia y frecuencia de aparición. De hecho se pudo observar durante todo el período de muestreo (enero a mayo del 2004) con una alta frecuencia de aparición, siendo una de las especies predominantes, incluyendo el Faro de Bucerías.

Comparando las frecuencias de aparición de las especies de dinoflagelados potencialmente nocivas del evento de marea roja de 2004, con datos de algunas de las especies en la localidad de Maruata, Mich., fuera del evento mencionado (Ceballos, 1988), se puede notar que *Lingulodinium polyedrum* pasa de

predominante a categoría de frecuente, *Ceratium furca* conserva su categoría de predominante, en tanto que *Noctiluca scintillans* cambia de rara a frecuente.

Haciendo un análisis comparativo de la abundancia, frecuencia y dominancia relativas (Fig. 8), podemos establecer cual es el valor de importancia de las especies potencialmente nocivas presentes en la marea roja del 2004.

En ambas localidades es notorio el valor de importancia de *Akashiwo sanguinea*, siendo más alto en Boca de La Necesidad. En el primer caso es la biomasa de los individuos de esta especie la que le da el mayor valor a este índice, en tanto que en el segundo es el número de individuos la que proporciona mayor peso al valor de importancia de la especie.

De acuerdo a Krebs (1985), las especies dominantes de una comunidad efectúan un gran control sobre las demás, Éstas se detectan fácilmente por su abundancia numérica o su biomasa.

Lo anterior nos permite reafirmar el hecho de que *Akashiwo sanguinea* fue la especie que provocó la marea roja en la zona de estudio. Esta situación se ha presentado en varias localidades al norte de las costas michoacanas desde la Península de California hasta Bahía Banderas, Nayarit-Jalisco (Blasco, 1977; Cortés *et al.*, 1996; Gómez, 1998; Gárate *et al.*, 2001), a diferencia de lo ocurrido en la misma época en zonas como Manzanillo, Col., y Mazatlán, Sin. (Hernández *et al.*, 2004), donde *Ceratium divaricatum* var. *balechii* fue el promotor de estos eventos.

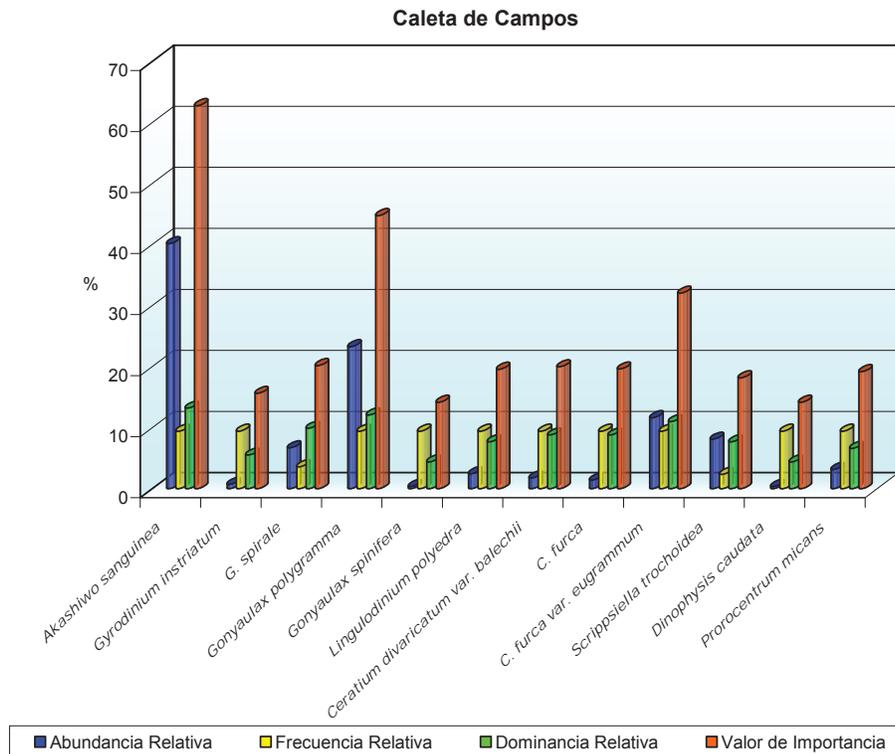
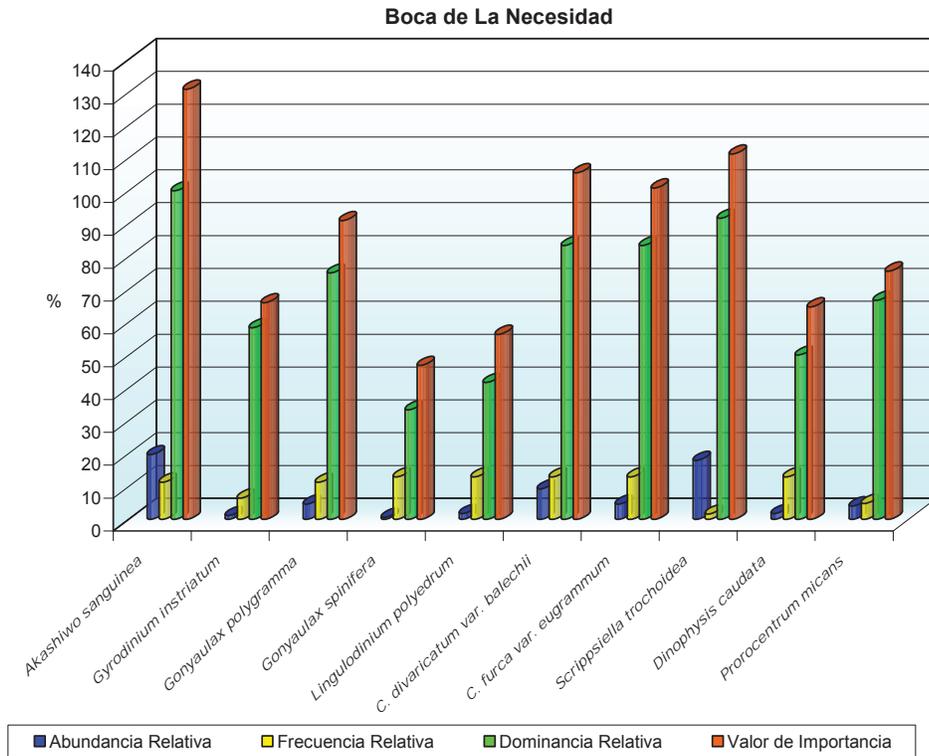


Figura 8. Valor de Importancia de las Especies Potencialmente Nocivas Durante la Marea Roja de Mayo del 2004

Esta situación se reafirma por el Índice de Dominancia en ambas localidades, el cual es alto (Fig. 9), 5900 céls L^{-1} en el caso de Boca de La Necesidad y 11400 céls L^{-1} para Caleta de Campos.

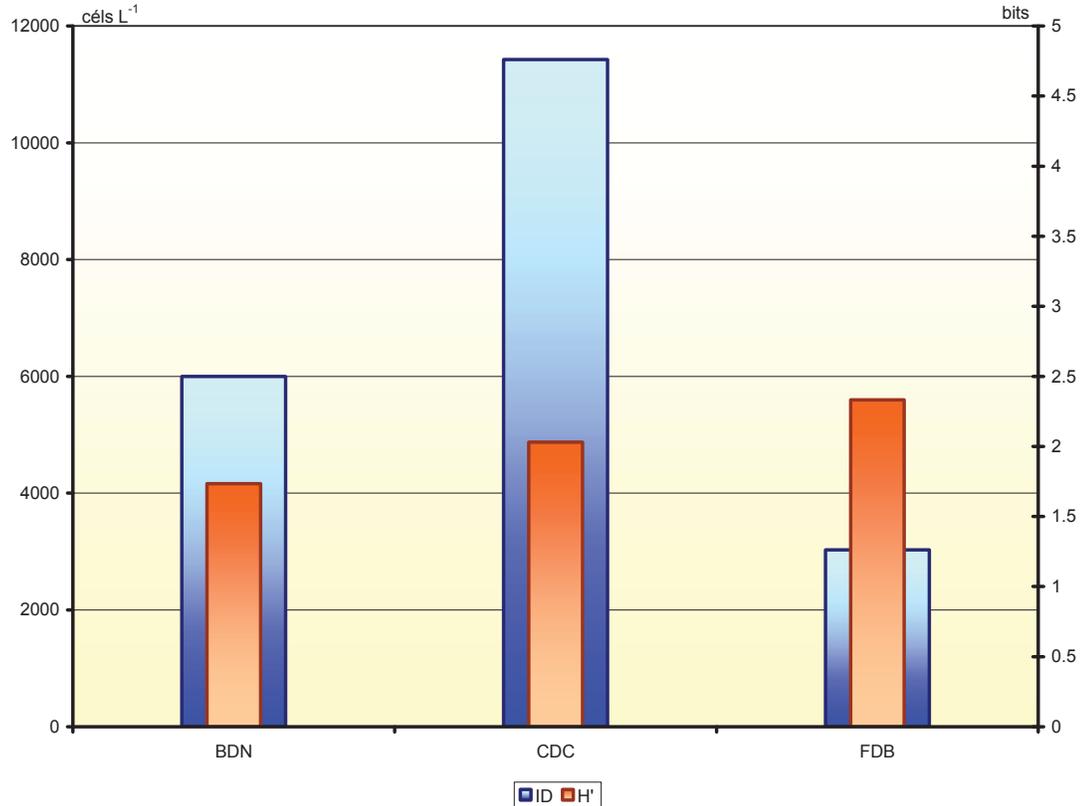


Figura 9. Índice de Dominancia (McNaughton, 1968) y Diversidad de Shannon-Wiener de las Especies de Dinoflagelados Potencialmente Nocivos, Durante la Marea Roja del 2004, en la Costa Michoacana

7.3.2. La Dominancia y la Diversidad

Si comparamos los resultados de dominancia y diversidad de las áreas donde ocurrió la marea roja, con los de zonas donde no se presentó dicho evento, por ejemplo Faro de Bucerías (FDB), en la misma fecha (Fig. 9), podemos establecer diferencias claras del efecto que tienen las especies dominantes, en este caso *A. sanguinea* para Boca de La Necesidad (BDN) y Caleta de Campos (CDC). Los valores nos muestran que a mayor dominancia menor diversidad, de tal manera que es evidente la baja de la diversidad donde la especie tóxica tuvo una alta dominancia, para el

caso BDN y CDC, en tanto que la zona de FDB el proceso se invierte es decir existe una mayor diversidad y una menor dominancia.

La anterior situación refleja que la dominancia puede influir en la diversidad de especies de una comunidad, porque la misma no se refiere solamente al número de éstas, sino también a la proporción que cada una de ellas representa (Margalef, 1972a).

La dominancia se produce cuando una o varias especies controlan las condiciones ambientales que influyen en las especies asociadas. Se dice que una especie es dominante cuando tiene una gran influencia sobre la composición y forma de la comunidad, éstas son de gran éxito ecológico y relativamente abundantes dentro de la comunidad (Krebs, 1985).

En comunidades marinas existe una relación directa entre la riqueza y la dominancia, de modo que a mayor número de especies, se hacen relativamente más abundantes las más comunes (Margalef, 1972b), sin embargo, en estos sistemas se considera habitualmente que la dominancia entre especies se alcanza por exclusión competitiva (Tait, 1987), lo cual se puede manifestar más claramente cuando el sistema se ve afectado por algún fenómeno que no es permanente, ni mucho menos constante, como el caso de los florecimientos algales o mareas rojas.

7.3.3. Las Variables Ambientales y el Florecimiento Nocivo

El comportamiento de las variables ambientales durante el ciclo analizado, se presentan en la Figura 10.

El pH fue la variable más constante, en promedio presentó 8.3, y la de mayores fluctuaciones fueron los nitratos (NO_3) con una media de $0.9067 \mu\text{g}\cdot\text{át}\cdot\text{l}^{-1}$, y una variación de $2.3546 \mu\text{g}\cdot\text{át}\cdot\text{l}^{-1}$, otra característica importante se puede observar en los

fosfatos los cuales no presentan variaciones entre las estaciones de muestreo y por otro lado permanece constante a partir del mes de abril ($0.1516 \mu\text{g}\text{á}\text{t}\text{L}^{-1}$).

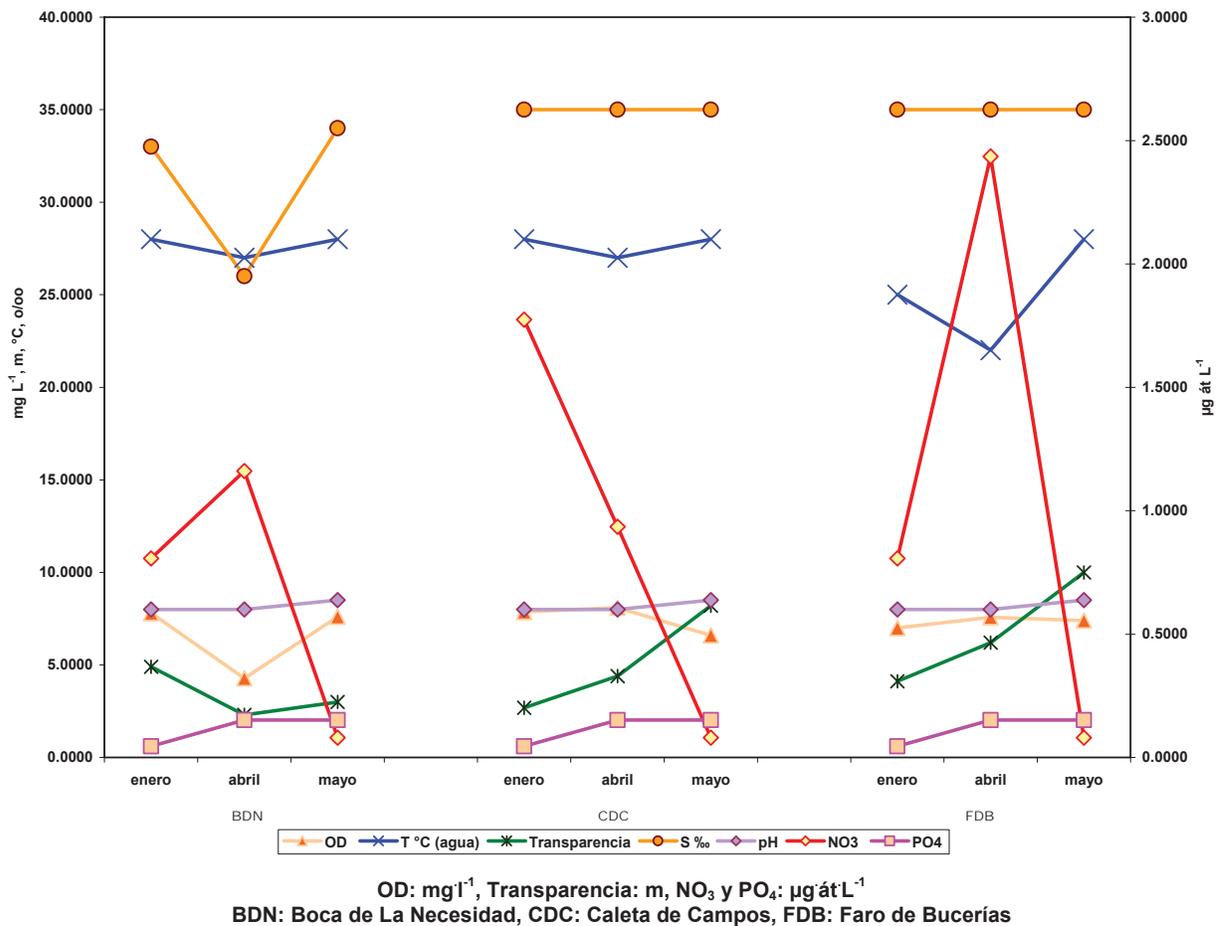


Figura 10. Comportamiento de las Variables Ambientales Durante el Período de Estudio (Enero a Mayo 2004, en Tres Sitios de la Costa Michoacana)

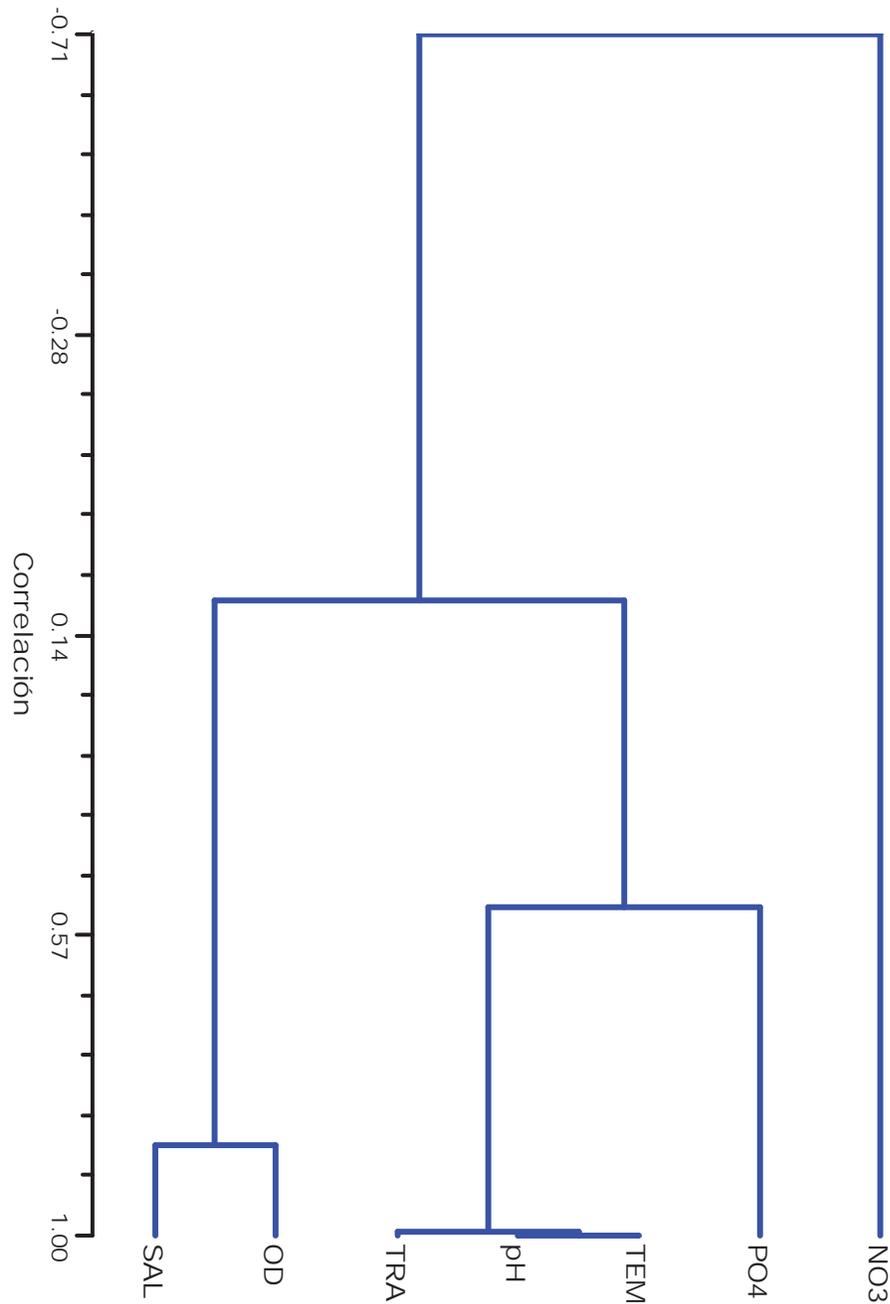
En el caso de la salinidad, se puede apreciar que se mantiene en 35 ‰ en las localidades de Caleta de Campos y Faro de Bucerías, sin embargo, es notoria una disminución en Boca de La Necesidad, situación comprensible debido a que es la zona de la desembocadura del río Balsas; en la misma área es también evidente la disminución de la transparencia del agua (2.3 m), incrementándose la misma en Faro de Bucerías hacia el mes de mayo (10.0 m).

