

# BAC

## Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano

Editado por:

D. Lluch-Belda, J. Elourduy-Garay,  
S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz



CENTRO DE INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C.



CICIMAR



CONACYT

# B A C

**Centros de Actividad Biológica  
del Pacífico mexicano**

**D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay,  
S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz**

*Editores*



Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Diseño gráfico: Edgar Yuen Sánchez.

Cuidado de la edición: Edgar Yuen Sánchez, Daniel Lluch Belda, Juan F. Elorduy Garay, Salvador E. Lluch Cota y Germán Ponce Díaz.

Diseño de portada: Gerardo Rafael Hernández García.

Cuidado de la impresión: Margarito Rodríguez Alvarez, Santiago Rodríguez Alvarez y Rubén Andrade Velázquez.

#### **Clasificación del Congreso de los E.E.U.U.**

QH 541.5.S32B 2000

BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano / Editado por D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz.-- México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., 2000. ISBN 970-18-6285-6

1. Ecología marina. 2. Oceanografía biológica. 3. Productividad marina.

D.R. © 2000

Derechos reservados conforme a la ley

Primera edición

Impreso y hecho en México

Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método electrónico o mecánico sin el consentimiento por escrito de los editores.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) por su apoyo para la edición e impresión del presente volumen.

Al personal del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas que participó en la realización de esta obra.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) quien proporcionó el apoyo financiero a través del Proyecto R29374B.

Al Instituto Interamericano para el Estudio del Cambio Global (IAI), a través de la US National Science Foundation (NSF) por su apoyo en la realización de los talleres de trabajo que dieron origen a esta iniciativa (Ref. ATM-9530224).

Al Ing. Edgar Yuen Sánchez (Subdirección de Informática del CIBNOR), por su intensa participación en el diseño gráfico y cuidado de la edición, sin la cual esta obra no se hubiese podido realizar.

Al Ing. Margarito Rodríguez Alvarez, Santiago Rodríguez Alvarez y Rubén Andrade Velázquez (Taller de Impresiones del CIBNOR), por el cuidado en la impresión. A Gerardo Hernández García (Diseño Gráfico del CIBNOR) por el diseño de la portada. Finalmente, a la Lic. Ana María Talamantes Cota (Biblioteca del CIBNOR) por la clasificación del libro.

## CONTENIDO

CAPÍTULO 1		
CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL Y CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA	1	
<i>Mario Martínez-García &amp; Daniel Lluch-Belda</i>		
CAPÍTULO 2		
MODELACIÓN DE FLUJOS DE BIOMASA EN CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA	13	
<i>Francisco Arreguín-Sánchez</i>		
CAPÍTULO 3		
POSIBILIDADES PARA EL MONITOREO AMBIENTAL Y BIOLÓGICO EN BAC MEXICANOS COMO UNA ESTRATEGIA PARA LA PREVENCIÓN, DETECCIÓN Y MITIGACIÓN DE FLORACIONES ALGALES NOCIVAS	29	
<i>Arturo P. Sierra-Beltrán</i>		
CAPÍTULO 4		
CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA	49	
<i>Daniel Lluch-Belda</i>		
CAPÍTULO 5		
EL CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LA BAHÍA DE SEBASTIÁN VIZCAÍNO, UNA PRIMERA APROXIMACIÓN	65	
<i>Martín E. Hernández-Rivas, Sylvia Patricia Jiménez-Rosenberg, René Funes-Rodríguez &amp; Ricardo J. Saldierna-Martínez</i>		
CAPÍTULO 6		
EXPLORACIÓN DE LA CAPACIDAD PREDICTIVA DE LOS BAC EN ESPACIO Y TIEMPO: PUNTA EUGENIA Y EL SUR DE CALIFORNIA	87	
<i>Ehecatl Manuel Muñoz-Mejía, Salvador E. Lluch-Cota, Doménico Voltolina &amp; María Verónica Morales-Zárate</i>		
CAPÍTULO 7		
COMPARACIÓN ENTRE ZONAS DE ALTA ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA: PUNTA EUGENIA Y PUNTA BAJA	99	
<i>María Verónica Morales-Zárate, Salvador E. Lluch-Cota, Doménico Voltolina &amp; Ehecatl Manuel Muñoz-Mejía</i>		
CAPÍTULO 8		
ASPECTOS DE LA GEOQUÍMICA DEL MATERIAL ORGÁNICO EN EL BAC DEL GOLFO DE ULLOA, B.C.S.	111	
<i>Sergio Aguñiiga</i>		