La temperatura muestra una tendencia a la baja hacia el mes de abril en todas las localidades, alcanzando hasta 22 °C en el Faro de Bucerías, para volver a incrementarse en mayo (28 °C), la variación de la temperatura entre localidades y meses es amplia hasta 6.0 °C.

Mediante un análisis de correlación (Fig. 11), se pudieron establecer las posibilidades de agrupación de las variables medidas durante el período de estudio considerando todas las localidades y todos los meses.

En este sentido la temperatura (TEM), estuvo mayormente relacionada con las demás variables, destacando su correlación positiva con el pH y la transparencia (TRA), en tanto que es negativa con los nitratos y en menor grado positiva con los fosfatos (PO₄) y la salinidad (SAL), es importante destacar que también los nitratos se encuentran negativamente relacionados con las demás variables, mientras que los fosfatos se relacionan positivamente con la transparencia y el pH, y negativamente con oxígeno disuelto (OD), este último también presenta una fuerte correlación positiva con la salinidad.

Las variables ambientales de las áreas de influencia de eventos nocivos tienen un efecto importante en el incremento de las abundancias de las especies consideradas como predominantes y a su vez éstas modifican a las primeras, de tal forma que se establece un ciclo. Este tipo de fenómenos no son exclusivos de zonas donde ocurren las mareas rojas, también se manifiesta en regiones donde existen surgencias y responde a un cambio en las condiciones anuales, instaurándose un período estacional (GEOHAB, 2005).



SAL: salinidad, OD: oxígeno disuelto, TEM: temperatura, TRA: transparencia, PO4: fosfatos, NO3: nitratos

Figura 11. Dendrograma de Correlación de las Variables Observadas Durante el Período de Estudio en la Costa Michoacana

La influencia de aguas provenientes de zonas de surgencia hacia la costa michoacana, basada en datos de nutrientes y elementos del fitoplancton, se ha sugerido desde la década de los 80's (Ceballos, 1988; Ceballos y Canedo, 1995),

recientemente ésta situación se ha corroborado tomando como base imágenes de satélite que nos reflejan los cambios de temperatura y clorofila “a” entre las costas de Michoacán y Colima a lo largo de ciclos anuales (Alarcón *et al.*, 2002; López *et al.*, 2002; Morales, *et al.*, 2002).

En suma, si se considera que la costa michoacana se encuentra influenciada por aguas de surgencia, más la Corriente de California, caracterizada por presentar altas concentraciones de nutrientes, bajas temperaturas y la cual se manifiesta fuertemente en la primavera (IMECOCAL, 2006), aunado esto a una anomalía térmica que inicio a finales del 2003 y principios del 2004 y cuyos efectos se manifestaron hasta julio del mismo año (SENAMHI, 2004a, 2004b, 2004c), se puede inferir cuales fueron las causas que probablemente produjeron la marea roja en las costas michoacanas.

Analizando las condiciones de temperatura (Fig. 12), que permanecieron durante el florecimiento nocivo a lo largo de la costa Pacífica entre Guerrero y Colima, se puede notar que la anomalía térmica precisamente se intensificó para la época en que ocurrió la marea roja, no sólo en el estado de Michoacán, sino también en zonas aledañas, incluso en las costas de Centro América (Fig. 13), (SENAMHI, 2004b).

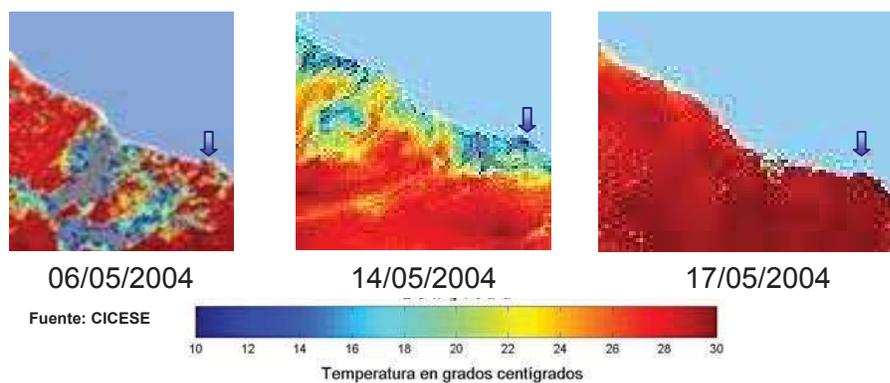


Figura 12. Condiciones de Temperatura Durante el Evento de Marea Roja Entre Guerrero y Colima, la Flecha Indica la Zona de la Desembocadura del Río Balsas

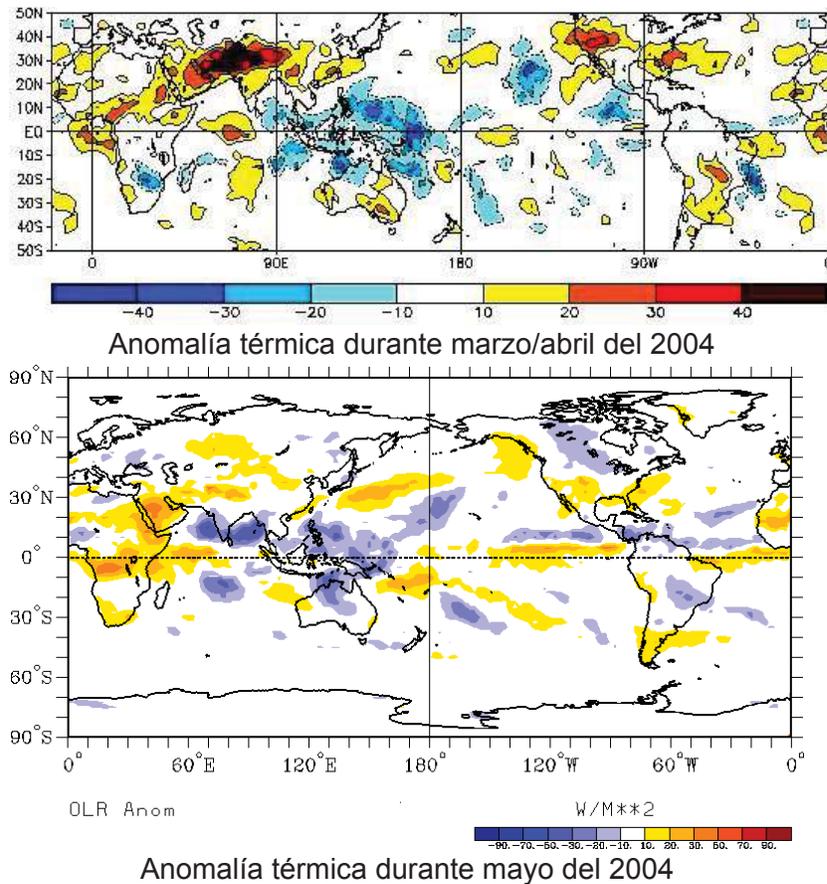


Figura 13. Anomalía Térmica en la Costa del Pacífico Oriental Tropical de México

Fuente : Preparado por el SENAMHI con datos de NCEP/NOAA

Parece factible que la anomalía térmica promoviera que el cambio de temperatura superficial de aguas frías a cálidas en la costa michoacana, por influencia de la Corriente de California, ocurriera de manera desfasada, las temperaturas registradas en enero, febrero y marzo del 2004 fueron altas, en promedio de 27.0 °C, sin embargo, hacia finales de abril del 2004 se presenta una disminución considerable (22 °C), lo que posiblemente provocó un revolcamiento de las aguas profundas hacia la superficie, poniendo a disposición de los fitoplanctones una gran cantidad de nutrientes, además de la presencia de quistes de dinoflagelados potencialmente nocivos que en las aguas superficiales encontraron las condiciones más adecuadas para su desquistamiento y reproducción, tal situación es común que ocurra cuando se forman las mareas rojas en diferentes partes del mundo (GEOHAB, 2005).

La presencia de un florecimiento algal puede ser detectado por imágenes de satélite de falso color, atribuyéndose la coloración a la presencia de clorofila "a" (Aguirre *et al.*, 2001; Cracknell *et al.*, 2001; Lavander y Groom, 2001; Gohin *et al.*, 2002), a partir del análisis de este tipo de imágenes se pudo observar la presencia de altas concentraciones de clorofila "a" entre Guerrero y Colima (Fig. 14).

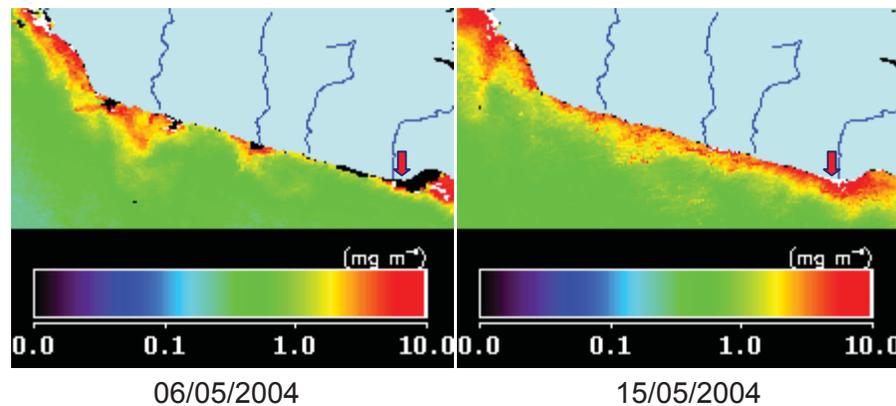
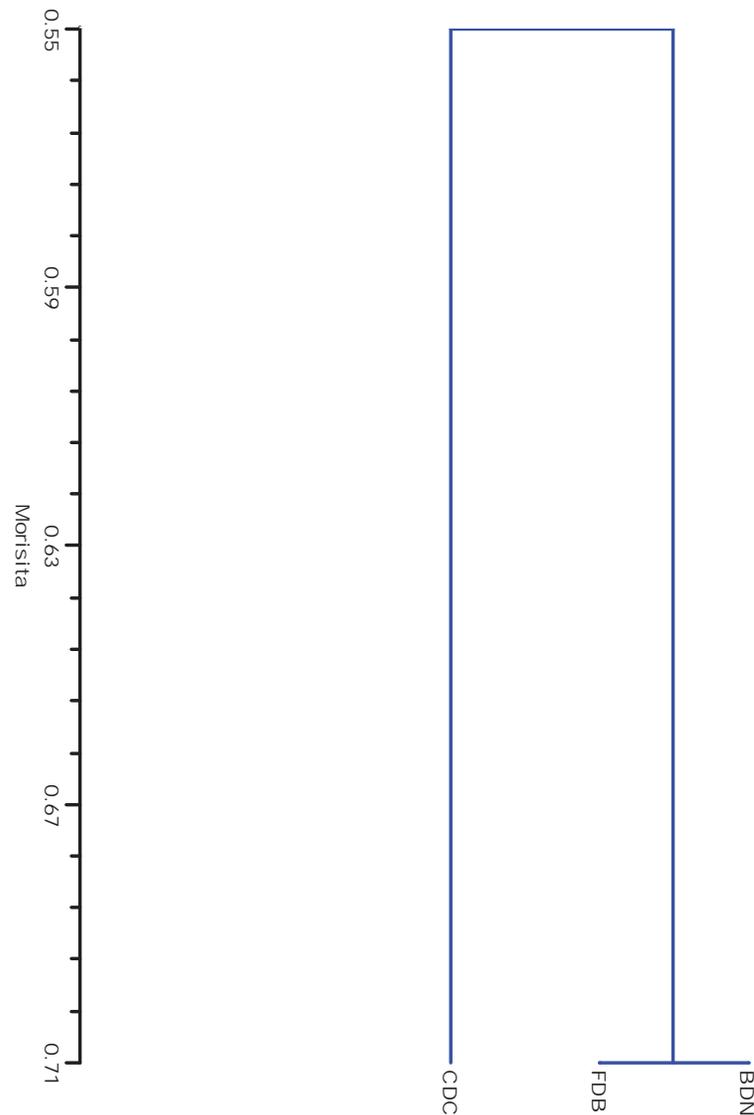


Figura 14. Concentraciones de Clorofila "a" Durante el Evento de Marea Roja Entre Guerrero y Colima, la Flecha Indica la Desembocadura del Río Balsas
Fuente: Preparado por Dr. Morales Blake A. con datos de NCEP/NOAA (Fac. Ciencias Marinas, Universidad de Colima)

Aún cuando es cuestionable, si realmente las imágenes de satélite reflejan los fenómenos de mareas rojas, la corroboración se pudo obtener a partir de los muestreos de fitoplancton y nutrientes realizados para el presente estudio en la época de ocurrencia del florecimiento nocivo para el estado de Michoacán.

7.3.4. Similitud de las Localidades

Considerando las variables ambientales y las especies de las localidades afectadas por la marea roja, Boca de La Necesidad y Caleta de Campos, así como una localidad testigo, Faro de Bucerías, donde no se presentó este evento, se realizó un análisis de similitud de acuerdo al Índice de Morisita (NTSYSpc, 1997), (Fig. 15).



BDN: Boca de La Necesidad, CDC: Caleta de Campos, FDB: Faro de Bucerías

Figura 15. Dendrograma de Similitud de las Localidades de la Costa Michoacana, Analizadas Durante el Período de Estudio (Enero-Mayo 2004)

En conjunto y por separado, las variables ambientales y la abundancia de las especies, nos muestran que existe una alta similitud entre Boca de la Necesidad y Faro de Bucerías, mientras que Caleta de Campos se separa totalmente del grupo.

La anterior situación refleja el comportamiento del oxígeno disuelto y los nitratos en la última localidad, la que difiere de las dos primeras, contribuyendo a ello la conducta de *Akashiwo sanguinea*, especie provocadora de la marea roja, ya que en

Caleta de Campos alcanza su máxima abundancia, favorecido también por la presencia de dos especies que no aparecieron en el registro de abundancia relativa de Boca de La Necesidad y Faro de Bucerías, *Dinophysis caudata* y *Ceratium divaricatum* var. *balechii*, si bien ambas especies si se reconocen en muestras de red para todas las localidades.

Complementario al estudio de similitud, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA), estableciéndose una relación entre las abundancias de los dinoflagelados potencialmente nocivos, las variables ambientales y las áreas correspondientes al evento de marea roja de mayo del 2004, Boca de La Necesidad y Caleta de Campos, además de una localidad testigo, Faro de Bucerías, sin florecimiento nocivo.

En el presente análisis se descartaron tres variables, nitratos, fosfatos y pH, que resultaron redundantes puesto que en todas las localidades se obtuvieron los mismos valores; en la construcción del PCA se utilizaron dos factores, el primero (F1) explicó el 53.1346 % de la variabilidad, en tanto que el segundo (F2) el 46.8654 % (Cuadro 27).

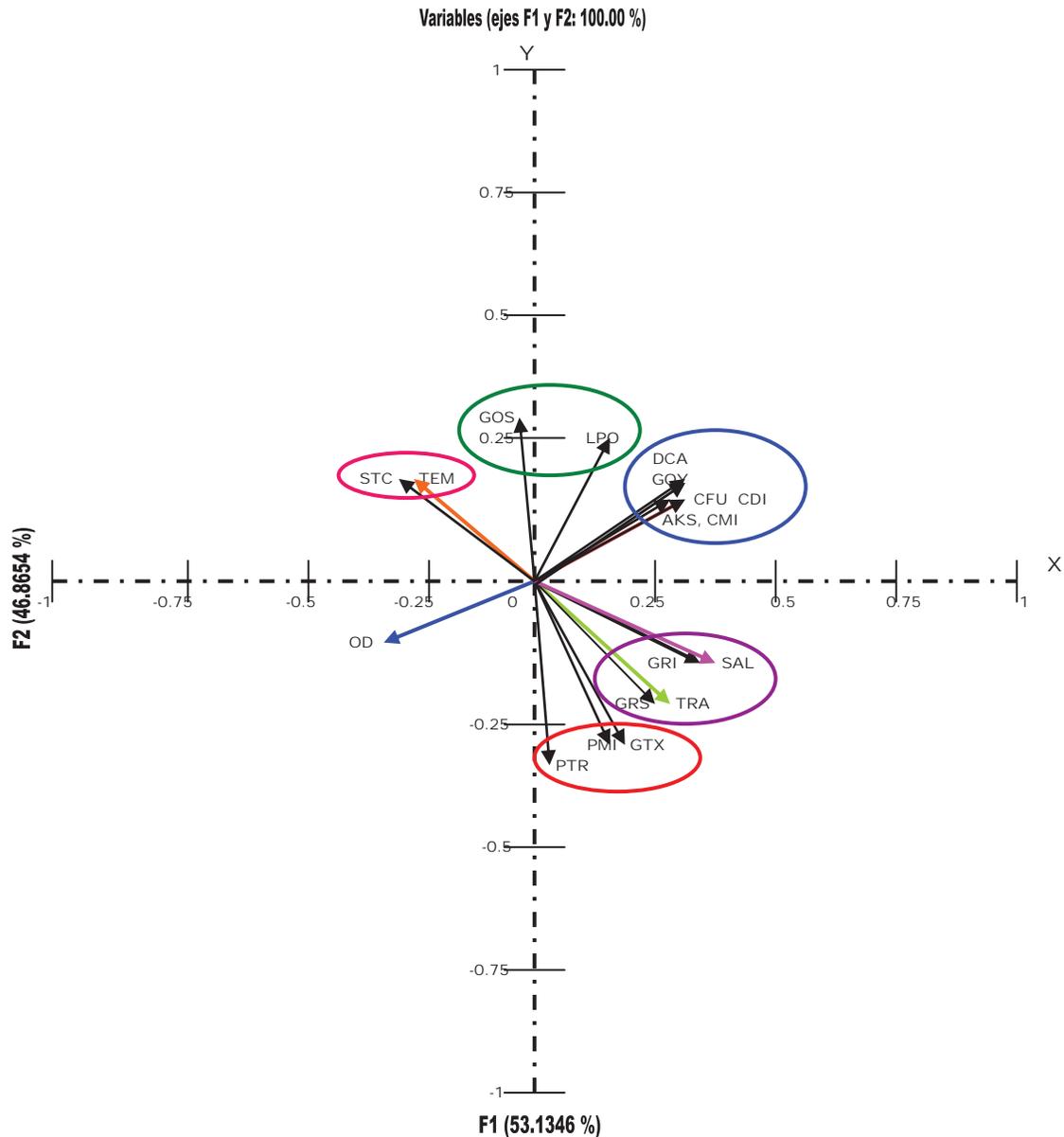
Los resultados muestran la clara formación de cinco grupos (Fig. 16), en F1, se agruparon positivamente *Dinophysis caudata*, *Gonyaulax polygramma*, *Ceratium furca*, *C. furca* var. *eugrammum*, *C. divaricatum* var. *balechii* y *Akashiwo sanguinea* con una correlación alta; el segundo grupo se formó entre la salinidad (SAL) y la transparencia (TRA) vinculadas de manera positiva con *Gyrodinium instriatum* y *G. spirale*, en tanto que negativamente en F2 lo hacen con un tercer conjunto conformado por *Gambierdiscus toxicus*, *Prorocentrum micans* y *P. triestinum* quienes presentan altos valores de correlación.

Cuadro 27. Análisis de Componentes Principales (PCA), para las Especies de Dinoflagelados Potencialmente Nocivos en las Localidades Boca de La Necesidad, Caleta de Campos y Faro de Bucerías, Durante el Período de Estudio (Mayo 2004)

	F1	F2
Valores Propios	9.5642	8.4358
Variabilidad (%)	53.1346	46.8654
% Acumulado	53.1346	100.000

Vectores Propios		
	F1	F2
DCA	0.26663	0.19478
AKS	0.27651	0.17849
GRI	0.29174	-0.14848
GRS	0.24162	-0.22881
GOY	0.26663	0.194478
GOS	-0.02511	0.34326
LPO	0.16295	0.29738
CFU	0.26663	0.19478
CMI	0.27613	0.17915
CDI	0.26663	0.19478
GTX	0.12924	-0.31560
STC	-0.26013	0.20451
PMI	0.10180	-0.32679
PTR	0.02511	-0.34326
TEM	-0.24970	0.21875
TRA	0.24813	-0.22077
SAL	0.29174	-0.14848
OD	-0.29640	-0.13762

El cuarto grupo esta constituido por *Lingulodinium polyedrum* y *Gonyaulax spinifera* de manera positiva en F2 y con una alta correlación; también en este factor, *Scrippsiella trochoidea* se vincula fuertemente de manera positiva con la temperatura (TEM) ambas altamente correlacionadas; finalmente un caso especial lo representa el oxígeno disuelto (OD), variable que se ubicó de manera negativa en F1.



AKS: *Akashiwo sanguinea*; GRI: *Gyrodinium instriatum*; GRS: *G. spirale*; GOY: *Gonyaulax polygramma*; GOS: *G. spinifera*; LPO: *Lingulodinium polyedrum*; CFU: *Ceratium furca*; CMI: *C. furca* var. *eugrammum*; CDI: *C. divaricatum* v. *balechii*; GTX: *Gambierdiscus toxicus*; STC: *Scrippsiella trochoidea*; PMI: *Prorocentrum micans*; PTR: *P. triestinum*; DCA: *Dinophysis caudata*, TEM: temperatura, TRA: transparencia, SAL: salinidad, OD: oxígeno disuelto

Figura 16. Análisis de Componentes Principales, Ordenamiento de las Especies y Variables Ambientales de los Sitios de Marea Roja Boca de La Necesidad y Caleta de Campos, Además de la Localidad Testigo sin Florecimiento Nocivo Faro de Bucerías

El análisis permite inferir que la relación entre el oxígeno disuelto y la abundancia de las especies del primer conjunto, incluyendo a *Lingulodinium polyedrum*, es inversamente proporcional, ésta situación es común en sistemas donde se presentan las mareas rojas, ya que varias de las especies formadoras de estos eventos están directamente relacionadas con el agotamiento del oxígeno, lo cual conlleva la muerte de muchos organismos marinos por asfixia (Cortés y Hernández, 1998; Ho *et al.*, 2002; Moestrup, 2004).

Otra correlación inversa que se pudo observar fue entre la temperatura y la abundancia de *Gyrodinium instriatum*, *G. spirale*, *Gambierdiscus toxicus*, *Prorocentrum micans* y *P. triestinum*, al igual que con la salinidad y la transparencia, un cambio de temperatura en el sistema puede provocar la remoción de sedimentos y con ello quistes de dinoflagelados, que en conjunto alteran la transparencia y la salinidad (Yin y Harrison, 2004; Figueiras *et al.*, 2002)

La espiral de agua que se forma de los procesos de surgencia, al chocar con zonas de arrecifes puede desprender también algas en las cuales se ubica *G. toxicus* y agregar células de estos organismos al plancton, donde son consumidos no solo por peces, también por otros elementos del zooplancton y con ello incorporar a la cadena alimentaria las toxinas de este dinoflagelado relacionado con la ciguatera (Yasumoto *et al.*, 1977, 1980a, 1980b y 1987; Yasumoto, 1990 y 1993; Dalzell, 1992 y 1993; Barton *et al.*, 1995; Arcila *et al.*, 2001; Hernández y Almazán, 2004; Diogéne, 2005).

Otros elementos que son adicionados al plancton provenientes de las algas, producto del movimiento de aguas por cambios de temperatura, son *Gyrodinium instriatum* y *G. spirale*, los cuales también contribuyen con el agotamiento del oxígeno y comúnmente se encuentran asociadas con *Gambierdiscus toxicus* (Chung y Hong, 2000).

La relación directa entre la temperatura y el oxígeno disuelto con *Scrippsiella trochoidea*, se ha observado frecuentemente en eventos de mareas rojas, como es el caso de la Bahía de Mazatlán, Sin. (Alonso, 1998), incluso se ha visto asociada con *Gyrodinium instriatum* (Yuzao *et al.*, 2000), aunque ésta no es una especie tóxica, si causa agotamiento de oxígeno (Ho *et al.*, 2002);

7.4. Análisis del Evento de Marea Roja de Mayo del 2004

En el caso de la costa michoacana, con relación a las especies consideradas como tóxicas, si bien, *P. bahamense* var. *compressum*, no se menciona para el evento del 2004, esta especie ha sido reportada por Alvarado *et al.* (1996), como *P. bahamense* (Fig. 17), mencionando que se observó en forma de cadenas de dos ejemplares, como elemento abundante en manchas que permanecieron hasta por ocho días durante el mes de noviembre de 1995 en las playas “El Salto” y “El Naranjito”, Municipio de Aquila, Mich., época en la cual de acuerdo a los pescadores del lugar se observaron grandes cantidades de peces muertos y el mar tenía un olor fétido.



Figura 17. *Pyrodinium bahamense*, Ejemplar Observado en las Playas de “El Salto” y “El Naranjito”, Mpio. Aquila, Mich., en Noviembre de 1995

Durante este mismo período Ramírez *et al.*, (1996), detectan frente a las costas michoacanas ($18^{\circ} 00' - 103^{\circ} 00'$) a 8.2 millas náuticas al sur de la localidad de Huahua, municipio de Aquila, Mich., un evento de marea roja producido por *P. bahamense* var *compressum*, mencionando altas concentraciones de toxina ($80549 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), en *Striostrea prismatica* (= *Ostrea iridescens*) (ostión de roca),

aludiendo que este evento en comparación con reportes de otros años se desarrolló más temprano (en otoño), tuvo una mayor duración y fue más tóxica.

Los anteriores sucesos coinciden con lo reportado por Alvarado y Ceballos (1997), quienes sugieren que la mortalidad masiva de tortuga negra en la localidad de “Tierra Colorada”, Gro., durante el invierno de 1995, se debió posiblemente a los episodios de marea roja ocurridos durante el mismo período en las costas de Petacalco, Gro., y Playa Azul, Mich., provocados por *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, indicando que esta especie pudiera ser el agente causante de la mortalidad de tortuga por su coincidencia espacio-temporal.

Por otro lado la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA, 2003), establece que para el caso de la costa Oaxaqueña y la Bahía de Acapulco, Gro., entre noviembre de 1995 y febrero de 1996, se presenta *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, como el elemento nocivo que provocó la intoxicación de 193 personas y 3 decesos, lo que hace suponer que dicha variedad puede también corresponder a la observada para el caso de Michoacán, en “El Salto” y “El Naranjito”.

Entonces ¿porqué a partir de principios del 2000 deja de reportarse a *P. bahamense* var. *compressum*, como el elemento tóxico más importante de las mareas rojas en el Pacífico Mexicano?, en este sentido, Sierra *et al.* (2004), sostienen la hipótesis de que hubo un cambio en la estructura del fitoplancton asociado a los eventos de “El Niño” y “La Niña”.

De tal manera que a partir de 1976 hasta antes del verano de 1987, se mencionan observaciones de especies de dinoflagelados tóxicos de regiones templadas: *Gymnodinium catenatum* y *Alexandrium catenella*, a las cuales se les atribuye la formación de mareas rojas tóxicas a lo largo del Pacífico Mexicano alcanzando incluso parte de Centro América (Rosales-Loessener *et al.*, 1989; Saldade *et al.*,

1991; Parrilla *et al.*, 1993; Sotomayor y Domínguez, 1993; Alonso y Barradas, 1996; Cortés *et al.*, 1996; Ramírez *et al.*, 1996; Anónimo 1997b; Ochoa *et al.*, 1998a).

Después del verano de 1987 hasta 1996 se presenta un cambio de estructura del fitoplancton nocivo representado por *P. bahamense* var. *compressum*, un organismo claramente tropical, cuyos efectos tóxicos son más fuertes y la duración de los eventos de marea roja producidas por el mismo son mayores.

Posterior a la aparición de esta especie sobreviene un resurgimiento de *G. catenatum*, cuyos avistamientos desde 1997 se asocian a la presencia de manchas de marea roja en el periodo invierno-primavera, principalmente en el Puerto Interior de Manzanillo y en la propia Bahía de Manzanillo, Col. (Blanco *et al.*, 1999, Morales *et al.*, 2000, Figueroa y Zepeda, 2001).

Para mayo del 2004 en la costa michoacana, de acuerdo a los datos proporcionados por SSM Comité Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos y la Secretaría de Marina Armada de México, la especie provocadora de la marea roja fue *Karenia brevis* (Galván, 2004 y Casillas, 2004a), sin embargo, es importante aclarar que esta especie presenta una distribución restringida al Golfo de México (Cortés *et al.*, 1998; Faust y Gullede, 2002; Wyatt y Zingone, 2004), otra versión maneja la presencia de *Gymnodinium catenatum* (Era 21, 2004), sumado a que el género *Gymnodinium* presenta una gran plasticidad y varias especies han sido reubicadas en otros géneros como: *Karenia*, *Karlodinium* y *Akashiwo* (Taylor y Trainer, 2002).

La observación de muestras en vivo de la marea roja de mayo del 2004, facilitó la determinación de dinoflagelados desnudos relacionados con la producción de PSP, en especial de *Akashiwo sanguinea*, una vez fijadas las muestras, los dinoflagelados desnudos se deforman, es el caso de *A. sanguinea*, la que adquiere una forma que tiene cierta semejanza con *Karenia brevis* (Fig. 18).



Akashiwo sanguinea
fijada



Karenia brevis
viva

Figura 18. Ejemplares de *Akashiwo sanguinea* (Fijada con Formol al 4 %) y *Karenia brevis*, Ejemplar en Vivo

Esta característica pudo conducir a una equivocación en la identificación de la especie que provocó la marea roja en la costa de Michoacán en mayo del 2004.

Ante los sucesos mencionados, se entiende el porque en la costa michoacana, para la marea roja de mayo del 2004, en Caleta de Campos y la Desembocadura del Río Balsas (“Boca de La Necesidad” y la antigua “Boca de Burras”), se observa como especie tóxica a *Akashiwo sanguinea* y no a *P. bahamense* var. *compressum*.

El efecto tóxico de *A. sanguinea* en el evento de mayo del 2004, no se compara con el de los años anteriores donde se presentó *P. bahamense* var. *compressum*, los reportes de toxicidad para esos años en la costa michoacana, evaluada mediante el método de bioensayo en ratón, mostraron concentraciones hasta de $8549 \text{ mg} \cdot 100 \cdot \text{g}^{-1}$ ($8549 \text{ 000 } \mu\text{g} \cdot 100 \cdot \text{g}^{-1}$), afectando al ostión de roca *Striostrea prismatica* (= *Ostrea iridescens*), que al ser consumidos por la población provocó severas intoxicaciones, incluyendo decesos humanos lamentables (Ramírez *et al.*, 1996; Cortés *et al.*, 1995; Cortés, 1998; Ronsón, 1999; Herrera, 2002; Sierra *et al.*, 2004).

En contraste, para la marea roja examinada en el presente estudio, las concentraciones reportadas por la Jurisdicción Sanitaria N° 8. (SSA) y analizadas en el Laboratorio de Salud Pública “Galo Soberón” de Acapulco, Gro. (en el máximo del florecimiento de la marea roja, el 19 de mayo del 2004), fueron de $165.00 \mu\text{g} \cdot 100 \cdot \text{g}^{-1}$

a $136.44 \mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (Rodríguez, 2004; Yedid, 2004; Casillas, 2004b y Galván, 2004), concentraciones que se ubicaron por debajo de lo reportado cuando menos para el evento de octubre a diciembre de 1995 (Ramírez *et al.*, 1996).

Es necesario aclarar que la NOM-031-SSA1-1993 (SSA, 1995; SS, 2001), establece un valor mínimo, para el caso de saxitoxina, de $80 \mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para prohibir el consumo de moluscos bivalvos, en tanto que las Jurisdicciones Sanitarias instauran una fase de precontingencia con un aviso de alerta, a partir de los $40 \mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (SS, 2001).

A diferencia de los fenómenos anteriores al presente estudio, la población humana no se vio afectada por el consumo de los moluscos bivalvos, ya que el aviso preventivo fue emitido a tiempo por el Comité Técnico Jurisdiccional de Marea Roja N° 16 de la Costa de Michoacán, quienes decretaron la veda para el consumo de ostiones de roca provenientes de la costa de Guerrero y Michoacán.

Por otro lado, una forma alterna de evaluación de la letalidad de una marea roja, complementaria a la de detección de toxinas, se realiza por medio del conteo de células de las especies dañinas, este método no está contemplado dentro de la NOM-031-SSA1-1993, referencias al mismo se encuentran en la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-005-SSA1-2001 (SS, 2001), en esta se menciona que los niveles máximos permisibles de células de especies tóxicas productoras de ácido domóico, brevetoxina y saxitoxina son de $5000 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$, estableciéndose la fase de precontingencia cuando se rebasan las $2500 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$, en tanto que la de contingencia se establece cuando se rebasan los valores de los niveles máximos permisibles.

En el ámbito internacional para considerar un florecimiento microalgal como marea roja, se menciona que se deberá rebasar $1 \times 10^6 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$ (Kim *et al.*, 1993; NWFSC, 2005), sin embargo, es difícil separar un simple florecimiento no nocivo de uno nocivo debido a que la abundancia puede ser entre $200 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$ hasta $2 \times 10^6 \text{ céls}\cdot\text{l}^{-1}$ (FWRI, 2003), lo cual implica un traslape de valores para definir la marea roja, además se ha

intentado establecer promedios que van de los 5×10^6 céls·l⁻¹ a 20×10^6 céls·l⁻¹ (Herrera y Ojeda, 1999).

Por ejemplo una relación del número mínimo de células necesarias para producir la “Unidad ratón” de IPIA (aproximadamente 0.18 µg de IPIA o PSP) de acuerdo a Amengual (1989), en el caso de especies del género *Gonyaulax* es la siguiente: *G. polyedra* (1.7×10^5 céls·l⁻¹), *G. catenella* (0.7×10^5 céls·l⁻¹ hasta 5.0×10^4 céls·l⁻¹), *G. acatenella* (6.0×10^3 céls·l⁻¹) y *G. tamarensis* (4.5×10^3 céls·l⁻¹).

En los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Colima *Akashiwo sanguinea* se ha reportado con densidades que varían desde 3.0×10^5 céls·l⁻¹ a 5.3×10^6 céls·l⁻¹ (Cortés y Núñez, 1992; Cortes *et al.*, 1995a; Cortes *et al.*, 1995b; Cortés y Alonso, 1997; Alonso, 1998; Cortés, 1998; Cortés *et al.*, 2002).

Considerando lo anterior, se puede establecer un análisis de lo ocurrido en el fenómeno de marea roja que se presentó en las playas michoacanas durante mayo del 2004, los primeros reportes de la densidad celular, en el caso de la desembocadura del río Balsas, para el día 19 fueron de 67500 céls·l⁻¹ de *Akashiwo sanguinea*, esta densidad disminuyó hasta alcanzar una concentración de 25000 céls·l⁻¹ para el día 26 (Era 21, 2004) y de 22500 céls·l⁻¹ para el 27 del mismo mes (Casillas, 2004b).