CAPÍTULO 9	
COMPOSICIÓN Y DINÁMICA DEL FITOPLANCTON EN EL BAC DE BAHÍA MAGDALENA, B.C.S.	125
<i>Aída Martínez-López &amp; Gerardo Verdugo-Díaz</i>	
CAPÍTULO 10	
DINÁMICA DEL FITOPLANCTON EN EL SISTEMA LAGUNAR MAGDALENA- ALMEJAS	143
<i>Ismael Gárate-Lizárraga, David A. Siqueiros-Beltrones, Gerardo Verdugo-Díaz &amp; Rafael Guerrero-Caballero</i>	
CAPÍTULO 11	
FLORA FICOLÓGICA DEL BAC DE PUNTA EUGENIA	157
<i>Margarita Casas-Valdez</i>	
CAPÍTULO 12	
VARIABILIDAD INTERANUAL DEL ZOOPLANCTON EN DOS CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL NOROESTE MEXICANO: RESPUESTA DE LA POBLACIÓN DE <i>Calanus pacificus</i> AL CAMBIO AMBIENTAL	165
<i>Sergio Hernández-Trujillo</i>	
CAPÍTULO 13	
COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL ICTIOPLANCTON DEL GOLFO DE ULLOA, BAJA CALIFORNIA SUR, UN CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA	185
<i>René Funes-Rodríguez, Martín E. Hernández-Rivas, Ricardo J. Saldierna-Martínez, Alejandro T. Hinojosa-Medina, Raymundo Avendaño-Ibarra &amp; Sylvia P. Adelheid Jiménez-Rosenberg</i>	
CAPÍTULO 14	
BAC VERSUS ÁREAS ADYACENTES: UNA COMPARACIÓN DE LA VARIABILIDAD INTERANUAL DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS A PARTIR DEL COASTAL ZONE COLOR SCANNER (CZCS)	199
<i>Daniel B. Lluch-Cota &amp; Georgina Teniza-Guillén</i>	
CAPÍTULO 15	
LAS POBLACIONES DE ALMEJA CATARINA <i>Argopecten ventricosus</i> EN EL CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE BAHÍA MAGDALENA, MÉXICO	219
<i>Alfonso N. Maeda-Martínez, María Teresa Sicard, Liliana Carvalho, Salvador E. Lluch-Cota &amp; Daniel B. Lluch-Cota</i>	
CAPÍTULO 16	
ANÁLISIS DE TRES VARIABLES OCEANOGRÁFICAS EN LA REGIÓN DE GUAYMAS, SONORA, MÉXICO	229
<i>Juana López-Martínez, Manuel O. Nevárez-Martínez, Armando Leyva-Contreras &amp; Osvaldo Sánchez</i>	

CAPÍTULO 17	
<b>SOBRE LA IMPORTANCIA DE CONSIDERAR LA EXISTENCIA DE CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA PARA LA REGIONALIZACIÓN DEL OCÉANO: EL CASO DEL GOLFO DE CALIFORNIA</b>	255
<i>Salvador E. Lluch-Cota &amp; Juan Pedro Arias-Aréchiga</i>	
CAPÍTULO 18	
<b>VARIACIONES DE LOS VOLÚMENES ZOOPLANCTÓNICOS EN EL CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL GOLFO DE CALIFORNIA</b>	265
<i>Alfonso Esquivel-Herrera, Gabriela Ma. Esqueda-Escárcega &amp; Sergio Hernández-Trujillo</i>	
CAPÍTULO 19	
<b>COMUNIDADES DE SIFONÓFOROS (CNIDARIA) EN EL CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL GOLFO DE CALIFORNIA</b>	277
<i>Alfonso Esquivel-Herrera</i>	
CAPÍTULO 20	
<b>LA PESQUERÍA DE CAMARÓN DE ALTAMAR EN SONORA</b>	301
<i>Juana López-Martínez, Enrique Morales-Bojorques, Fausto Paredes-Mallon, Daniel Lluch-Belda &amp; Celio Cervantes-Valle</i>	
CAPÍTULO 21	
<b>LA PESQUERÍA DE CALAMAR GIGANTE EN BAJA CALIFORNIA SUR: INTERACCIÓN ENTRE FLUCTUACIONES DEL RECURSO, INDUSTRIA PROCESADORA, ECONOMÍA Y SOCIEDAD</b>	313
<i>Saúl Sánchez-Hernández, Germán Ponce-Díaz &amp; Sergio Hernández-Vázquez</i>	
CAPÍTULO 22	
<b>EL GOLFO DE TEHUANTEPEC COMO UN CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y SU IMPORTANCIA EN LAS PESQUERÍAS</b>	335
<i>Sofía Ortega-García, José Angel Trigueros-Salmerón, Rubén Rodríguez-Sánchez, Salvador Lluch-Cota &amp; Héctor Villalobos</i>	
<b>RECAPITULACIÓN</b>	357
<i>Daniel Lluch-Belda, Juan F. Elorduy-Garay, Salvador E. Lluch-Cota &amp; Germán Ponce-Díaz</i>	

## PRÓLOGO

*Prof. W.S. Wooster*

School of Marine Affairs, University of Washington

The studies compiled in this volume concern a concept that arose out of international discussions in La Paz, B.C.S., Mexico, concerning variations in the abundance and distribution of small pelagic fishes and their possible relation to changes in the physical environment. Of particular interest were species of sardine and anchovy that are common to eastern boundary currents, such as those of California and Mexico, Peru, and southwest Africa, where they are nourished by the high productivity associated with the upwelling of plant nutrients.

Even in these generally productive regions, there are smaller areas where biological activity is particularly high. These areas appear to be fixed in space, tied to coastal features, and tend to show little seasonal variation in their level of productivity. They are often the locus of spawning of small pelagics and other species and of fisheries related to the aggregations of commercial species. They have been dubbed "Biological Action Centers" or BAC.

Because of their characteristics, BAC are likely to be good places to study interactions between ecosystem and climate variations and to examine the mechanisms of such interactions. It has also been proposed that they offer an opportunity to optimize monitoring of ecosystem changes, analogous to checking blood pressure and pulse as indices of human health.