Sin embargo, los datos obtenidos a partir de las muestras analizadas para el presente estudio, en el caso de la desembocadura del río Balsas, manifiestan una considerable disminución de la abundancia de *A. sanguinea* para el 24 de mayo, hasta una concentración máxima de 3400 céls·l⁻¹, en tanto que en Caleta de Campos obtuvo 11400 céls·l⁻¹. Si se considera la propuesta de Amengual (1989), el valor máximo de abundancia (67500 céls·l⁻¹), estaría cercano a lo necesario para producir la “Unidad ratón” de IPIA, para aquellas especies productoras de PSP, como es el caso de *A. sanguinea*.

Comparando los resultados con lo propuesto por Herrera y Ojeda (1999), los valores estarían fuera de los promedios mencionados, en tanto que de acuerdo al criterio de NWFSC (2005) en ninguno de los casos se llega a rebasar 1×10^6 céls·l⁻¹, lo cual estaría lejos de considerar a este evento como una marea roja, esto coincide también con lo señalado en la NOM-EM-005-SSA1-2001, ya que las densidades celulares mencionadas en esta norma resultan más altas que para cualquiera de los valores establecidos, incluso a nivel internacional, excepto para lo citado por FWRI (2003) ya que en este caso, los rangos de células por litro son muy amplios.

La anterior situación resulta ser muy compleja, de tal manera que se puede considerar que la densidad de células de una marea roja va a depender de los sitios donde se presenten estos eventos, las variables ambientales y las especies dominantes, así como el tiempo de duración (Smayda, 1997).

La nocividad que puede producir una población de una especie en particular, dependerá de la densidad de células y del tipo de toxina (Amengual, 1989), recientemente se ha abordado la posibilidad de que la toxicidad de los dinoflagelados se deba realmente a la concentración de ciertas bacterias intracelulares en los mismos (Silva, 1990; Dantzer y Levin, 1997; Balech, 2002; Schweikert, 2003; Hackett, 2004; Snyder *et al.*, 2005).

Por otro lado, aún y cuando más de una especie sea productora del mismo tipo de toxina, por ejemplo saxitoxina, los alcances biológicos y el efecto en las pesquerías y la población humana son de suma importancia, de acuerdo a Sierra *et al.* (2004) "...La imagen clínica del envenenamiento por consumo de moluscos es la misma y esta claramente asociada al neurotropismo de las toxinas, partiendo desde una ligera intoxicación, hasta una muy severa e incluso ocasionando la muerte por paro respiratorio...", de tal manera que no se presenta diferencia alguna entre los efectos causados por las toxinas, excepto por el tiempo en que se tardan en presentarse los síntomas, ya que este puede variar de acuerdo a las especies, en algunas en promedio es de cuatro horas y para otras entre una y dos horas.

La anterior situación puede explicarse tomando en cuenta la heterogeneidad en la densidad celular de cada especie y la diferencia de la concentración de las toxinas de las diferentes especies, de tal manera que, ciertos eventos de marea roja, implican la reducción del tiempo de absorción-difusión-efecto, con lo cual se reducen las posibilidades de atender en tiempo y forma a los afectados por el consumo de moluscos bivalvos relacionados con PSP, esta condición se ve mayormente agravada si los avisos de precontingencia no son emitidos a tiempo o si las cooperativas de pescadores hacen caso omiso de los mismos.

Considerando lo anterior ¿qué efectos podría tener un florecimiento en el cual participan más de una especie productora de la misma toxina?, es decir, una marea roja de este tipo ¿tendría el mismo efecto que un “cóctel” de toxinas?, la respuesta podría darse si se toma en cuenta la posible selectividad en los hábitos alimentarios de organismos implicados en el consumo de los dinoflagelados tóxicos.

El “ostión de roca” *Striostrea prismatica* (= *Ostrea iridescens*), es uno de los bivalvos que mayormente contribuyen con las pesquerías de la costa michoacana, y es el primero en prohibirse para el consumo humano (NOM-031-SSA1-1993), durante los períodos de mareas rojas, como ocurrió en los eventos de 1995 y de 2004 (Medina, 2004), es una especie filtradora cuyos hábitos alimentarios son omnívoros, entre sus principales artículos nutricios se encuentran ciliados, dinoflagelados, diatomeas y pequeñas partículas de materia orgánica (Melchor *et al.*, 2002); al ser un filtrador no selectivo, en caso de presentarse una marea roja, puede ingerir grandes cantidades de células de dinoflagelados, en particular de aquellos que contienen saxitoxina (STX), entonces la acumulación de este “veneno” en sus tejidos (músculo) es alta, por lo cual resulta un buen indicador de la presencia de la toxina en las áreas sujetas a la marea roja.

La retención de la toxina en los ostiones es muy variable, su eliminación puede demorar varios años (Collins, 1978), o en unos cuantos meses (Cortés *et al.*, 1993); tal situación puede provocar que la prohibición del consumo de estos moluscos se

prolongue por más tiempo, en este sentido si se considera que la costa michoacana, cuenta por lo menos con seis bancos ostrícolas de importancia (“Las Peñitas”, “Boca de Burras”, “Las Peñas”, “El Bejuco”, “Caleta de Campos” y “Pichilinguillo”), todos ellos cercanos a la desembocadura del río Balsas y los cuales han estado sujetos a diferentes eventos de mareas rojas, entonces el proceso de retención de toxinas, se verá reflejado en las pérdidas económicas de los pescadores cuyo sustento monetario depende de la comercialización del “osti6n de roca”.

Ante este panorama, cualquier evento que afecte la pesquería de osti6n de roca tiene consecuencias económicas graves, es el caso de las declaraciones de contingencia que se establecieron durante los eventos de marea roja de 1995 y 2004 para las costas de Guerrero y Michoacán, si bien el efecto económico negativo es a nivel local, las cooperativas de pescadores dedicadas a la captura de osti6n (tres en el caso de Lázaro Cárdenas), no tienen otra fuente de ingresos, en promedio deberían haber capturado aproximadamente una tonelada de osti6n durante el período del evento de mayo del 2004 lo cual no ocurrió.

En particular la captura de este recurso es para el comercio local y regional, su extracción se lleva a cabo de forma intensiva, en la mayoría de los casos sin llegar a respetar las tallas mínimas, lo cual es un reflejo de la presión que el comercio ejerce sobre el mismo, transformándose esto en una alta demanda por los propios lugareños y el turismo, bajo esta situación poco han hecho las autoridades correspondientes, encargadas de vigilar su captura y establecer un buen programa de investigación básica para ordenar la explotación del mismo a través del uso y aprovechamiento sustentable del recurso.

Existe también la posibilidad de la presencia de ciguatera en la costa michoacana, ya que las áreas donde se presenta ésta enfermedad, generalmente corresponden también a arrecifes rocosos, en los cuales encontramos cantidades importantes de algas rojas y corales (Alvarado *et al.*, 2005), siendo estos los principales sustratos de *Gambierdiscus toxicus*, además de ser zonas de una alta influencia alimentaria para

peces de arrecife (Domínguez, 1997), entre los que se encuentran *Citula dorsalis*, *Lutjanus guttatus*, *Cyclopsetta querna*, *Cynosciun phoxocephalus*, *C. reticulatus*, *Caranx caballus* todos ellos de importancia comercial y que pueden alimentarse de organismos que se encuentran entre los corales y las algas y en consecuencia adquirir a *G. toxicus* y con ello tener posibilidades de la presencia de la ciguatera, si bien ésta enfermedad no ha sido reportada para la costa michoacana su presencia no se descarta ya que sus síntomas pueden llegar a confundirse con simples diarreas u otras enfermedades (Diogéne, 2005).

Lehane (1999), menciona que la distribución mundial de *G. toxicus* se a ampliado de manera preocupante, su dispersión posiblemente se deba al transporte que se realiza a través de las aguas de lastre en los barcos, pero además, al incremento en la introducción en los mercados mundiales de peces provenientes de zonas de alta influencia de ciguatera y al aumento en el consumo de los mismos.

Considerando lo anteriormente expuesto, se presenta a continuación un prototipo que pretende reflejar la dinámica del fitoplancton con respecto a las mareas rojas en la costa michoacana (Fig. 19), para la elaboración del mismo se tomaron en cuenta los datos obtenidos por Ceballos (1988), adicionándose las especies de dinoflagelados potencialmente nocivos que fueron observados durante el evento de mayo del 2004; se tomó como base el modelo propuesto por Figueiras *et al.*, (2002).

Es importante recordar que bajo los argumentos anteriores la anomalía térmica es un factor de desestabilización que promueve por un lado el inicio de las mareas rojas y por otro el desfase de las mismas, ya que bajo condiciones normales, la época en que se habian presentado los florecimientos nocivos, cuando menos en la costa michoacana hasta 1996, correspondía al final del otoño y principios de invierno (Cortés *et al.*, 1995; Ramírez *et al.*, 1996; Cortés, 1998; Ronsón, 1999).

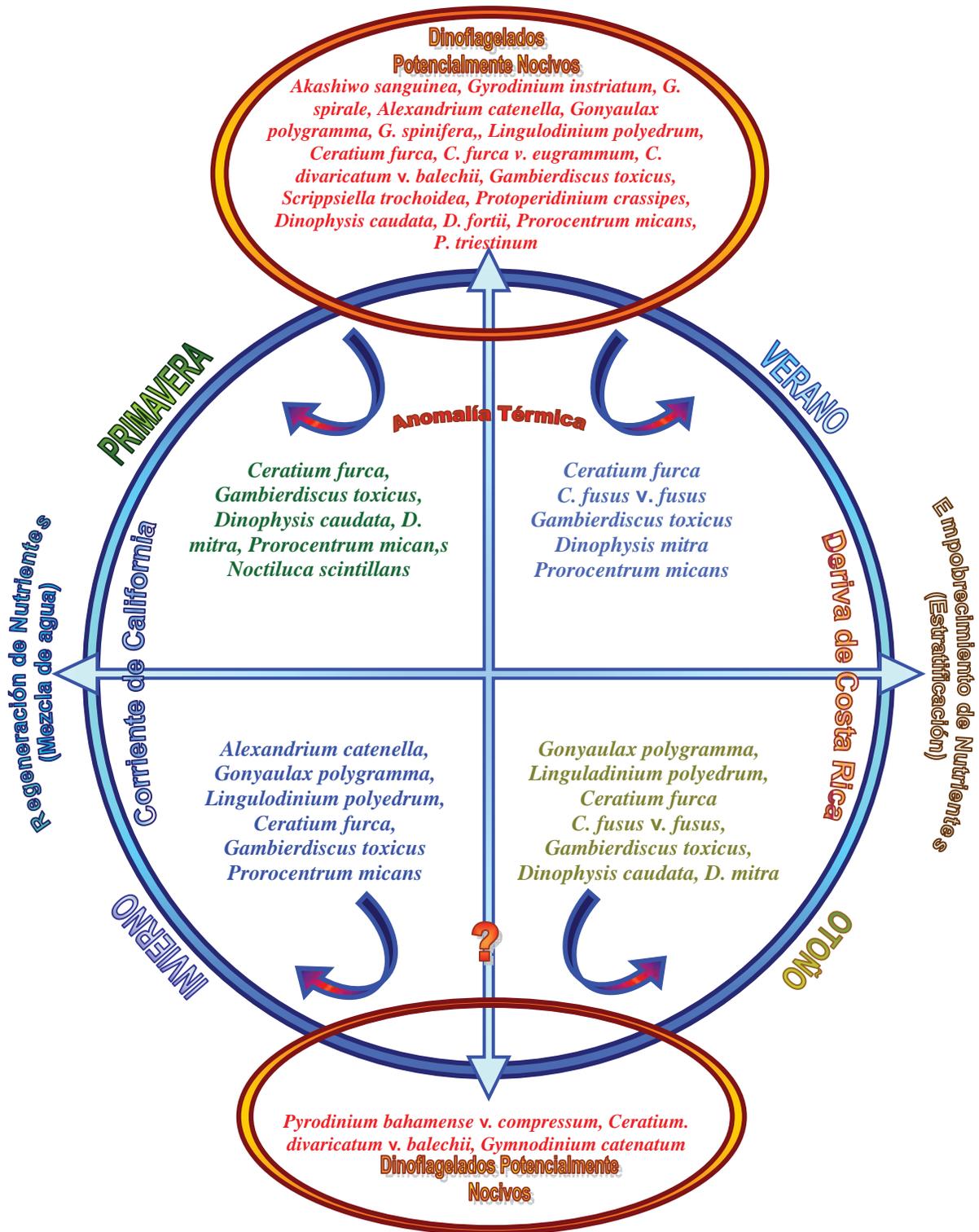


Figura 19. Modelo de Distribución Estacional del Fitoplancton y la Marea Roja, Adaptado de Figueiras et al. (2002)

En los cuatro campos se presentan las especies de dinoflagelados características para cada época del año, a la izquierda y derecha del modelo se incluyen las corrientes marinas dominantes y su efecto sobre la disponibilidad de nutrientes.

En la parte de arriba se colocaron los elementos provocadores de la marea roja de mayo del 2004, tomando como factor de detonación la anomalía térmica, en la parte de abajo se muestran las especies que participaron predominantemente, en fenómenos de marea roja en noviembre de 1996 y años anteriores, se desconoce cual pudiera ser el detonador de estos últimos eventos.

Las flechas al interior del círculo nos indican el posible desplazamiento de la marea roja; es importante mencionar que los argumentos sobre efectos que pudieran tener los contaminantes en la formación e intensidad de las mareas rojas, cada vez es mayormente apoyado, así como el cambio climático global y sus consecuencias en la fuerza con que se presenten los fenómenos de “El Niño” y “La Niña” (Alonso y Ochoa, 2002; Sierra *et al.*, 2004).

8. CONCLUSIONES

- Se observaron 132 especies y 7 variedades, el 43 % se ubican en el orden Gonyaulacales, mientras que Noctilucales solamente representó el 1 %.
- Se pudieron detectar como potencialmente nocivas solamente 19 especies y dos variedades del total observado, el 8 % de las mismas nos son tóxicas pero si nocivas y otro tanto igual son tóxicas.
- La especie que dominó el evento de marea roja en mayo del 2004, fue *Akashiwo sanguinea*.
- Las especies más abundantes en el evento de marea roja son causantes de intoxicación paralizante por moluscos (PSP) las cuales forman parte de la dieta alimentaria del ostión de roca *Striostrea prismatica* (= *Ostrea iridescens*).
- El mayor número de especies potencialmente nocivas no son tóxicas. Éstas se relacionan con el agotamiento de oxígeno, sin embargo, no fueron las más abundantes durante el evento de mayo del 2004.
- En la costa michoacana se encuentran representadas el 43.0 % de las especies potencialmente nocivas de las aguas marinas mexicanas y el 29.6 % de las tóxicas.
- Las especies predominantes fueron *Lingulodinium polyedrum*, *Ceratium furca*, *C. furca* var. *eugrammum* y *Gambierdiscus toxicus*, y las raras *Protoperidinium crassipes*, *Dinophysis fortii* y *Noctiluca scintillans*.
- Especies como *Akashiwo sanguinea*, *Ceratium furca*, *Ceratium divaricatum* var. *balechii*, *Lingulodinium polyedrum* y *Noctiluca scintillans* se

han asociado mayormente a eventos de mareas rojas en el Pacífico Tropical Mexicano.

➤ *Gyrodinium instriatum*, *Amylax triacantha*, *Ceratium furca* var. *eugrammum*, *Protoperidinium crassipes*, *Dinophysis fortii* y *D. mitra*, son las especies que menos se han reportado en calidad de potencialmente formadoras de mareas rojas en la costa pacífica mexicana.

➤ Tanto en Boca de La Necesidad como en Caleta de Campos es notorio que el mayor valor de importancia lo tiene *Akashiwo sanguinea* alcanzando su máximo en Caleta de Campos.

➤ En el caso de *A. sanguinea* para Boca de La Necesidad (BDN) y Caleta de Campos (CDC), los valores nos muestran que a mayor dominancia menor diversidad, de tal manera que es evidente la baja de la diversidad donde la especie tóxica tuvo una alta dominancia, en tanto que la zona de Faro de Bucerías (FDB), donde no hubo evento de marea roja, el proceso se invierte, es decir existe una mayor diversidad y una menor dominancia.

➤ El pH fue la variable más constante, lo cual nos refleja el carácter regulador del agua de mar.

➤ La variable de mayor fluctuación durante el período de estudio fueron los nitratos, sin embargo, sus concentraciones durante la marea roja fueron iguales para ambas localidades donde ocurrió este evento.

➤ La salinidad se mantiene en 35 ‰ en las localidades de Caleta de Campos y Faro de Bucerías, siendo notoria una disminución en Boca de La Necesidad, situación comprensible debido a que es la zona de la desembocadura del río Balsas.

- La temperatura muestra una tendencia a la baja hacia en abril, en todas las localidades, siendo éste el factor que disparó el inicio de la marea roja, promovido por una anomalía térmica en las costas del Pacífico, siendo ésta la variable que estuvo mayormente relacionada con las demás.
- El cambio de temperatura provocó una resuspensión de las aguas profundas hacia la superficie, poniendo a disposición de los fitoplanctontes una gran cantidad de nutrientes, además de la presencia de quistes de dinoflagelados potencialmente nocivos, que en las aguas superficiales encontraron las condiciones más adecuadas para su desquistamiento. Tal situación es común que ocurra cuando se forman las mareas rojas en diferentes partes del mundo.
- En conjunto y por separado, las variables ambientales y la abundancia de las especies, nos muestran que existe una alta similitud entre Boca de La Necesidad y Faro de Bucerías, mientras que Caleta de Campos se separa totalmente del grupo, siendo esto un reflejo del comportamiento del oxígeno disuelto y los nitratos en la última localidad, la que difiere de las dos primeras, contribuyendo a ello la conducta de *Akashiwo sanguinea*.
- Los resultados del Análisis de Componentes Principales muestran la clara formación de cinco grupos, destacándose la clara relación inversa con las especies provocadoras del agotamiento del mismo y la relación estrecha entre *Scrippsiella trochoidea* y la temperatura, además de la relación inversa entre estos últimos y la salinidad y transparencia.
- La salinidad y la transparencia se muestran fuertemente vinculadas de manera positiva con *Gyrodinium instriatum* y *G. spirale*, en tanto que negativamente los hacen con *Gambierdiscus toxicus*, *Prorocentrum micans* y *P. triestinum* con los que presentan altos valores de correlación.