The possibility of improving the efficiency of living marine resource monitoring by concentrating observations in these small areas of high biological activity was attractive to the Living Marine Resource Panel of the Global Ocean Observing System, an international program being developed by the Intergovernmental Oceanographic Commission and other international agencies. That Panel proposed a pilot study to investigate BAC and their ecosystem role, to identify existing BAC, to determine the extent to which observations in BAC could be extrapolated to surrounding areas, and to investigate the extent to which BAC provide an indication of climate change.

Under the sponsorship of Instituto Interamericano para la Investigacion del Cambio Global (IAI), several workshops were organized to explore these ideas. The papers in the present volume resulted from the first Mexican workshop on the subject. They cover a wide variety of topics based on observations in the BAC off the west coast of Mexico and in the Gulf of California and provide support for the concepts and useful suggestions for further research arising from present knowledge of the areas.

The importance of this collection of papers goes well beyond its regional focus. Not only should the approach of using indicator locations contribute to the development of efficient global monitoring of living marine resources, but it should also lead to improved understanding of interactions between climate and ecosystem variations elsewhere in the world ocean.



Los estudios compilados en este volumen tocan un concepto que nació de las discusiones a nivel internacional realizadas en La Paz, B.C.S., México, concernientes a las variaciones en la abundancia y distribución de peces pelágicos menores y su posible relación con los cambios en el ambiente físico. Fueron de interés particular las especies de sardina y anchoveta comunes a las corrientes con frontera al este, tales como las de California y México, Perú y Suroeste de África, donde son alimentadas por la gran productividad asociada con las surgencias de nutrientes de plantas.

Incluso en estas regiones generalmente productivas, existen áreas menores donde la actividad biológica es particularmente elevada. Estas áreas parecen estar fijadas en el espacio, ligadas a características de la costa, y tienden a mostrar poca variación estacional en su nivel de productividad. A menudo son el lugar de desove de pelágicos menores y otras especies y de pesquerías relacionadas con las agregaciones de especies comerciales. Han sido denominadas "Centros de Actividad Biológica" o BAC (por sus siglas en inglés).

Debido a sus características, es probable que los BAC sean buenos lugares para el estudio de las interacciones entre el ecosistema y las variaciones climáticas y para examinar los mecanismos de tales interacciones. También se ha propuesto que ofrecen la oportunidad de optimizar el monitoreo de los cambios del ecosistema, de forma análoga a como se verifican la presión sanguínea y el pulso en cuanto a la salud humana.

La posibilidad de mejorar la eficiencia del monitoreo de recursos marinos vivos concentrando las observaciones en estas pequeñas áreas de elevada actividad biológica fue atractiva para el Panel de Recursos Marinos Vivos del Sistema de Observación Global de los Océanos (LMR-GOOS), un programa internacional que está siendo desarrollado por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (IOC) y otras agencias internacionales. Dicho Panel propuso un estudio piloto para investigar los BAC y el papel de sus ecosistemas, para identificar los BAC existentes, para determinar en qué grado las observaciones en los BAC podrían ser extrapoladas a las áreas circundantes, y para investigar en qué grado los BAC proporcionan una indicación del cambio climático.

Se organizaron varias reuniones de trabajo, con el patrocinio del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), para explorar estas ideas. Los artículos del presente volumen son el resultado de la primera reunión mexicana sobre el tema. Cubren una amplia variedad de tópicos basados en observaciones en los BAC de la costa oeste de México y en el Golfo de California, y proporcionan bases para los conceptos y sugerencias útiles para investigaciones futuras que nazcan del conocimiento actual de tales áreas.

La importancia de esta colección de artículos va mucho más allá de su enfoque regional. No sólo la aproximación de utilizar localidades indicadoras contribuirá al desarrollo de monitoreos globales de los recursos marinos vivos eficientes, sino también deberá conducir a una mejor comprensión de las interacciones entre el clima y las variaciones del ecosistema en cualquier otro lugar del océano mundial.

# 3

## **POSIBILIDADES PARA EL MONITOREO AMBIENTAL Y BIOLÓGICO EN BAC MEXICANOS COMO UNA ESTRATEGIA PARA LA PREVENCIÓN, DETECCIÓN Y MITIGACIÓN DE FLORACIONES ALGALES NOCIVAS**

*Arturo P. Sierra-Beltrán*

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Apdo. Postal 128. La Paz, B.C.S., 23000  
México. E-mail: asierra@cibnor.mx

### **RESUMEN**

Los Centros de Actividad Biológica (BAC) localizados en el Pacífico Mexicano han sido y continúan siendo impactados por la presencia de eventos de floramientos de fitoplancton denominados coloquialmente como Mareas Rojas. La información existente a la fecha no permite establecer de manera definitiva si existe algún tipo de relación de estos eventos con fenómenos antropogénicos, naturales o una conjunción de ambos. Actualmente, la acelerada dinámica poblacional en las costas del país, especialmente en las zonas denominadas BAC, asociado al cambio climático global, no permite discriminar claramente sus efectos y hacer un análisis en este sentido. Las tendencias observadas en las reducidas regiones en las que se han mantenido observaciones de manera mas o menos frecuente por periodos prolongados de tiempo, así como observaciones esporádicas durante eventos anormalmente notorios, indican un incremento en el número de eventos, su frecuencia, duración, así como el número de especies que las causan, lo que pudiera ser explicado como una resultante de ambas influencias, la antropogénica y la del cambio climático, sin poder ponderar su participación clara. Es por ello necesario el establecimiento de programas de monitoreo que permitan tener series de datos biológicos que brinden la posibilidad de analizar la influencia de estos fenómenos, por separado y de manera conjunta, sobre la abundancia y composición de las poblaciones de fitoplancton, poniendo especial atención a las especies tóxicas y nocivas, como parte de una estrategia encaminada a la prevención y mitigación de los efectos de dichos fenómenos.