- La toxicidad de la marea roja, para el caso de Michoacán, se debió más a un efecto en conjunto de varias especies, que a una sola y la acumulación de las toxinas en el músculo de *Striostrea prismatica* (= *Ostrea iridescens*) básicamente es producto de sus hábitos alimentarios ya que no son selectivos.

- Debido al registro de *Gambierdiscus toxicus*, existe la posibilidad de la presencia de ciguatera en la costa michoacana, ya que las áreas donde se presenta ésta enfermedad, generalmente corresponden también a arrecifes rocosos, las que son zonas de una alta influencia alimentaria para peces de arrecife, siendo éstos los principales transmisores de dicha enfermedad. Si bien ésta no ha sido reportada para la costa michoacana, su presencia no se descarta, ya que sus síntomas pueden llegar a confundirse con simples diarreas u otras enfermedades.

- La anomalía térmica fue un factor de desestabilización que promueve el inicio de las mareas rojas y el desfase de las mismas, ya que bajo condiciones normales, la época en que se habían presentado los florecimientos nocivos, cuando menos en la costa michoacana hasta 1996, correspondía al final del otoño y principios de invierno.

9. LITERATURA CITADA

- Abé, T.H. 1967. The Armoured Dinoflagellata: II. Prorocentridae and Dinophysidae – *Ornithocercus*, *Histioneis*, *Amphisolenia* and others. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., XV(2): 79-116.
- Aguirre-Gómez R., A.R. Weeks and S.R. Boxall. 2001. The identification of phytoplankton pigments from absorption spectra. Int. J. Remote Sensing, 22(2 y 3): 315-338.
- Alarcón-Ávila, M., C. Cavazos-Guerra, A. González-Silveira, E. Santamaría del Angel y R. Millán-Núñez. 2002. Regionalización del Pacífico Mexicano, con base en concentraciones de pigmentos fotosintéticos derivados de imágenes de satélite del Coastal Zone Color Scanner (CZCS). XIII Congreso Nacional de Oceanografía. Puerto Vallarta, Jal., Méx. 7 al 11 de octubre. Pp. 132.
- Alarcón Ch., P.E. 1993. Inventario Conquiliológico de Macrogasteropodos Marinos Colectados sobre Playas del Estado de Michoacán, México”. Tesis Licenciatura Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. División de Ciencias y Humanidades. Escuela de Biología. Morelia, Mich.
- Alonso C., G. y H. Barradas S. 1996. Informe de trabajo 1995. Programa estatal de control sanitario de moluscos bivalvos. Servicios Estatales De Salud. Gobierno del Estado de Guerrero. pp. 1-28.
- Alonso R., R. 1998. Ocurrencia de Mareas Rojas y Calidad del Agua en la Zona Sur de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis Maestría, UNAM-ICMyL Unidad Mazatlán, Sin.

- Alonso R., R. y J.L. Ochoa: 2002. Condiciones hidrográficas y meteorológicas que promueven los eventos de “marea roja” en la bahía de Mazatlán. XII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, V International Meeting of the Mexican Society of Planktology. Xalapa, Ver. Pp. 91.
- Alonso-Rodriguez, R. and R.F. Paez-Osuna. 2003. Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. *Aquaculture* 219(1-4): 317-336.
- Alonso R., R., F. Páez O., I. Gárate y L. Lizárraga. 2005a. Mareas rojas y biotoxinas en la camaronicultura. http://www.uhh.hawaii.edu/~pacrc/Mexico/files/bmp_kwei_lin/red_tides_biotoxins.pdf
- Alonso R., R., J. L. Ochoa and M. Uribe A. 2005b. Grazing of heterotrophic dinoflagellate *Noctiluca scintillans* (McCartney) Kofoid on *Gymnodinium catenatum* Graham. *Rev. Latinoam. Microbiol.* 2005, 47(1-2): 6-10.
- Alvarado D., J. y G. Ceballos C. 1997. Mortalidad de tortuga negra en el Pacífico Mexicano: posible implicación de la marea roja. *Ciencia Nicolaita, Rev. Coord. Invest. Cient. UMSNH*, Núm. 15, agosto: 77-82.
- Alvarado D., J. y D. C. Huacuz E. 1996. Guía Ilustrada de los Anfibios y Reptiles más Comunes de la Reserva Colola-Maruata en la Costa de Michoacán, México. Facultad de Biología, UMSNH, Morelia Mich. 109 pp.
- Alvarado V., R., J.G.A. Ceballos C., M.R. Ortega M., M.A. Tovar y M.L. Cardoso. 1996. Evaluación del fitoplancton de las playas “El Salto” y “El Naranjito”, Mpio. de Aquila, Mich., y su relación con una posible “Marea Roja”. MEMORIA IV Simposio La Investigación y el desarrollo tecnológico en Michoacán, VI Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística

- y IX Reunión regional Científica y Técnica: Forestal y Agropecuaria. Morelia, Mich. Pp. 118.
- Alvarado V., R., M.R. Ortega M., J.G.A. Ceballos-Corona y L.I. Lara de La Cruz. 2005. Ficoflora de las cubetas de marea en el arrecife rocoso de "El Zapote", municipio de Aquila, Michoacán, México. VII Congreso de Ficología de Latinoamérica y El Caribe, V Reunión Iberoamericana de Ficología, 19-24 septiembre, La Habana, Cuba. Pp. 62.
- Alverca, E., I.C. Biegala, G.M. Kennaway, J. Lewis and S. Franca. 2002. *In situ* identification and localization of bacteria associated with *Gyrodinium instriatum* (Gymnodiniales, Dinophyceae) by electron and confocal microscopy. *European Journal of Phycology*, 37: 523-530.
- Amengual F., J. 1989. Report of the Workshop and StudyTour on Mollusc Sanitation and Marketing Mollusc. Sanitation and Marketing in Spain, Annex XVIII, Regional Seafarming Development and Demonstration Project Ras/86/024.
- Anderson, D.M. 2004. The Growing Problem of Harmful Algae Tiny plants pose potent threat to those who live in and eat from the sea. *Oceanus Magazine* 43(1): 2-5. <http://oceanusmag.whoi.edu/v43n1/anderson.html>
- Anonymus. 2000. Environmental Management Branch. Phytoplankton Monitoring Program. Phytoplankton Monthly Report May. Technical Report No. 00-15. California Department Of Health Services 2151 Berkeley Way, Berkeley CA 94704-1011.
- Arcila-Herrera, H., J. Mendoza-Ayora, M.F. Gonzalez-Franco, L. Montero-Cervantes y A. Castelo-Navarrete. 2001. Revisión de una enfermedad poco conocida: La Ciguatera. *Rev Biomed, Ene./Mar.* 12(1): 27-34.

- Balech, E. 1949. Etude de quelques espèces de *Peridinium*, souvent confondues. *Hydrobiologia*, 1: 390-409.
- Balech, E. 1951. Deuxième Contribution á la Connaissance des *Peridinium*. *Hydrobiologia*, 3: 305-330.
- Balech, E. 1956. Etude des Dinoflagellés du sable de Roscoff. *Revue Algologique*, N.S. II, fasc. 1-2 : 29-52.
- Balech, E. 1962. Tintinnoinea y Dinoflagellata del Pacífico según material de las expediciones NORPAC y DOWNWIND del Instituto Scripps de Oceanografía. Imprenta y Casa Editora "CONI", Buenos Aires, Argentina. 253 pp.
- Balech, E. 1973. Cuarta Contribución al Conocimiento del Género *Protoperidinium*. *Rev. Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales, Hidrobiología*, III(5): 317-368(VI).
- Balech, E. 1974. El Género *Protoperidinium* Bergh, 1881 (<*Peridinium*> Ehrenberg, 1831, partim). *Rev. Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales, Hidrobiología*, IV(1): 1-79.
- Balech, E. 1979. Dinoflagelados de la campaña oceanográfica Argentina Isla Orcadas 0675. República Argentina, ARMADA ARGENTINA Servicio de Hidrografía Naval, Talleres Gráficos del SHN, Buenos Aires Argentina. 86 pp.
- Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr. N° 1*. 219 pp.

- Balech, E. 2002. Dinoflagelados tóxicos del cono sur americano. En: Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano. Sar. E.A., M.E. Ferrario y B. Reguera. Instituto Español de Oceanografía: 123-144.
- Barton, E.D., Tanner, P., Turchen, S.G., Tunget, C.L., Manoguerra, A. and Clark, R.F. 1995. Ciguatera fish poisoning: A Southern California epidemic. *The Western Journal of Medicine*, 163, 31–36.
- Begon, M., J.L. Harper y C.R. Townsen. 1988. *ECOLOGÍA Individuos, poblaciones y comunidades*. Ediciones Omega, . S.A., Barcelona. XII+886.
- Belin C. et B. Raffin. 1998. Les espèces phytoplanctoniques toxiques et nuisibles sur le littoral français de 1984 à 1995, résultats du REPHY (réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines) Chapitre 3. Espèces toxiques et nuisibles pour la faune marine. INFREMER environnement, direction de l'environnement et de l'aménagement littoral département microbiologie et phycotoxines and service applications opérationnelles, rephy5.pdf. 69 pp.
- Bérard-Therriault, L., M. Poulin and L. Bossé. 1999. Guide de'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent incluant également certains protozoaires. Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques 128, CNRC-NRC. XIII + 439.
- BIOTOOLS v. 0.10. (Biological ToolBox).J. Hanks, g_hanksjb@titan.sfasu.edu.
- Blanco-Blanco, M., S. Aguilar-Olguin, y A. Morales-Blake, 1999. Caracterización de una Marea Roja en las Bahías de Manzanillo, Colima, México. In: *Memorias del VIII COLACMAR*, Trujillo, Perú. I:338-339.
- Blasco, D. 1977. Red tide in the upwelling region of Baja California. *Limnology and Oceanography*, March V. 22(2): 255-263.

- Böhm, A. 1936. Dinoflagellates of the Coastal Waters of the Western Pacific. Kraus Reprint Co, Millwood, New York, U.S.A. 54 pp.
- Boltovskoy, A. 1995a. Taxonomía y Morfología de los Dinoflagelados: Métodos De Trabajo. En: Manual de Métodos Ficológicos. K. Aveal, M.E. Ferrario, E.C. Oliveira y E. Sar (eds.), Universidad de Concepción, Concepción-Chile: 55-82.
- Boltovskoy, A. 1995b. Técnicas de Microscopía Electrónica de Barrido: Aplicación a las Microalgas. En: Manual de Métodos Ficológicos. K. Aveal, M.E. Ferrario, E.C. Oliveira y E. Sar (eds.), Universidad de Concepción, Concepción-Chile: 119-138.
- Boyer, J.N. 1996. The Florida Bay water quality monitoring program: assessing status and trends (1989-1995). Florida Bay Science Conference Abstracts. <http://serc.fiu.edu/wqmnetwork/Report%20Archive/2000EWQS.pdf>.
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología; Bases para el estudio de las comunidades vegetales. H. Blume ediciones, Madrid, España. 820 pp.
- Bravo-Sierra, E. and D. U. Hernández-Becerril. 2002. Toxic and Potentially Toxic Phytoflagellates from Mexican Pacific Coasts. 4th International Conference on Molluscan Shellfish Safety. June 4-8, Santiago de Compostela, Galicia, Spain: 24.
- Burns, D.A. and J.S. Mitchell. 1982a. Further examples of the dinoflagellate genus *Ceratium* from New Zealand coastal waters. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 16: 57-67.
- Burns, D.A. and J.S. Mitchell. 1982b. Dinoflagellates of the genus *Dinophysis* Ehrenberg from New Zealand coastal waters. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 16: 289-298.

- Busby, P. 2004. Marine Biotoxin Technical Committee - Decisions from 14 October meeting. MBSW N° 21. New Zealand Food Safety Authority.
- Bustillos-Guzmán, J., I. Gárate-Lizárraga and F. Hernández-Sandoval. 2004. The use of pigment "fingerprints" in the study of harmful algal blooms. Rev. biol. trop, sep., vol. 52 supl. 1: 17-26.
- Casillas, C. 2004a. Vigila Marina a Marea Roja. La Voz de Michoacán, Sección G Regional, Jueves, 27 de Mayo, Año LVI, N° 18,447: 1G y 11G.
- Casillas, C. 2004b. Baja nivel de toxinas a mariscos. La Voz de Michoacán, Sección G Regional, Viernes, 28 de Mayo, Año LVI, N° 18,448: 11G.
- Carbonell, M.C. 1979. *Ceratium* Schrank (Peridinales) en la Bahía de Cartagena (10°25'N y 75°30'W). Bol. Cient. Centro Invest. Oceanogr. Hidrogr. Cartagena, 2: 21-53.
- Carbonell, M.C. 1982. *Ceratium* Schrank (Dinoflagellatae, Peridinales) de las Islas del Rosario, Caribe Colombiano. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betin, 12: 71-91.
- Cassis, D., P. Muñoz y S. Avaria. 2002. Variación temporal del fitoplancton entre 1993 y 1998 en una estación fija del seno Aysén, Chile (45°26'S 73°00'W). Rev. Biol. Mar. y Ocean. julio, 37(1): 43-65.
- Ceballos C., J.G.A. 1988. Contribución al Conocimiento de la Composición y Distribución del Fitoplancton de la Bahía de Maruata, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, UMSNH, México.
- Ceballos C., J.G.A. y S. Canedo Y. 1995. Análisis del Fitoplancton y su productividad en la bahía de Maruata, Michoacán, México. BIOLOGICAS Rev. Fac. Biol. UMSNH, núm. 3, noviembre: 3-19.

- Ceballos C., J.G.A., M.S. Aguilera R., S. González S., M.A. Tovar y M.L. Cardoso. 1996. Evaluación de la calidad del agua de la desembocadura del Río Balsas y zonas aledañas, con respecto a los parámetros fisicoquímicos y la comunidad planctónica. MEMORIA IV Simposio La Investigación y el desarrollo tecnológico en Michoacán, VI Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística y IX Reunión regional Científica y Técnica: Forestal y Agropecuaria. Morelia, Mich. Pp.
- Ceballos C., J.G.A. 2000. Macroalgas. En: Catálogo de la Biodiversidad en Michoacán. SEDUE. Gobierno del Estado. Morelia, Mich: 37–48.
- Ceballos C., J.G.A. 2002. Los Tintinnidos de la Provincia Nerítica en el Pacífico Tropical de México entre Guerrero y Jalisco, Un Grupo Poco Estudiado. XII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología y V International Meeting of the Mexican Society of Planktology: 39.
- Chung-Kuang L. and Ch. Hong-Nong. 2000. Toxic Dinoflagellates and Toxin Studies in Taiwan. Harmful Algal Blooms. IX Conference, Tasmania. [http:// www. utas. edu. au/ docs/plant_ science/HAB2000](http://www.utas.edu.au/docs/plant_science/HAB2000).
- Cifuentes, J.L., M.P. Torres G. y M.Frías M. 1987. El Océano y sus Recursos V. Plancton. Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V. México. 161 pp.
- COI. 1997. Tercer Taller Regional de Planificación Científica sobre Floraciones de Algas Nocivas en Sudamérica, Punta Arenas, Chile, 28-30 de julio. UNESCO. Informe de reuniones de trabajo No. 132, Anexo IV: 16-21.
- COI. 2000. Reporte de Ecuador. Cuarto Taller Regional de Planificación Científica sobre Floraciones de Algas Nocivas en Sudamérica Río Grande, Brasil 17-21 de enero. UNESCO Informes de reuniones de trabajo No. 185: 50-55.

Collins, M. 1978. Algal toxins. Microbiol. rev.: 725-746.

Cortés-Altamirano, R.A. y A. Núñez-Pasten. 1992. Doce años (1979-1990) de registros de mareas rojas en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. An. Inst. Cienc. Mar Limnol. UNAM. 19: 113-121.

Cortés A., R., L. Muñoz-Cabrera y O. Sotomayor-Navarro. 1993. Envenenamiento paralítico por mariscos (PSP), causado por el dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en la costa suroeste de México. An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. Volumen 20(1): 43-54.

Cortés-Altamirano, R. 1994. ¿Las Mareas Rojas están Aumentando en las Costas de México?, en: Planctología Mexicana, Boletín Informativo de la Sociedad Mexicana de Planctología, A.C. Núm. 4, noviembre.

Cortés-Altamirano R, D.U. Hernández-Becerril and R. Luna-Soria. 1995a. Red tides in Mexico: a review. Rev Latinoam Microbiol. Oct-Dec, 37(4): 343-52.

Cortés-Altamirano, R, Manrique F.A. and Luna-Soria R. 1995b. Presence of red tides along the eastern coast of the Gulf of California Rev Latinoam Microbiol. Oct-Dec, 37(4): 337-42.

Cortés-Altamirano R., D.U. Hernández-Becerril and R. Luna-Soria, 1996. Red Tides in Mexico: A review. In: Harmful and Toxic Algal Blooms. (Yasumoto T., Y. Oshima, and Y. Fukuyo, eds). IOC-UNESCO: 101-104.

Cortés-Altamirano, R. y R. Alonso-Rodríguez. 1997. Mareas rojas durante 1997 en la bahía de Mazatlán, Sin., México. Rev. Cien. Mar, U.A.S. 15: 31-37.

Cortés A., R. 1998. Las Mareas Rojas. AGT Editor, S.A. México, D.F. XIII+161 pp.

Cortés A., R. y D.U. Hernández B. 1998. Especies responsables y probables de mareas rojas. En: Las Mareas Rojas Cortés A. R. (comp.). ATG editor S.A., D.F., México: 43-79.

Cortés-Altamirano, R. y R. Soria-Luna. 1998. Lista mundial de microalgas responsables de florecimientos, mareas rojas y tóxicas. En: Cortés A. R. (comp.). Las Mareas Rojas, ATG editor S.A., D.F., México: 141-153.

Cortés A., R., Altamirano, R. y S. Licea D. 1999. Florecimiento de microalgas nocivas en estanques de cultivo semi-intensivo de camarón en México. Rev. Latinoamericana de microbiología. 41: 157-166.

Cortés-Altamirano, R. y A. Núñez-Pasten. 2000. *Prorocentrum mexicanum* Tafall 1942 sp. nov. En: Estudios sobre plancton en México y El Caribe. Ríos E., E., Juárez C., M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte, E.G. Robles-Jarero, D.U. Hernández-Becerril y M. Silva-Briano (eds.) Estudios sobre Plancton en México y el Caribe. XI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, IV International Meeting Og Planktology y XV Aniversario de Fundación de la Sociedad Mexicana de Planctología, Universidad de Guadalajara y Sociedad Mexicana de Planctología, A.C.: 89-90.