**Palabras clave:** Floraciones algales nocivas, Mareas Rojas, Observación ambiental, BAC.

### ABSTRACT

The Biological Activity Centers (BAC) located in the Mexican Pacific have been and still are impacted by the presence of flourishing of phytoplankton events popularly known as Red Tides. The existing information to date does not allow establishing in a definite way if there is some kind of relation of these events with anthropogenic or natural phenomena, or a mixture of both. At present the accelerated population dynamics on the country's coasts, especially in the areas known as BAC, along with the global climatic change, does not allow to clearly discriminate their effects and to perform an analysis in this sense. The observed tendencies in the reduced regions in which observations have been made in a more or less frequent basis for long time periods, as well as the sporadic observations during abnormally notorious events, indicate an increase in the number of events, their frequency, duration, and the number of species causing them. This could be explained as a result of both influences, the anthropogenic and the climate change, without clearly weighting their participation. Therefore it is necessary to establish monitoring programs to allow the collection of biological data. This would make possible to analyze the influence of these phenomena, separately and in conjunction, on the abundance and composition of phytoplankton populations. Special attention should be paid to the toxic and noxious species, as part of a strategy focused on the prevention and mitigation of the effects of such phenomena.

**Key words:** Harmful algal blooms, Red Tides, Environmental monitoring, BAC.

### GENERALIDADES

Aunque las floraciones algales nocivas han ocurrido desde mucho tiempo antes de que el hombre empezara a modificar el ecosistema costero, la prospección de los lugares afectados por eventos de intoxicación de humanos o pérdidas económicas en las décadas recientes, demuestra de manera inconfundible que ha habido un dramático incremento en los efectos de las microalgas nocivas. El problema está ahora muy disperso y es muy serio. Debe de recordarse, que los impactos de las microalgas nocivas se extienden mucho más allá de los efectos en la economía y en la salud de los seres humanos. Cuando estos eventos contaminan o destruyen los recursos costeros, la supervivencia de los residentes locales está amenazada y la sustentabilidad de las poblaciones biológicas, incluyendo las humanas, está muy comprometida. Claramente, existe una necesidad imperiosa de desarrollar respuestas efectivas para abordar el problema de las microalgas nocivas a través del manejo y la mitigación. Esto requiere el conocimiento de los factores que controlan la distribución y la tasa neta de crecimiento (la dinámica de población) de las especies de microalgas

consideradas como nocivas, así como sus interacciones con otros componentes del ecosistema, incluyendo el hombre.

Entre las pesquerías más importantes de las márgenes costeras del Noroeste del Pacífico Mexicano, se encuentran el atún, en diversas variedades, las sardinas y anchovetas, el camarón, y la fauna asociada con esta pesquería, el calamar y los moluscos bivalvos y en menor escala el tiburón (Bakun *et al.*, 1999). Los moluscos (ostiones, almejas y mejillones) y los crustáceos (camarones), son alimentos únicos apreciados por los consumidores durante muchos años. La popularidad de estos productos como alimento data de varios siglos de historia. Ya que estos representan uno de los recursos naturales con mayor abundancia, pasaron a formar parte de la dieta desde el asentamiento de los primeros colonizadores de las costas. Esta presión de parte de los consumidores ha ocasionado la sobre-explotación de las poblaciones naturales y el consecuente incremento de los precios del producto. Así, se dan las condiciones ideales para que se convierta en redituable económicamente la actividad del cultivo de estos productos. Sin embargo, redituable no es sinónimo de sustentable, así se dan situaciones “naturales” que han puesto en serio riesgo de colapso esta actividad. Dos fenómenos asociados a la presencia de microalgas nocivas han impactado seriamente la acuicultura a nivel mundial: las mortandades masivas de organismos en cultivo (y en el medio natural) por las denominadas floraciones algales nocivas y la acumulación de toxinas en los organismos cuando estos se alimentan con microalgas tóxicas, haciendo el producto peligroso para el consumidor.

### **Esfuerzos actuales de monitoreo e investigación en México**

Los impactos al medio ambiente acuático, marino y terrestre en México, ocasionados por diversos agentes, tanto químicos como biológicos, han representado un porcentaje considerable del total de efectos en los recursos naturales en años recientes (1995-1998) (DGVOE-PROFEPA/SEMARNAP, 1999). Entre éstos, destaca de manera muy importante la formación de las llamadas “Mareas Rojas”, que han llegado a representar hasta el 25% de los eventos registrados a nivel nacional (DGVOE, PROFEPA/SEMARNAP, 1996, 1997). La comunidad científica se refiere a estos eventos con el término genérico de “Floraciones Algales Nocivas”, reconociendo sin embargo, que las conforman un amplio rango de organismos y algunas especies tienen efectos tóxicos a bajas densidades, que no todas las Floraciones Algales nocivas son “algas” y que no siempre ocurren como floraciones. Una amplia clasificación de estos eventos distingue dos grupos de organismos: los que producen toxinas que pueden contaminar los alimentos o matar peces y otros animales acuáticos y, los que producen grandes biomásas que pueden ocasionar anoxia y causar muertes indiscriminadas en la vida marina después de alcanzar grandes concentraciones. Algunos eventos de floración tienen ambas características.