Cortés A., R., A. Núñez P., y R. Alonso R. 2000. Primer Registro de una Marea Roja Debida a *Prorocentrum triestinum* (Dinophyceae: Prorocentraceae) y su Variación Anual en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. En: Estudios sobre Plancton en México y el Caribe. Ríos J., E., E. Juárez C., M. Pérez P., E. López U., E.G. Robles J., D.U. Hernández B. y M. Silva B. (eds). Sociedad Mexicana de Planctología. Universidad de Guadalajara y Sociedad Mexicana de Planctología, A.C.: 87-88.

- Cortés L., M.C., R. Cortés A. y A.P. Sierra-Beltrán. 2002. Evaluación y diagnóstico de las mareas rojas en los litorales de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. XIII Congreso Nacional de Oceanografía. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Pp. 45.
- Cortés-Lara, M.C., R. Cortés-Altamirano y A.P. Sierra-Beltrán. 2004. Participación del Centro Universitario de la Costa, Campus Puerto Vallarta, en las Actividades del Plan Nacional de Monitoreo de Biotoxinas Marinas y Mareas Rojas. XIII reunión Nacional de la SOMPAC y VI Reunión Internacional de Planctología. Nuevo Vallarta, Nay. Méx. 25 al 28 abril: 57-58.
- Cracknell, A.P., S.K. Newcombe, A.F. Black and N.E. Kirby. 2001. The ABDMAP (Algal Bloom Detection, Monitoring and Prediction) Concerted Action. *Int. J. Remote Sensing*, 22(2 y 3): 205–247.
- Dalzell, P. 1992. Ciguatera fish poisoning and fisheries development in the South Pacific. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* 85 (5): 435-444.
- Dalzell, P. 1993. Management of ciguatera fish poisoning in the South Pacific. *Mem. Queensland Mus.* 34(3): 471-480.
- Dantzer, W.R. and R.E. Levin. 1997. Bacterial influence on the production of paralytic shellfish toxins by dinoflagellated algae. *Journal of Applied Microbiology*, 83 (4), September: 464-469(6).
- De la Lanza E., G. 1991. *Oceanografía de los Mares Mexicanos*. AGT Editor. México. 569 pp.
- DIGESA. 2005. Informe de Ensayo Hidrobiológico N° 0561, Proyecto CAMISEA – GTCI. Ministerio de Salud, Laboratorio de Hidrobiología - M. Aguas, Gobierno de Perú.

- DIGENSA. 2004. Análisis Cuanlitativo de Fitoplancton (N°Cel/L), Monitoreo de Fitoplancton Potencialmente Tóxico Pisco - Chincha 0205. <http://www.digesa.minsa.gob.pe/Normas/Moluscos/pdf/5Canalisis/20especifico/207muestreo.pdf>.
- Diogéne, J. 2005. La Ciguatera. VIII RIFTB. <http://toscal.iubo.ull.es/RI/pdfs/121.pdf>.
- Dodge, J.D. 1975. The Prorocentrales (Dinophyceae). II. Revision of the taxonomy within the genus *Prorocentrum*. Bot. J. Linn. Soc., 71: 103-125.
- Dodge, J.D. 1985. Marine Dinoflagellates of the British Isles. HMSO, London, England. 303 pp.
- Dodge, J.D. 1987. A Hypothecal pore in some Species of *Protoberidinium* (Dinophyceae). British Phycological Society, 22: 335-338.
- Dodge, J.D. 1989. Some Revisions of the Family Gonyaulacaeae (Dinophyceae) Based on a Scanning Electron Microscope Study. Botanica Marina; 32: 275-298.
- Domínguez D., O. 1997. Los peces de arrecife en Michoacán. QUETZAL nº 7 Facultad de Biología, septiembre. Editorial Universitaria, UMSNH, Morelia, Mich.: 4-5.
- Dowidar, N.M. 1983. The genus *Ceratium* from the Red Sea. Journal of The Faculty of Marine Science, 3(1404H): 5-37.
- Economou-Amilli, A. 1986. *Protoberidinium* (Dinophyceae) from Greece as seen by scanning electron microscopy. Nord. J. Bot.-Section of phycology, 6(3): 351-361.

- EMB. 2003. Marine Biotoxin, monthly report. Environmental Management Branch Marine Biotoxin Monitoring Program. California Department of Health Services. February, Technical Report No. 03-11: 1-6.
- Era 21. 2004. <http://www.era21revista.com/Noticias/2004/Estado/Mayo/28%20may%202002.htm>.
- ERM. 2004. Informe Mensual Monitoreo Biótico y Abiótico para el Componente Marítimo - Planta de Fraccionamiento de LGN, Playa Lobería, Pisco, Perú, Abril 2004. (Environmental Resources Management Perú S.A. 126 pp.
- Falck, T.M. and J.R. Suchard. 2001. Topics in Toxicology Ciguatera Fish Poisoning. The California Journal of Emergency Medicine II:1, January: 5-6.
- Faust, M.A. 1998a. Morphology and life cycle events in *Pyrophacus steinii* (Schiller) Wall et Dale (Dinophyceae) J. Phycol. 34: 173-179.
- Faust, M.A. and K.A. Steidinger. 1998b. *Bysmatrum* gen nov. (Dinophyceae) and three new combinations for benthic scrippsielloid species. Phycologia, 37(1): 47-52.
- Faust, M.A. 1999. Three new *Ostreopsis species* (Dinophyceae): *O. marinus* sp. nov., *O. belizeanus* sp. nov., and *O. caribbeanus* sp. nov. Phycologia, 38(2): 92-99.
- Faust, M.A. and R.A. Gulledge. 2002. Identifying Harmful Marine Dinoflagellates. Smithsonian Institution Contributions from the United States National Herbarium, 42: 1-144.
- Feng, Z. 2001. Investigation on red tide algae in Liaodong Bay. HAMM Conference Program Development. November.

- Fensome, R.A., F.J.R. Taylor, G. Norris, W.A.S. Sarjeant, D.I. Wharton and G.L. Williams. 1993. A classification of living and fossil dinoflagellates. *Micropaleontology*. Special Publication Number 7. American Museum of Natural History, Sheridan Press, Hanover U.S.A. vii + 351 pp.
- Fernández, M. L., A. Míguez, E. Cacho, A. Martínez, J. Diogéne y T. Yasumoto. 2002. Bioensayos con Mamíferos y Ensayos Bioquímicos y Celulares para la Detección de Ficotoxinas. En: *Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano*. Sar, E.A., M.E. Ferrario y B. Reguera, Instituto Español de Oceanografía: 79-120
- Figueiras, F.G., U. Labarta and M.J. Fernández Reiriz. 2002. Coastal upwelling, primary production and mussel growth in the Rías Baixas of Galicia, *Hydrobiologia*, 484: 121-131.
- Figueroa T., M.G. 1990. Sistemática y Distribución del Género *Ceratium* Schrank, 1973, en el Sur del Golfo de México (Feb.-Dic. 1987). Tesis maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias Departamento de Biología, UNAM.
- Figueroa-Torres, M.G. y M.A. Zepeda-Esquivel. 2001. Mareas rojas del puerto interior, Colima, México. *Scientiae Naturae*, enero-junio, 3 (2): 39-52.
- Freer, E. y M. Vargas-Montero. 2003. Floraciones algales nocivas en la costa pacífica de Costa Rica: Toxicología y sus efectos en el ecosistema y salud pública. *Acta méd. costarric.* 45(4): 158-164.
- FWRI. 2003. What is a Harmful Algal Bloom?. Florida Marine Research Institute. http://www.floridamarine.org/dg.lts/id.4060/features.view_articule.htm.

- Fukuyo, Y., Takano, Y., Chihara, M. and Matsuoka, K. (Editors), 1990. Red Tide Organisms in Japan. -An Illustrated Taxonomic Guide-. Uchida Rokakuho, Tokyo, 430 pp.
- Fukuyo, Y. 2000. Atlas of Dinoflagellates (ver. 1.5/Nov.1). <http://dinos.anesc.u-tokyo.ac.jp>.
- Galván, Y. 2004. Continua marea roja. La Voz de Michoacán, Lunes, 24 de Mayo, Año LVI, N° 18,444: 1A y 4A.
- Gárate L., I. 1991. Análisis de una marea roja causada por *Noctiluca scintillans* (Mcartney) Ehr. En Bahía Concepción Baja California Sur en febrero de 1989. UABCS. Rev. Inv. Cient. 2(1): 35-43
- Gárate L., I. 1996. Mareas Rojas Ocurridas en las Costas de la Península de Baja California Sur, México, 1984-1994. I Reunión Internacional de Planctología y VIII Reunión Nacional de la SOMPAC, Pátzcuaro, Mich., Méx. 23 al 26 de abril, Programa y Resúmenes pp. 17.
- Gárate L., I. 1997. Primer registro de una marea roja de *Prorocentrum mexicanum* (Prorocentraceae) en el Golfo de California. Rev. Biol. Trop. 45(3): 1263-1271.
- Gárate-Lizárraga, I., M.L. Hernández-Orozco, C. Band-Schmidt and G. Serrano-Casillas. 2001. Red tides along the coasts of the Baja California Sur, México (1984 to 2001). *Oceánides* 16: 127-134.
- Gárate-Lizárraga, I., J. J. Bustillos-Guzmán and R. Alonso-Rodríguez. 2002. Distribution of *Gymnodinium catenatum* Graham, in coastal waters of México. Harmful Algae News. An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms. IOC-UNESCO: 1-2.

- Gárate L., I. 2005. Florecimientos Algales Nocivos y Toxinas Paralizantes en las Costas de Baja California Sur. I Taller sobre Proliferaciones Algales Nocivas: Diagnóstico y Perspectivas de Investigación. CIBNOR, S.C. La Paz, B.C.S. 17-18 noviembre, pp. 7.
- GEOHAB. 2001. Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms, Science Plan. P. Glibert and G. Pitcher (eds). SCOR and IOC, Baltimore and Paris. 87 pp.
- GEOHAB. 2005. Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms, Core Research Project: HABs in Upwelling Systems. G. Pitcher, T. Moita, V. Trainer, R. Kudela, P. Figueiras, T. Probyn (Eds.) IOC and SCOR, Paris and Baltimore. 82 pp.
- Girón, O. 2001. Hablemos On Line, Cacería de Toxinas, [http:// www. elsalvador. com/hablemos/Ediciones/181101/medioambiente2.htm](http://www.elsalvador.com/hablemos/Ediciones/181101/medioambiente2.htm).
- Gohin, F., J.N. Druon and L. Lampert. 2002. A five channel chlorophyll concentration algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters. *Int. J. Remote Sensing*, 23(8): 1639–1661.
- Gómez-Aguirre, S. 1998- Red tides occurrences recorded in México from 1980-1992. *An. Inst. Biol., Univ. Nac. Autón. México*, ser. Zool. 69: 13-22.
- Gómez-Aguirre, S., A. Ocaña-Luna, M. Sánchez-Ramírez. 2002. Epiplancton y proliferacion multiespecífica de microplancton (marea roja) en la bahía de banderas, nayarit. Abril del 2001. XII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, V International Meeting of the Mexican Society of Planktology. Xalapa, Ver. Pp. 89.

- Gómez V., M.C. y S. Licea D. 2002. Presencia de *Gymnodinium catenatum* en Bahía de Banderas (Nayarit-Jalisco), marzo-abril 2001. XII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, V International Meeting of the Mexican Society of Planktology. Xalapa, Ver. Pp. 90.
- González S., S. 1987. Estudio Preliminar sobre la composición del zooplancton de la Bahía de Maruata, Mich. Tesis Licenciatura, Escuela de Biología, UMSNH.
- Gottschling, M., R. Knop, J. Plötner, M. Kirsch, H. Willems and H. Keupp. 2005. A molecular phylogeny of *Scrippsiella sensu lato* (Calciodinellaceae, Dinophyta) with interpretations on morphology and distribution. European Journal of Phycology, Taylor and Francis (eds.). J Phycol. May, 40(2): 207-220.
- Graham, H.W. 1942. Studies in Morphology, Taxonomy and Ecology of the Peridiniales. Biology III Carnegie Institution of Washington Publications. VII+129 pp.
- Graham, H.W. and N. Bronikovsky. 1944. THE GENUS *Ceratium* IN THE PACIFIC AND NORTH ATLANTIC OCEANS. Department of Terrestrial Magnetism Scientific Results of Cruise VIII of The Carnegie During 1928-1929. Biology V Carnegie Institution of Washington Publications. 208 pp.
- Grivel P., F. 1983. Calendario Gráfico de Mareas 1984. Secretaría de Marina e Instituto de Geofísica UNAM. Dirección General de Oceanografía, México, D.F.
- Guevara F., F. 1981. Guías botánicas de excursiones en México. V Congreso Mexicano de Botánica. Morelia, Mich. López Impresores S. A.: 119–143.

- Guillard, R.R.L. 1995. Culture Methods. In: Manual on Harmful Marine Microalgae, G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson, A.D. Cembella and H.O. Enevoldsen (Eds.). Manuals and Guides 33, Intergovernmental Oceanographic Commission UNESCO: 45-62.
- Guzmán A., M. 1985. Atlas Oceanográfico de los Recursos Biológicos, Demersales de la Plataforma Continental del Estado de Michoacán. Gob. Edo. Mich. UNAM. México, D. F.
- Hackett, J.D., D.M. Anderson, D.L. Erdner. and D. Bhattacharya. 2004. Dinoflagellates: a remarkable evolutionary experiment. American Journal of Botany 91(10): 1523–1534.
- Hallegraeff, G. 1987. Red tides in the Australasian region. CSIRO Mar. Lab, Rep. 187.
- Hallegraeff, G.M. 1991. Aquaculturists' Guide to Harmful Australian Microalgae. CSIRO, Finishing Industry Training Board of Tasmania Inc, Tasmania. 111 pp.
- Hassan, D. 1976. The Genus *Ceratium* Schrank from Coastal Waters of Karachi. Part II. The Subgenus *Euceratium*. Botanica Marina, XIX(5): 287-293.
- Hernández B., D.U. 1985a. Dinoflagelados en el fitoplancton del Puerto de El Sauzal, Baja California. Ciencias Marinas, 11(1): 65-91 (27).
- Hernández B., D.U. 1985b. Estructura del fitoplancton del Golfo de California. Ciencias Marinas. 11(2): 23-38 (16).
- Hernández-Becerril, D.U. 1988. Planktonic Dinoflagellates (Except *Ceratium* and *Protoperidinium*) from the Gulf of California and off the Coasts of Baja California. Botanica Marina, 31: 423-435.

- Hernández-Becerril, D.U. 1988a. Especies de fitoplancton tropical del Pacífico mexicano. II Dinoflagelados y cianobacterias. Rev. Lat-amer. Microbiol. 30: 187-196.
- Hernández-Becerril, D.U. 1988b. Observaciones de algunos dinoflagelados (Dinophyceae) del Pacífico mexicano con microscopio fotónico y electrónico de barrido. Inv. Pesq. 52(4): 517-531.
- Hernández-Becerril, D.U. 1989. Species of the dinoflagellates genus *Ceratium* Schrank (Dinophyceae) in the Gulf of California and Coasts off Baja California, Mexico. Nova Hedwigia, 48(1-2): 33-54.
- Hernández-Becerril, D.U. 1991. Protoperidinium (Dinophyceae) species in the Gulf of California and off the Coasts of Baja California. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 18(1): 77-88.
- Hernández-Becerril, D.U. 1992. *Dinophysis taylorii* sp. nov. y otros *Dinophysis* de Baja California, México (Dinophyceae). Rev. Biol. Trop. 40(1): 101-109.
- Hernández-Becerril, D.U. and R. Nelson Navarro. 1996. Thecate dinoflagellates (Dinophyceae) from Bahía Fosforescente, Puerto Rico. Rev. Biol. Trop., 44(2): 465-476.
- Hernández-Becerril, D.U. and M.E. Meave del Castillo. 1999. A new dinoflagellates from the Indian Ocean: a link between the genera *Amphisolenia* and *Triposolenia* (Dinophyceae)?. Phycologia, 38(2): 108-113.
- Hernández-Becerril, D.U., R. Cortés A. and R. Alonso R. 2000. The dinoflagellate genus *Prorocentrum* along the coasts of the mexican Pacific. Hydrobiologia 418: 111-121.

- Hernández-Becerril, D.U. 2003. La diversidad del fitoplancton marino de México. Un acercamiento actual Cap. 1: 1-18. En: Barreiro-Güemes M.T., M.E. Meave del Castillo, M. Signoret-Poillon y M.G. Figueroa-Torres (Eds.) Planctología Mexicana, Sociedad Mexicana de Plantología, A.C. México.
- Hernández-Becerril, D.U. and R. Alonso-Rodríguez. 2004. Study of the marine planktonic dinoflagellatae *Ceratium divaricatum* (Dinophyceae), a confused and considerably variable species. Phycological Research; **52**: 346-354.
- Hernández-Becerril, D.U. y A. Almazán-Becerril. 2004. Especies de dinoflagelados del género *Gambierdiscus* (Dinophyceae) del Mar Caribe mexicano. Rev. Biol. Trop. 52(Suppl. 1): 77-87.
- Hernández-Becerril, D.U. and E. Bravo-Sierra. 2004. New records of planktonic dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific Ocean. Botanica Marina 47: 417-423.
- Hernández-Becerril, D.U., S. Quijano- Scheggia, G. Ceballos-Corona and A. Olivos-Ortiz. 2004. An extensive and apparently toxic red tide caused by the dinoflagellate *Ceratium divaricatum* var. *balechii* in the tropical Mexican Pacific (May, 2004). XI th International Conference on Harmful Algal Blooms, Cape Town, Nov.
- Herrera G., J.E. 2000. Presencia de dinoflagelados potencialmente tóxicos en la zona aledaña a la desembocadura del río Copalita, Huatulco, Oaxaca. XII Congreso nacional de Oceanografía, Huatulco, Oaxaca. Pp. 151.
- Herrera S., J. e I. Ojeda A. 1999. Las Mareas Rojas. Biodiversitas, n° 24, año 5, mayo. <http://www.conabio.gob.mx/biodiversitas/mareas.htm>.