La investigación al respecto de “Mareas Rojas” tóxicas, o Floraciones Algales Nocivas, FAN, se ha incrementado en los últimos años. Además de su importancia respecto de la salud pública y los impactos sobre las actividades

económicas que se desarrollan en zonas costeras, el interés ha derivado del aumento que se ha registrado en el número y frecuencia de éstos en diversas zonas costeras de océano mundial (Anderson, 1989). Una de las hipótesis más sólidas que se han considerado para explicar este aumento se basa en que los cambios climáticos a diferentes escalas temporales, desde la interanual (p.e. eventos ENSO) hasta la interdecadal, son responsables de los cambios en la distribución y composición de las poblaciones marinas (Hallegraeff, 1995; Anderson *et al.*, 1998). En este contexto, en diversos países se han enfocado esfuerzos encaminados al establecimiento de sistemas de monitoreo ambiental y biológico, tanto para estudiar las relaciones entre variabilidad ambiental y la presencia y peligrosidad de FAN, como para desarrollar una capacidad predictiva que permita la toma oportuna de medidas preventivas y correctivas ante estos eventos. En el caso de México, la ocurrencia de grandes mortalidades de animales marinos a lo largo de las costas del Golfo de México ha sido reconocida desde la época de la colonia (Siglo XVII) (Bongersma-Sanders, 1957). Poco a poco se relacionó a estos fenómenos con la ocurrencia de grandes mareas rojas y con el hecho de que los habitantes de la costa sufrían afecciones respiratorias y cutáneas al aproximarse o tener contacto con la brisa del mar (Núñez-Ortega, 1879). En las costas del Pacífico los historiadores reportan la existencia de tradiciones locales que evitaban la ingestión de mariscos en ciertos periodos del año, notando que cuando los conquistadores ignoraban estas advertencias se sucedieron severos episodios de envenenamiento (Cabeza de Vaca, siglo XVI). En la península de Yucatán la imagen es similar, con reportes de mortalidades de peces desde 1648 (Ramírez-Granados, 1963). A pesar de estos antecedentes históricos, el primer reporte documentado de envenenamiento por consumo de moluscos data de 1976 (Saldate-Castañeda *et al.*, 1991), con siete casos y dos muertos. En una revisión previa (Ochoa *et al.*, 1998; Sierra-Beltrán *et al.*, 1998), enfatizaron la necesidad de un monitoreo permanente para evitar o reducir el impacto de dichos eventos. Sin embargo, carecemos actualmente de sistemas de evaluación confiables sobre el impacto que dichos fenómenos han producido. Una parte del problema se atribuye a la limitada capacidad de monitoreo sistemático y otra, a la falta de expertos y personal entrenado. Ya que las floraciones algales nocivas son una parte integral del ecosistema, se requiere de un enfoque interdisciplinario para abordar estas cuestiones (SCOR-IOC, 1998).

En el periodo previo al establecimiento del Tratado de Libre Comercio (TLC) entre U.S.A., Canadá y México, la Secretaría de Salud en México estableció un Memorandum de Entendimiento con la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (US-FDA) en relación a las condiciones sanitarias de los moluscos. Este establece que México iniciaría un programa similar al National Shellfish Sanitary Program (NSSP) y desde ese momento se tomaron acciones para modificar o establecer la legislación adecuada para hacerlo. Ahora existe el Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PMSMB), un órgano alterno el cual es heterogéneo en su comité ejecutivo pero cuya dirección recae, por ley, en la Secretaría de Salud, ya que esta entidad es la encargada de salvaguardar la sanidad alimenticia en el país. De acuerdo a esto, existen leyes

que especifican la cantidad máxima permitida de toxinas en alimentos para consumo humano, los procedimientos para determinar su concentración, etc. (NOM-031...??). De hecho, todo el programa se rige por una serie de ordenanzas derivadas o extraídas del NSSP. Sin embargo, la realidad actual del PMSMB es que el programa de monitoreo solo es operativo en 4 reducidas regiones: 3 en el Pacífico Noroeste (Pto. Peñasco, Son., Ensenada, B.C. y San Ignacio B.C.S.) y una en el Pacífico Sureste (Acapulco, Gro.). Algunos de los problemas relacionados con la operatividad del PMSMB están relacionados con el hecho de que con la excepción de Acapulco, los monitoreos se aplican exclusivamente a moluscos cultivados que se pretende sean introducidos al mercado americano dejando por ello sin atención a la mayor parte de las costas.

### **Importancia en los BAC mexicanos: Punta Eugenia, Bahía Magdalena, parte central del Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec**

El desconocimiento del tema es enorme en algunas regiones del país. Esto no es un reflejo de la ausencia de eventos, sino de la poca atención que ha recabado el tema. Lejos de existir una imagen densa de observaciones y estudios al respecto, representativa del aprovechamiento de las costas en el país desde tiempos históricos, únicamente se han mantenido sistemas permanentes de monitoreo en Guaymas, Son. y Mazatlán, Sin., durante 26 y 18 años respectivamente (Cortés-Altamirano *et al.*, 1996).