- Herrera G., J.E. 2002. Presencia de dinoflagelados potencialmente tóxicos en la zona aledaña a la desembocadura del Río Copalita, Huatulco, Oaxaca. XII CONGRESO NACIONAL DE OCEANOGRAFÍA, 22-26 de mayo, Huatulco, Oax. México: 151.
- Herrera S., J. y I. Ojeda A. 2005. Temas de Urgencias Epidemiológicas y Desastres: Las Mareas Rojas. http://ofis.insp.mx/bvs_mx/E/salavirt/08/).
- Ho, K.C., I.J. Hodgkiss, S.H. Lu and H.Y. Lam. 2002. Photographic Guide Red Tide Causative Organisms in the South China Sea. The Wesmaster Co. http://www.red-tide.org/new_site.
- Hodgkiss I.J. and Ho K.C. 2002. A General Review of Red Tides in The South China Sea. Research Articles. http://www.red-tide.org/new_site/overview.htm.
- Hoppenrath, M. 2000. Taxonomische und ökologische Untersuchungen von Flagellaten mariner San de Dissertation. Univ. Hamburg, Alemania. VIII+313 pp.
- Horner, R.A. 1996. *Alexandrium*, the Dinoflagellate that Produces Shellfish Poisoning Toxins. In: Alaska's Marine Resources Paralytic Shellfish Poisoning: The Alaska Problem. October, 8(2): 8-9.
- Horner, R.A., D.L. Garrison and F.G. Plumley. 1997. Harmful algal blooms and red tide problems on the U.S. west coast. *Limnol. Oceanogr.*, 42(5, part 2): 1076-1088.
- Horner, R.A., J.R. Postel, C. Halsband-Lenk, J.J. Pierson, G. Pohnert and T. Wichard. 2005. Winter-spring phytoplankton blooms in Dabob Bay, Washington. *Progress in Oceanography* 67: 286–313.

- Igarashi, T. 1986. Occurrence of *Dinophysis fortii*, a dinoflagellate responsible for diarrhetic shellfish poisoning at Kesenuma Bay. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab. 48: 137-144.
- Ittis, A. et A. Couté. 1984. Peridinales (Algae, Pyrrophyta) de Bolivie. Rev. Hydrobiol. Trop., 17(4): 279-286.
- IMECOCAL. 2006. "Mecanismos y escalas de acoplamiento físico-biológico en el ecosistema pelágico de la región sureña de la Corriente de California". Responsable técnico: Gómez-Valdés J. <http://imecocal.cicese.mx>.
- INEGI, 1983a. Carta Topográfica 1:1 000 000 Guadalajara. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. México.
- INEGI. 1983b. Carta Geológica. 1:250 000. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. México.
- INEGI. 1983c. Carta Edafológica. 1:250 000. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. México.
- INEGI. 1984. Carta de Uso Potencial, 1:250 000. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. México.

- INEGI. 1985a. Carta Estatal. Regionalización Fisiográfica. 1:500 000. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. México.
- INEGI, 1985b. Carta Hidrología de Aguas Superficiales. 1:250 000. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. México.
- INEGI. 1989. Carta de Efectos Climáticos Regionales: Mayo–Octubre y Noviembre–Abril. 1:250 000. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. México.
- INOCAR. 2006. Eventos de Marea Roja Durante 2004. Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador. Guayaquil, Viernes 27 de Enero. www.inocar.mil.ec.
- James, K., Furey, A., Lehane, M., Ramstad, H., Aune, T., Hovgaard, P., Morris, S., Higman, W., Satake, M., and Yasumoto, T. 2002. First evidence of an extensive northern European distribution of azaspiracid poisoning (AZP) toxins in shellfish. *Toxicon*, 40, 909-915.
- Jeong, H.J., J.Y. Yoon, J.S. Kim, Y.D. Yoo and K.A. Seong. 2002. Growth and grazing rates of the prostomatid ciliate *Tiarina fusus* on red-tide and toxic algae. *Aquat. Microb. Ecol.* July 25, 28: 289–297.
- Jiménez, R. and P. Intriago. 2001. Red Tides-in Ecuador during La Niña 2000. IOC-UNESCO. Harmful Algae News. An IOC Newsletter on toxic algae and global blooms. August N° 22: 7.

- JMP v. 3.22, Statistics Made Visual, 1989-97.1995. SAS Institute Inc., Altura Software, Inc.
- Jørgensen, E. 1920. Mediterranean ceratia, report on the Danish Oceanographical Expedition 1908-10 to the Mediterranean and adjacent seas, II. Biology. 110 pp.
- Kim, H.G. 1986. ECOLOGICAL STUDY OF DINOFLAGELLATES RESPONSIBLE FOR RED TIDE 1. The Population Growth and Control of *Prorocentrum triestinum*. Schiller. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea 39: 1-6.
- Kim, H.G., J.S. Park, S.G. Lee and K.H. An. 1993. Population cell volume and carbon content in monospecific dinoflagellate blooms: 769-773. In: Toxic phytoplankton blooms en the sea. Proc. 5th Int. Conf. on Toxic Marine Phytoplankton. Elsevier.
- Krebs, Ch.J. 1985. ECOLOGÍA Estudio de la Distribución y la Abundancia. 2a ed. HARLA, S.A. de C.V. México. XXXII+753 pp.
- Kudela R., G. Pitcher, T. Probyn, F. Figueiras, T. Moita and V. Trainer. 2005. Harmful Algal Blooms in Coastal Upwelling Systems. Oceanography Vol.18, No.2, June: 184-197.
- Kuylenstierna, M. and B. Karlson. 2000. Checklist of phytoplankton in the Skagerrak-Kattegat, (including heterotrophic protists). Department of Marine Botany, Göteborg University, Sweden. <http://www.marbot.gu.se>.
- Larsen, J. and O. Moestrup. 1992. Potentially toxic phytoplankton. 2. Genus *Dinophysis* (Dinophyceae). In: J.A. Lindley (ed.), ICES Identification Leaflets for Plankton. ICES, Copenhagen, 180: 1-12.

- Larsen, J. and A. Sournia. 1991. The diversity of heterotrophic dinoflagellates. In: The Biology of freeliving Heterotrophic Flagellates, D.J. Patterson and J.Larsen (editors). Systematics Association by Clarendon Press-Oxford, 45: 313-332.
- Larsen, J. 2002. Capítulo 5: Dinoflagelados atecados potencialmente tóxicos en el cono sur americano. En: Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano. Sar, E.A., M.E. Ferrario y B. Reguera (compiladores). Instituto Español de Oceanografía: 145-166.
- Lavender, S.J. and S.B. Groom. 2001. The detection and mapping of algal blooms from space. *Int. J. Remote Sensing*, 22(2 y 3): 197-201.
- Lechuga-Devéze, Ch. and A.P. Sierra-Beltran. 1995. Documented case of ciguatera on the Mexican Pacific coast. *Nat Toxins*. 3(6):415-418.
- Lechuga-Devéze, Ch., M. L. Morquecho-Escamilla, A. Reyes-Salinas And J. R. Hernández-Alfonso. 2000. Environmental natural disturbances at Bahía Concepción, Gulf of California. *In: Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope* (Munawar M., S.G. Lawrence, I.F. Munawar and D.F. Malley, eds.) Ecovision World Monograph Series. Backhuys Publs. Leiden, The Netherlands: 245- 255.
- Lechuga-Devéze, C.H., A. Reyes-Salinas and M.L. Morquecho-Escamilla. 2001. Anoxia in a coastal bay: case study of a seasonal event. *Rev. biol. trop.* 49(2) San José, jun.: 525-534.
- Lee, J.S., T. Igarashi, S. Fraga, E. Dahl, P. Hovgaard and T. Yasumoto. 1989. Determination of diarrhetic toxins in various dinoflagellate species. *J. Appl. Phycol.* 1: 147-152.

- Lehane, L. (1999) Ciguatera fish poisoning: a review in a risk-assessment framework. National Office of Animal and Plant Health,, Agriculture, Fisheries and Forestry — Australia, Canberra, 86 pp.
- Licea, S., J.L. Moreno, H. Santoyo y G. Figueroa. 1995. Dinoflageladas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. X+165 pp.
- Licea D., S. 1974. Sistemática y distribución de las diatomeas de la laguna de Agiabampo, Son./Sin. México. An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, 1(1): 99-156.
- López, J. 1955. Variación alométrica de *Ceratium tripos*. Inv. Pesq., II: 131-159.
- López C., J.M., H.G. Manzo M., y E.M. Santamaría del Angel. 2002. Clorofila como indicador de aguas productivas y su asociación con altimetría en el océano Pacífico Oriental. XIII Congreso Nacional de Oceanografía. Puerto Vallarta, Jal., Méx. 7 al 11 de octubre. Pp. 137.
- Lu, D. 2004. Status of Hab Monitoring in China with Emphasis on the East China Sea. Second Institute of Oceanography, SOA, Hangzhou 310012 China. <http://fol.fs.a.u-tokyo.ac.jp/rtw/TOP/EXabst/008DoudingLu.pdf>
- Margalef, R. 1972a. Capítulo 12 El Ecosistema. En: Ecología Marina. Fundación la Salle, Ed. DOSSAT, S.A. Caracas: 377-453.
- Margalef, R. 1972b. Capítulo 13 Ritmos, Fluctuaciones y Sucesión. En: Ecología Marina. Fundación la Salle, Ed. DOSSAT, S.A. Caracas: 454-492.
- Margalef, R. 1972c. Capítulo 14 La Vida Suspendida en las Aguas. En: Ecología Marina. Fundación la Salle, Ed. DOSSAT, S.A. Caracas: 493-562.

- Martin, J.L. 2001. Protocol for Monitoring Fitoplancton a report by the marine biodiversity monitoring Committee (Atlantic Maritime Ecological Science Cooperative, Huntsman Marine Science Center) to the Ecological monitoring and Assessment Network of Environment Canada. In: Marine Biodiversity Monitoring. http://www.eman-rese.ca/eman/ecotools/marine/fitoplancton/phyto_marine_e.pdf.
- Meave del Castillo, M.E., M.E. ZamudioR., Y.B. Okolodkov and I.H. Salgado U. 2003. *Ceratium balechii* sp. nov. (Dinophyceae: Gonyaulacaceae) From the Mexican Pacific. *Hidrobiológica*, 13(1): 75-91.
- Medina, N. M., Osorio D. A., Domínguez, D. O. 2000. Peces. En: Catalogo de la Biodiversidad en Michoacán. SEDUE. Gobierno del Estado. Morelia, Mich: 247–280.
- Medina R., M. 2004. Autoridad decreta veda de moluscos. *La Voz de Michoacán*, Año LVI, N° 18,443, Domingo, 23 de Mayo: 16A.
- Melchor-Aragón, J. M., A. Ruiz-Luna, R. Terrazas-Gaxiola y C. Acosta-Castañeda. 2002. Mortalidad y crecimiento del ostión de roca, *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854), en San Ignacio, Sinaloa, México. *Ciencias Marinas*, 28(2): 125–132.
- Menezes R., I., J. Muai and S. Silva. 2004. Mortality caused by dinoflagellates bloom in Luanda. *Harmful Algae News*. An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms. IOC-UNESCO N° 26: 8-9.
- Merino I., M. 2000. Capítulo VIII.- Muestreo en Oceanografía Química. In: Granados Barba, A. Solís Weiss y R.G. Bernal Ramírez (eds.) *Métodos de Muestreo en la Investigación Oceanográfica*. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM, México: 155-176.

- Millán-Núñez, E., 1988. Marea roja en Bahía de Los Ángeles. *Ciencias Marinas*, 14: 51-55.
- Moestrup, Ø. (Ed.). 2004. IOC Taxonomic Reference List of Toxic Algae, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO; ioc.unesco.org/hab/data.htm.
- Morales-Blake, A., D. Hernández-Becerril y C. Cavazos-Guerra. 2000. Registros de Mareas Rojas en las Bahías de Manzanillo, Colima, México. Ríos J., E., E. Juárez C., M. Pérez P., E. López U., E.G. Robles J., D.U. Hernández B. y M. Silva B. (eds.). *Estudios Sobre Plancton en México y El Caribe. XI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, IV International Meeting of Planktology y XV Aniversario de la Fundación de la Sociedad Mexicana de Planctología*. Universidad de Guadalajara y Sociedad Mexicana de Planctología, A.C.: 81-82.
- Morales B., A., C. Cavazos G., O. Chic, M. Estrada y D. Blasco. 2002. Detección de proliferaciones fitoplanctónicas en la zona costera del Pacífico Central Mexicano, utilizando imágenes SeaWifs. XIII Congreso Nacional de Oceanografía. Puerto Vallarta, Jal., Méx. 7 al 11 de octubre. Pp. 140.
- Moreno, C.E. 2001. *Manual de Métodos para Medir la Biodiversidad*. Universidad Veracruzana, México. 49 pp.
- Morisita, M. 1959. Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu U., ser. E (Biol.)*, 3: 65-80.
- Morquecho, L., A. Reyes-Salinas, D. T. Góngora-González y C. J. Band-Schmidt. 2004. *Colección de Dinoflagelados Marinos (CODIMAR)*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, B. C. S. México. (<http://www.cibnor.mx/colecciones/codimar/ecodimar.php>).

- Morquecho, L., Ch. Band-Schmidt, C. Lechuga-Devéze and D. Góngora. 2000. Should Bahía Concepción, Mexico, be a model for Harmful Algal Blooms?. Harmful Algae News. An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms. IOC-UNESCO: 12-13.
- Morquecho, L. and C.H. Lechuga-Devéze. 2003. Dinoflagellate Cysts in Recent Sediments from Bahía Concepción, Gulf of California. *Botanica Marina*, March, 46(2): 132-141.
- Muñoz S., P. y S. Avaria P. 1980. Estudio Taxonómico de los Dinoflagelados Tecados de la Bahía de Valparaiso. I. Género *Ceratium*. *Rev. Biol. Mar-Dep: Oceanol. Univ. Chile*, 17(1): 1-57.
- Murata, M., M. Shimatani, H. Sugitani, Y. Oshima and T. Yasumoto. 1982. Isolation and structural elucidation of the causative toxin of the diarrhetic shellfish poisoning. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 48: 549-552.
- NOM-031-SSA1-1993 Bienes y Servicios. Productos de la pesca. Moluscos bivalvos frescos – refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias. D.O.F. 06-III-1995. Aclaración: D.O.F. 19-I-1996.
- NOM-EM-005-SSA1-2001, Salud Ambiental. Especificaciones sanitarias para el control de los moluscos bivalvos y otros moluscos expuestos a la marea roja. Criterios para proteger la salud de la población. D.O.F. 24-XII-2001.
- NTSYSpc v. 2.02c, 1986-1998. 1997. Applied Biostatistics Inc, CONSEN and NJOIN programs.

- NWFSC. 2005. "The Nation's resource for understanding Harmful Algal Blooms (HABs) and Marine Biotoxins in the Pacific Oceans". Northwest Fisheries Science Center, Harmful Algal Blooms Program. [http:// www.nwfsc.noaa.gov /hab/index.htm](http://www.nwfsc.noaa.gov/hab/index.htm).
- Ochoa, J.L., A. Sánchez-Paz, A. Cruz-Villacorta, E. Núñez-Vázquez and A. Sierra-Beltrán. 1997 Toxic events in the Northwest Pacific coastline of Mexico during 1992–1995: origin and impact. *Hydrobiologia*. Springer Science+Business Media B.V., Formerly Kluwer Academic Publishers B.V. ISSN 0018-8158 (Paper) 1573-5117 (Online) DOI: 10.1023/A:1003015103760 Issue: January, 352(1-3): 195-200.
- Ochoa, J.L., D.U. Hernández-Becerril, S. Lluch-Cota, B.O. Arredondo-Vega, E. Núñez-Vázquez, A. Heredia-Tapia, J. Pérez-Linares and R. Alonso-Rodríguez. 2002. Marine biotoxins and harmful algal blooms in Mexico's Pacific litoral. In: Report 23 (August), Harmful algal blooms in the PICES region of the North Pacific. http://pices.int/publications/scientific_reports/Report23/HAB_Mexico.pdf
- Ochoa, J.L. 2003. ENSO phenomenon and toxic red tides in Mexico. *Geofísica Internacional*, 42 (3): 505-515.
- Ochoa, N. y J. Tarazona. 2003. Variabilidad temporal de pequeña escala en el fitoplancton de bahía Independencia, Pisco. Perú. *Rev. Perú Biol.* 10(1): 59-66.
- Okaichi, T. 1967. Red tides found in and around the Seto Inland Sea in 1965. *Tech. Bull. Fac. Agric. Kagawa Univ.* 15: 181-185.
- Okaichi, T. and S. Nishio. 1976. Identification of ammonia as the toxic principle of red tide of *Noctiluca miliaris*. *Bull. Plank. Soc. Jpn.* 23: 75-80.

- Okolodkov, Y.B. 2005. *Protoperidinium* Bergh (Dinoflagellata) in the southeastern Mexican Pacific Ocean: part I. *Botanica Marina*, October, 48(4): 284-296.
- Okolodkov, Y. B. and I. Gárate-Lizárraga. 2006. An Annotated Checklist Of Dinoflagellates (Dinophyceae) From The Mexican Pacific. *Acta Botánica Mexicana* 74: 1-154.
- Orellana-Cepeda, E., L. A. Morales-Zamorano And N. Castro-Castro. 1993. A Conceptual model of coastal Red Tides off Baja California. *In: VIth Conf. Int. Toxic Mar. Phytoplankton*. Nantes, France. Oct. 18-22: 152.
- Orellana C., E. 2002. Una propuesta de nomenclatura para identificar el daño potencial del fitoplancton marino en bases de datos. XIII Congreso Nacional de Oceanografía. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Pp. 68.
- Ortíz L., J.H., S.A. Lau Cham, J.C. Chávez C., A. Morales B. y A. Cacho C. 1987. Marea roja ocasionada por *Ceratium furca*, en la Bahía de Manzanillo, Colima. VII Congreso nacional de Oceanografía, Ensenada, Baja California. Pp. 195.
- Ortíz L., J.H., Y. Sánchez J., M. Sánchez B. y Ch.D. Ortega R. 2000. Temporalidad en la aparición de algunos organismos fitoplanctónicos y mareas rojas en las bahías de Manzanillo, Colima, México. XII CONGRESO NACIONAL DE OCEANOGRAFÍA, 22-26 de mayo, Huatulco, Oax. México: 187.
- Ortíz L., J.H., A. Ortiz O., L.A. Flores R., J.S. Vázquez R., E.A. Montenegro A. y Y. Sánchez J. 2002. Mareas rojas en las costas de Manzanillo, Colima. XIII Congreso Nacional de Oceanografía. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Pp. 71.
- Osaka, K. and N. Takabayashi. 1985. Annual change in distribution of the toxic dinoflagellate *Dinophysis fortii* along the coast of northern Japan. *Bull. Mar. Sci.* 37: 773.

- Osorio T., B.F. 1942. Notas sobre algunos Dinoflagelados planctónicos marinos de México, con descripción de nuevas especies. An. Esc. Nal. Cienc. Biol., II(4): 435-447(34-36).
- Parrilla-Cerrillo, M.C., J. Vázquez C. , E.O. Saldate-Castañeda, y L.M. Nava-Fernández. 1993. Brotes de Toxicoinfecciones Alimentarias de Origen Microbiano y Parasitario. Salud Pública México. 35: 456-463.
- Peña-Manjarrez, J. L., G. Gaxiola-Castro, J. Helenes-Escamilla y E. Orellana-Cepeda. 2001. Ciencias Marinas, 27(4): 543–558.
- Peña, V. y G.A. Pinilla. 2002. Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utría, Pacífico colombiano. Rev. Biol. Mar. y Ocean. Julio, 37(1): 67-81.
- Raloff, J. 2005. “Harmless” Alga Indicted for Mussel Poisoning. Week of Jan. 29, Vol. 167, No. 5. <http://www.sciencenews.org/articles/20050129/food.asp>.
- Ramírez- Camarena, L. Muñoz C., E. Cabrera M., A.R. Castro R., P. López R., y E. Orellana C. 1996. Identificación de la marea roja frente a las costa suroeste de México en oct-dic, 1995. I REUNIÓN INTERNACIONAL DE PLANCTOLOGÍA Y VIII REUNIÓN NACIONAL DE LA SOMPAC, Pátzcuaro, Mich., Méx.: 17.
- Ramírez-Camarena, C., H. Ramírez-García, R. Tapia-Martínez, O. Motrales-Pacheco, N.O. Juárez-Ruíz, S., y A. Barón-Campis. 2005. Mortandad de peces asociada a un florecimiento de *Prorocentrum minimum* en el sistema lagunar Carretas-Pareyra, Chiapas, en abril de 2004. Simposio Internacional sobre Ciencias Pesqueras en México, 2 al 4 de mayo. La Paz Baja California Sur, México.
- Red-Tide. Org. 2002. http://www.red-tide.org/new_site/about.htm.

- Reguera, B. 2002. Capítulo 1: Establecimiento de un Programa de Seguimiento de Microalgas Tóxicas. En: Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano. Sar, E.A., M.E. Ferrario y B. Reguera Instituto Español de Oceanografía: 19-54.
- Rodríguez, O. 2004. Marea Roja en LC. El Sol de Morelia, año XXV N° 9246, Domingo 23 de Mayo: 1A y 4A.
- Ronsón P., J.A. 1999. Análisis retrospectivo y posibles causas de mareas rojas tóxicas en el litoral del sureste mexicano (Guerrero, Oaxaca, Chiapas). Ciencia y Mar, Rev. Univ. del Mar. Septiembre/diciembre. III (9): 49-55.
- Rosales-Loessner, F., E. De Porras and M. W. Dix. 1989. Red Tides: Biology, environmental science, and toxicology Elsevier, Toxic shellfish poisoning in Guatemala. In: T. Okaichi, D. M. Anderson, and T. Nemoto (Eds.). New Cork: 113-116.
- Ryan, J.P., H.M. Dierssen, R.M. Kudela, Ch.A. Scholin, K.S. Johnson, J.M. Sullivan, A.M. Fischer, E.V. Rienecker, P.R. Mc enaney and F.P. Chavez. 2005. Coastal Ocean Physics Red Tides an Example from Monterey Bay, California. Oceanography, June,18(2): 246-255.
- Saiki, M.K. 1973. Mean Bulk Index Method of Fish Food Analysis. The Progressive Fish-Culturist, Washington, 38(1): 55-56.
- Saldarriaga J.F., F.J.R. Taylor, P.J. Keeling, T. Cavalier-Smith. 2001. Dinoflagellate Nuclear SSU rRNA Phylogeny Suggests Multiple Plastid Losses and Replacements. J Mol Evol (2001) 53: 204–213.

- Saldade-Castañeda, O., J.L. Vázquez-Castellanos, J. Galván, A. Sánchez-Anguiano y A. Nazar. 1991. Intoxicaciones por Toxina Paralizante de Molusco en Oaxaca. Rev. Salud Pública de México, 33: 240-247.
- Santander, E., L. Herrera y C. Merino. 2003. Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20°18'S): II. Composición específica y abundancia celular. Rev. Biol. Mar. y Oceanog. Julio, 38(1): 13-25.
- Schweikert, M. 2003. Cell wall ultrastructure and intracytoplasmic bacteria in hypnocyts of toxic *Alexandrium tamarense* (Dinophyceae). Protistology 3(2): 138-144.
- SecMar. 2002a. Atlas de Dinámica Costera de la República Mexicana. Secretaría de Marina Armada de México. Dirección General de Investigación y desarrollo. Dirección General Adjunta de Hidrografía y Cartografía. 220 pp.
- SecMar. 2002b. Atlas de Contaminación Marina en el Mar Territorial y Zonas Costeras de la República Mexicana. Secretaría de Marina Armada de México. Dirección General de Investigación y desarrollo. Dirección General Adjunta de Hidrografía y Cartografía. 175 pp.
- SENAMHI. 2004a. Boletín Meteorológico e Hidrológico del Perú. I. Evaluación de las condiciones Océano-Atmosféricas: Marzo 2004, 1. Condiciones a macro escala. Año IV, N° 03. Publicación Técnica Mensual de Distribución Nacional e Internacional del Servicio Nacional De Meteorología e Hidrología del Perú: 5-16.

- SENAMHI. 2004a. Boletín Meteorológico e Hidrológico del Perú. I. Evaluación de las condiciones Océano-Atmosféricas: Marzo 2004, 1. Condiciones a macro escala. Año IV, N° 05. Publicación Técnica Mensual de Distribución Nacional e Internacional del Servicio Nacional De Meteorología e Hidrología del Perú: 5-18.
- SENAMHI. 2004a. Boletín Meteorológico e Hidrológico del Perú. I. Evaluación de las condiciones Océano-Atmosféricas: Marzo 2004, 1. Condiciones a macro escala. Año IV, N° 06. Publicación Técnica Mensual de Distribución Nacional e Internacional del Servicio Nacional De Meteorología e Hidrología del Perú: 5-18.
- Sierra-Beltrán, A.P, D.B. Lluch-Cota, S.E. Lluch-Cota, R. Cortés-Altamirano, M.C. Cortés-Lara, M. Castillo-Chávez, L. Carrillo, L. Pacas, R. Víquez y I. García-Hansen. 2004. Dinámica espacio-temporal de organismos precursores de marea roja en la costa Pacífica de América del Norte y Centroamérica. Rev. biol. trop., sep., vol. 52 supl. 1: 99-107.
- Silva, E.S. 1990. Intracellular bacteria: the origin of dinoflagellate toxicity. J. Environ Pathol. Toxicol. Oncol. May-Jun, 10(3):124-128.
- Smayda, T.J. 1997. Bloom dynamics: Physiology, behavior, trophic effects. Limnol. Oceanogr. 42 (5, part 2): 1132-1136.
- Snyder, R.V., M.A. Guerrero, Ch.D. Sinigalliano, J. Winshell, R. Perez, J.V. Lopez, and K.S. Rein. 2005. Localization of polyketide synthase encoding genes to the toxic dinoflagellate *Karenia brevis*. Phytochemistry 66 (2005) 1767–1780.

- Songhui, L. and I.J. Hodgkiss. 1999. China and Hong Kong An unusual year for the occurrence of harmful algae. Harmful Algae News An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms No. 18. The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO January: 1 y 3.
- Sotomayor-Navarro, O. y E. Domínguez-Cuellar. 1993. Toxic red tide of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, in the Tehuantepec Gulf of Mexico, and the Central American Pacific System. In VIth. Int. Conf. Toxic Marine Phytoplankton, Nantes France. Oct 18-22, pp. 185.
- Sournia, A. 1967. Le Genre *Ceratium* (Peridinien Planctonique) Dans Le Canal De Mozambique Contribution A Une Revision Mondiale. «Vie et Milieu», Série A Biologie marine, XVIII (2-3-A): 375-500.
- Sournia, A. 1986. Atlas du Phytoplancton Marin, Vol. 1: Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées and Raphidophycées. Editions du CNRS, Anatole France, Paris. 219 pp.
- SSA. 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-031-SSA1-1993, Bienes y Servicios. Productos de la Pesca. Moluscos Bivalvos Frescos-Refrigerados y Congelados. Especificaciones Sanitarias. México, D.F., a 29 de noviembre de 1994.
- SS. 2001. NORMA OFICIAL MEXICANA DE EMERGENCIA, NOM-EM-005-SSA1-2001, Salud Ambiental. Especificaciones sanitarias para el control de los moluscos bivalvos expuestos a la marea roja. Criterios para proteger la salud de la población.
- SSA. 2003. Reunión del Fenómeno de Mareas Rojas en México, 16 y 17 de octubre. Huatulco, Oaxaca.

- Steidinger, K.A. and K. Tangen. 1997. Chapter 3 Dinoflagellates In: Identifying Marine Fitoplancton. Carmelo R. Tomas (editor). Academic Press Harcourt Brace & Co. San Diego, Cal., U.S.A.: 387-584.
- Stephens, T. and M. Bush-Pirkle. 2000. Sewage uin Urban Runoff May Spur Growth of Harmful Algal Blooms. <http://press.ucsc.edu>, www.sfsu.edu/~pubaff.
- Strickland J.D.H. and T. R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 311 pp.
- Suárez I., B.A. 2001. Impacts of Harmful Algal Blooms in Chile. IAEA Planning Meeting, Monaco 5-9 November. <http://mareasrojas.med.uchile.cl>.
- Suárez, B. y V. Contreras. 2005. La Nueva Situación para la Industria de Cultivo de Moluscos y los Desafíos para Labtox y el Sistema de Vigilancia Sanitaria. Laboratorio de Toxinas Marinas Facultad de Medicina, Universidad de Chile Santiago y Castro. www.marearaja.cl.
- Subrahmanyam, R. 1968. The Dinophyceae of the Indian seas. Part I. Genus *Ceratium* Schrank. Memo. Mar. Biol. Assoc. India. 129 pp.
- Tait, R.V. 1987. Elementos de Ecología Marina. Ed. Acribia, S.A. España. XIV+445 pp.
- Takayama, H. 1985. Apical Grooves of Unarmored Dinoflagellates. Bulletin of Plankton Society of Japan,32(2): 129-140.
- Tapia, M.E. 2004. Fitoplancton en el Estero del Muerto, Golfo de Guayaquil Durante 1999-2000-2001. INOCAR. www.promar.or.cr/oceanoticias/julio/docs/Fitoplancton.pdf.

- Taylor, F.J.R. 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition A report on material collected by the R.V. "Anton Bruun" 1963-1964. E. Schweizerbart'sche verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart, Germany. 234+46 plates and 6 figures.
- Taylor, F.J.R. 1987. Terminology/criteria in Red Tide Flagellate Identification. International Symposium on Red Tides. Takamatsu, Japan: 2-9.
- Taylor, F.J.R., Y. Fukuyo and J. Larsen. 1995. Taxonomy of harmful dinoflagellates. In: G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson and A.D. Cembella (eds.), Manual on Harmful Marine Microalgae, IOC Manuals and Guides No. 33. UNESCO, France: 283-317.
- Taylor, F.J.R. and V.L. Trainer. 2002. Summary and conclusions In: Report 23 (August 2002), Harmful algal blooms in the PICES region of the North Pacific.
- Torres-Zambrano, G. 2000. Mareas rojas durante 1989-1999, en aguas Ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador Vol. 10: 127-136.
- Tovar S., M.A. 2001. Sistemática y distribución del orden Dinophysiales Lindermann 1928, Dinophyta (=Pyrophyta), en el Pacífico Oriental Tropical Mexicano, entre Jalisco y Michoacán. Tesis licenciatura, Facultad de Biología, UMSNH, México.
- Trainer, V.L. 2005. Harmful algal blooms on the U.S. west coast. National Marine Fisheries Service, Northwest Fisheries Science Center, 2725 Montlake Boulevard East, Seattle, WA 98112, U.S.A. E-mail: Vera.L.Trainer@noaa.gov. http://www.pices.int/publications/scientific_reports/Report23/HAB_US.pdf.

- Twiner, M. and G. Doucette. 2005. Toxic Impacts of HAB Toxins: Toxic Effects of Azaspiracid. In: Marine Biotoxins Program-Marine Biotoxins Research. http://www._chbr.noaa.gov/default.aspx.
- Uchida, T., M. Yamaguchi, Y. Matsuyama and T. Honjo. 1995. The red-tide dinoflagellate *Heterocapsa* sp. kills *Gyrodinium instriatum* by cell contact. MEPS Vol. 118 on March 09 Print ISSN: 0171-8630; Online ISSN: 1616-1599.
- Uribe, J.C. and M. Ruiz. 2001. *Gymnodinium* Brown Tide in the Magellanic Fjords, Southern Chile. Rev. Biol. Mar. y Ocean., diciembre 36(2): 155-164.
- Vargas T., R. 2004. Sistemática y distribución del género *Ceratium* Schrank (CERATIACEAE DINOPHYTA) en la zona costera de los estados de Michoacán y Colima. Tesis licenciatura, Facultad de Biología, UMSNH, México.
- Venegas D. 2005. Posibilidad de monitorear marea roja y el fitoplancton. TODOs@CICESE, Órgano de comunicación interna del CICESE, Departamento de Comunicación para el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, 6 de noviembre N° 34.
- Villafañe, V.E. y F. M.H. Reid. 1995. Métodos de Microscopía para la Cuantificación del Fitoplancton. En: Manual de Métodos Ficológicos. K. Alveal, M.E. Ferrario, E.C. Oliveira y E. Sar (eds.), Universidad de Concepción, Concepción, Chile: 169-185.
- Villarroel M., M. y P. García G. 2000. Crustáceos. En: Catálogo de la Biodiversidad en Michoacán, SEDUE, Gob. Edo. Mich. Morelia, Mich.: 235-246.

- Villaseñor G., J: F. 1990. Avifauna Costera de Michoacán, México. Composición, estacionalidad, abundancia relativa y hábitos alimenticios. Cuadernos de investigación. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Coordinación de la Investigación Científica. Morelia, Mich. México. 75 pp.
- Wall, D. and B. Dale. 1968. Modern dinoflagellates cysts and evolution of the Peridinales. *Micropaleontology* (NY), 14: 265-304.
- WHOI. 2003. Harmful Algal Blooms. URL: [http:// www. epa. gov/ owow/ estuaries/ coastlines/summer98/harmfulalga.html](http://www.epa.gov/owow/estuaries/coastlines/summer98/harmfulalga.html)
- Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecol. Monogr.* 30: 279-338.
- Whyte, J.N.C. 1997. Impacts of harmful algae on the west-coast aquaculture industry and a national research plan by the Phycotoxins Working Group of Fisheries and Oceans to address such issues. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.*, September, no. 97-3: 19-25.
- Wolf, J.H.D. 1995. El Análisis Multivariable de las Comunidades Vegetales. ECOSUR (El Colegio de la Frontera Sur). 27 pp.
- Wyatt, T. and A. Zingone. 2004. Cape Agulhas. Harmful Algae News. An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms. IOC-UNESCO: 1-7.
- Yan, T., M.Ji. Zhou and J.Z. Zou. 2002. A national report on harmful algal blooms in China. PICES Scientific Report, No.23: 21-32.
- Yasumoto, T., I. Nakijama, R. Bagnis and R. Adachi. 1977. Finding of a dinoflagellate as a likely culprit of ciguatera. *Bull. Jap. Soc. Fish.* 43: 1021-1026.

- Yasumoto, T., Y. Oshima, Y. Murakami, I. Nakajima, R. Bagnis and Y. Fukuyo. 1980a. Toxicity of benthic dinoflagellates in a coral reef. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46: 327-331.
- Yasumoto, T., Y. Oshima, W. Sugawara, Y. Fukuyo, H. Oguri, T. Igarashi and H. Fujita. 1980b. Identification of *Dinophysis fortii* as the causative organism of diarrhetic shellfish poisoning. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 46: 1405-1411.
- Yasumoto, T., N. Seino, Y. Murakami and M. Murata. 1987. Toxins produced by benthic dinoflagellates. Biol. Bull. 172: 128-131.
- Yasumoto, T. 1990. Marine microorganisms toxins - an overview. In: E. Graneli, B. Sundstrom, L. Edler and D.M. Anderson (eds.), Toxic Marine Phytoplankton, Elsevier, New York: 3-8.
- Yasumoto, T. 1993. A turning point in ciguatera study. In: T.J. Smayda and Y. Shimizu (eds.), Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, Elsevier, Amsterdam: 455-461.
- Yedid Z., M. 2004. Levanta SSM veda en LC por marea roja. El Sol de Morelia, año XXV, N° 9291, Miércoles 7 de julio: 1A y 6A.
- Yin, K. and P.J. Harrison. 2004. Influence of Monsoons and Oceanographic Processes on Harmful Algal Blooms in Hong Kong Waters. <http://fol.fs.a.u-tokyo.ac.jp/rtw/TOP/EXabst/013KedongYin.pdf>.
- Yuzao, Q., L. Songhui, C. Jufang, W. Zhaohui, X. ning, W. Yan, I.J. Hodgkiss, Ch. Yueqin and Q. liangfu. 2000. An Overview on Red Tide of South China Sea, 1998. Harmful Algal Blooms. IX Conference, Tasmania. http://www.utas.edu.au/docs/plant_science/HAB2000.

Zhang, H., D. Bhattacharya and S. Lin. 2005. Phylogeny of Dinoflagellates Based on Mitochondrial Cytochrome b and Nuclear Small Subunit rDNA Sequence Comparisons. Phycological Society of America, J. Phycol. 41: 411–420.

Zhu, M., R. Li, X. Mu, and R. Ji. 1997. Harmful algal blooms in China seas. Ocean Research. 19(2): 173-184.