En la región de Punta Eugenia, considerada una zona clásica de surgencias en Baja California se ha reportado la presencia de extensas y perdurables mareas rojas de dinoflagelados, demostrando la competencia que estos organismos pueden representar para las diatomeas aun en condiciones extremas (Blasco, 1977; Estrada & Blasco, 1979; Orellana-Zepeda *et al.*, 1993), aportando enormes cantidades de energía y biomasa a las cadenas alimenticias locales que albergan importantes pesquerías (camarón, sardina y anchoveta, abulón y langosta), a las que se les esta rápidamente agregando actividades de acuicultura (atún, langosta, abulón, ostión, mejillón y mano de león).

Un poco más al sur, en Bahía Magdalena, se han registrado varias mortandades de organismos marinos (Ochoa *et al.*, 1998) afectando mamíferos marinos, peces, crustáceos, moluscos y aves. No es posible hablar de una marcada periodicidad y sólo se puede mencionar que los eventos primordialmente se manifiestan en la primavera temprana y poco frecuentemente a inicios del otoño (Ochoa *et al.*, 1997). Debido a la magnitud de los litorales, no ha sido posible realizar estudios a profundidad de todos los casos y esto ha impedido determinar de manera definitiva los agentes causales del fenómeno, pero entre ellos destacan los géneros *Gymnodinium* sp., *Alexandrium* sp. y *Gonyaulax* sp. asociados a la mortandad de mamíferos marinos, peces y aves. Recientemente, en primavera-verano de 1999, un poco al norte del límite de la zona del BAC de Bahía Magdalena se presentaron de manera consecutiva en un periodo de tres semanas, dos eventos causados por *Alexandrium catenella*, ocasionando gran

mortandad de organismos bentónicos, sobre todo afectando las pesquerías de pulpo y langosta con extensas mortandades evidenciadas en las costas.

En el Golfo de California, se tienen reportes históricos que refieren la denominación de “Mar Bermejo” como resultado del asombro de los españoles ante los eventos de mareas rojas en las aguas de la región (Cabeza de Vaca, Siglo XVI). Las mareas rojas son muy comunes en esta región, siendo el principal causante el ciliado *Mesodinium rubrum* y notoriamente evidentes los eventos causados por *Noctiluca scintillans* y recientemente, la cianofita *Oscillatoria erythraea*, un indicador tácito de la tropicalización de las aguas de la región (Cortés-Altamirano, 1988). La descripción del dinoflagelado *Gymnodinium catenatum* por Graham en 1943, fue realizada como consecuencia de un gran afloramiento en el Golfo de California, siendo desde entonces la principal especie tóxica de la región (Graham, 1943). Las condiciones cambiantes han favorecido la aparición de otras especies tóxicas formando afloramientos o en densidades consideradas como peligrosas. Entre ellas, se puede mencionar la presencia en Bahía Concepción de *Dinophysis caudata* (Lechuga-Dèveze *et al.*, 1993), *Alexandrium catenella*, *Prorocentrum minimum* (Sierra-Beltrán *et al.*, 1996) y *Alexandrium tamiyavanichi* (Sierra-Beltrán *et al.*, 1998), *Pseudonitzschia australis* en el Alto Golfo de California (PROFEPA, 1997; Sierra-Beltrán *et al.*, 1997, 1998) y, en Mazatlán, *Gymnodinium catenatum*, *Prorocentrum minimum* y *Gymnodinium sanguineum*, entre otros (Mee *et al.*, 1986; Cortés-Altamirano y Núñez-Pastén, 1992). Lo que si es muy evidente como resultado de más de veinte años de monitoreo es que el número de especies tóxicas y el número de días de marea roja progresa lenta pero constantemente (Cortés-Altamirano *et al.*, 1999), esto quiere decir que las condiciones que favorecen dichos fenómenos se han tornado más propicias con el paso del tiempo, permitiendo no solo su establecimiento, sino su desarrollo y permanencia.

En la porción sur del Pacífico Mexicano, en la región del BAC del Golfo de Tehuantepec, las mareas rojas habían sido anteriormente fenómenos relativamente raros. Como resultado de un análisis de la información más difundida acerca de los eventos relacionados a mareas rojas en la zona del sureste del Pacífico en México (Guerrero-Oaxaca y Chiapas) es posible suponer que los primeros reportes se refieren a la especie *Gymnodinium catenatum*, un organismo de regiones templadas, en tanto que los reportes más recientes asocian los casos de intoxicación a la presencia de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, un organismo netamente tropical. Este cambio de estructura en la comunidad del fitoplancton pudiera tener implicaciones muy importantes como ha sido mencionado para otras especies que posteriormente a su arribo a nuevos nichos ecológicos tienen la posibilidad de adaptarse y permanecer en ellos no llegando a representar únicamente problemas puntuales, sino a permanecer ocasionando disturbios en el ecosistema aun cuando las condiciones que permitieron su llegada se reviertan. Como un ejemplo notorio de la adaptación genética de las especies a regiones nuevas y a sus condiciones climáticas locales es posible mencionar los aislamientos de *Prorocentrum lima* realizados en

Nueva Escocia, Canadá, que siendo un organismo tropical, se encuentra adaptado a condiciones templadas (Jackson *et al.*, 1993).

En el periodo comprendido entre julio de 1927 y abril de 1999 en las costas del Pacífico de México, desde el sur de los Estados Unidos incluyendo las costas de Centro América ha sido posible identificar aproximadamente 45 reportes de eventos asociados a toxicidad ocasionada por afloramientos de fitoplancton (Graham, 1943; De-La-Garza-Aguilar, 1983; Mee *et al.*, 1986; Rosales-Loessener *et al.*, 1989; Anónimo PMSMB, 1990-1994; Saldade-Castañeda *et al.*, 1991; Cortés-Altamirano & Núñez-Pastén, 1992; SSA Epidemiología, 1992; Lechuga-Dèveze *et al.*, 1993; Parrilla-Cerrillo *et al.*, 1993; Sotomayor-Navarro & Domínguez-Cuellar, 1993; Vázquez-Recino, 1993; Colmenares & Barradas-Sánchez, 1996; DGVOE-PROFEPA/SEMARNAP, 1996, 1997, 1999; Cortés-Altamirano *et al.*, 1996, 1999; Ramírez-Camarena *et al.*, 1996; Sierra-Beltrán *et al.*, 1996, 1997, 1998; Anónimo, 1997; Ochoa *et al.*, 1997, 1998a, b; PROFEPA, 1997; Cortés-Altamirano, 1998; Blanco-Blanco *et al.*, 1999). Los resultados de una revisión bibliográfica exhaustiva en el tema de las mareas rojas en la región, permiten la identificación de parámetros importantes como son la localización de los eventos en el espacio-tiempo, el tipo de efecto que representaron y la, o las especies asociadas al mismo. Así, se pueden englobar los eventos referidos en tres grandes rubros:

- 1) Eventos de marea roja en las costas del Pacífico (35), que cuando han implicado la intoxicación de humanos, han sido primordialmente causados por toxina de tipo paralizante (PSP= Paralytic Shellfish Poisons),
- 2) Eventos fríos, ocasionados por afloramientos de diatomeas tóxicas, en las costas del Pacífico de USA y el Norte de México, incluyendo el Golfo de California (5), asociados a la intoxicación denominada de tipo amnésico (ASP= Amnesic Shellfish Poisons) y,
- 3) Eventos de toxicidad sin marea roja, pero netamente tropical, en la costa del Pacífico de México (4), asociados al consumo de peces que bio-acumulan toxinas (Ciguatera).

Actualmente, en México, las estadísticas de salud registran cerca de 500 casos de intoxicación por consumo de moluscos contaminados con toxinas de origen en el fitoplancton y al menos 20 muertes por las mismas causas (Ochoa *et al.*, 1998b), todas ellas asociadas a eventos en la costa del Pacífico del país. Lo que indica que ésta es la zona más afectada por estos eventos en años recientes.

Por ello, se procedió a obtener información derivada de bases de datos meteorológicos, climatológicos y oceanográficos de algunos puntos de la costa Pacífico como Mazatlán, Sin., en el periodo 1920-1998 (Servicio Meteorológico Nacional, 1920-1998) y Acapulco, Gro., en el periodo 1983-1998 (IRI-GOOS, 1998) y analizar la información obtenida mediante correlaciones con las observaciones documentadas de eventos de toxicidad en la misma región. La finalidad es establecer si es posible asociar el cambio climático y en especial el fenómeno del Niño al aparente aumento en la frecuencia y distribución de los eventos ocasionados por floraciones algales nocivas, poniendo énfasis en estos puntos geográficos como indicadores en los BAC mexicanos.



Los eventos asociados a toxicidad de tipo paralizante en las costa del Pacífico, se han reportado desde Mazatlán, Sin. en México hasta Panamá en América Central. Desde 1976 a 1999 se han documentado 19 eventos, 11 de ellos causados por *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, 7 por *Gymnodinium catenatum* y uno más causado por *G. catenatum* o *Alexandrium catenella*. Las zonas “calientes” en México son: Acapulco, Gro., con 6 eventos (Saldate-Castañeda *et al.*, 1991; Parrilla-Cerrillo *et al.*, 1993; Colmenares & Barradas-Sánchez, 1996; Ramírez-Camarena *et al.*, 1996; Anónimo SSA, 1997; Ochoa *et al.*, 1998a); Mazatlán, Sin., con 3 (De-La-Garza-Aguilar, 1983; Mee *et al.*, 1986; Cortés-Altamirano & Núñez-Pastén, 1992); Salina Cruz-Huatulco, Oax., con 2 (Anónimo PMSMB, 1990-1994; Saldate-Castañeda *et al.*, 1991; Sotomayor-Navarro & Domínguez-Cuellar, 1993; Cortés-Altamirano *et al.*, 1996) y, Puerto Madero, Chis., con 1 (SSA Epidemiología, 1992). La costa del Pacífico de América Central ha reportado 3 eventos en Guatemala (Rosales-Loessener *et al.*, 1989; SSA Epidemiología, 1992; Sotomayor-Navarro & Domínguez-Cuellar, 1993; Velásquez-Recino, 1993) y, en Panamá, Costa Rica, Nicaragua y El Salvador un evento en cada país (Saldate-Castañeda, 1991; Sotomayor-Navarro & Domínguez-Cuellar, 1993). Dentro de México, los eventos de Mazatlán son producidos por *G. catenatum* durante el periodo primaveral (De-La-Garza-Aguilar, 1983; Rosales-Loessener *et al.*, 1989; Saldate-Castañeda *et al.*, 1991; SSA Epidemiología, 1992). En el sur del país (Guerrero, Oaxaca y Chiapas), los afloramientos primaverales eran ocasionados usualmente por *G. catenatum* (o *A. catenella*). Entonces, después del verano de 1987 en que ocurrió el afloramiento de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en Guatemala, han ocurrido afloramientos recurrentes en el periodo otoño-invierno a lo largo de las costas de América Central hasta el estado de Guerrero (De-La-Garza-Aguilar, 1983; Rosales-Loessener *et al.*, 1989; Saldate-Castañeda *et al.*, 1991; SSA Epidemiología, 1992; Colmenares & Barradas-Sánchez, 1996). Finalmente, muy recientemente, en la primavera de 1999, Acapulco fue afectado por un gran evento asociado a la ocurrencia de *G. catenatum*. Esta pausa en la aparición de afloramientos de *P. bahamense* var. *compressum* (una especie tropical) y el resurgimiento de *G. catenatum* (una especie templada), pudiera estar relacionada con cambios climáticos durante los ciclos El Niño-La Niña. En la región de Manzanillo, Col., la influencia de los eventos de surgencia se han dejado sentir con mayor frecuencia e intensidad desde 1997, estando asociados a la presencia de manchas de marea roja en el periodo invierno-primavera (Cavazos-Guerra *et al.*, 1999; Morales-Blake *et al.*, 1999). Por ejemplo, durante marzo y abril de 1999 se manifestó un extenso y muy abundante afloramiento de *G. catenatum* en la bahía de Manzanillo (Blanco-Blanco *et al.*, 1999).

Aun siendo ambas especies de fitoplancton tóxico productoras del mismo tipo general de toxinas (PSP), las implicaciones biológicas y de salud pública de la presencia de una u otra especie son muy relevantes. La imagen clínica del envenenamiento por consumo de moluscos es la misma y esta claramente asociado al neurotropismo de las toxinas, yendo desde una ligera intoxicación, hasta una muy severa y aun ocasionando la muerte por paro respiratorio (De-La-

Garza-Aguilar, 1983; Rosales-Loessener *et al.*, 1989; Saldate-Castañeda *et al.*, 1991; SSA Epidemiología, 1992). En este sentido no existe diferencia entre los efectos ocasionados por las toxinas de *G. catenatum* o de *P. bahamense* var. *compressum*. Pero el tiempo en que se presentan estas manifestaciones es, en promedio, de 4 horas para *G. catenatum*, en tanto que para *P. bahamense* var. *compressum* es de únicamente 1-2 horas (De-La-Garza-Aguilar, 1983; Rosales-Loessener *et al.*, 1989; Saldate-Castañeda *et al.*, 1991; SSA Epidemiología, 1992; Colmenares & Barradas-Sánchez, 1996). Esto puede ser explicado por la composición específica de las toxinas de las diferentes especies e indica claramente que son mucho más peligrosos los envenenamientos asociados con *P. bahamense* var. *compressum* ya que reducen el tiempo de absorción-difusión-efecto y por ello la posibilidad de asistir adecuadamente al afectado. La clara asociación descrita en las manifestaciones de eventos relacionados a ocurrencias de *P. Bahamense* var. *compressum* y el fenómeno El Niño en el Sudeste Asiático hace obligatorio el iniciar los estudios en este sentido; sin embargo, al cotejar las ocurrencias de los eventos de toxicidad con los periodos de variabilidad climática asociada a El Niño en nuestra región, no es posible encontrar una clara relación del tipo de la descrita por otros autores en el Pacífico Sur (Hallegraeff, 1995; Usup & Azanza, 1996). Sin embargo, es evidente que el inicio de la ocurrencia de estos eventos en 1987 en las costas de Centroamérica si se encuentra precedido por un fenómeno El Niño (1983-1984) y, actualmente, al relajarse el evento 1997-1998 se observa un aparente retorno de *G. catenatum* a la zona con un desplazamiento de *P. bahamense* var. *compressum*, por lo menos en lo que respecta a la presencia de afloramientos, ya que es muy difícil evaluar la ausencia total de la especie en la zona.

Es evidente la existencia de una región costera y oceánica en las costas de México y América Central cuyas condiciones particulares denotan la existencia de un ecosistema independiente: el Gran Ecosistema Marino Costero del Pacífico de América Central. Este se encuentra delimitado al Norte por el Gran Ecosistema Marino de la Corriente de California (aproximadamente a los 20° 24' latitud Norte, en Cabo Corrientes, Jalisco, México) y al Sur limita con el Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt, frente a las costas de Ecuador. Esta caracterizado por la presencia de corrientes costeras de recirculación, una menor amplitud espacial en los gradientes de temperatura y, adicionalmente, posee distintas características batimétricas, hidrográficas, así como regímenes de productividad y tróficos particulares (Bakun *et al.*, 1999). En esta región, las temperaturas en las capas superiores del océano son más elevadas, fluctuando poco, alrededor de los 26 °C, la mayor parte del año. Otra muy importante característica, en comparación con los dos ecosistemas fronterizos, es que en el Ecosistema Marino del Pacífico de América Central se encuentran planicies de sabana al norte, selva lluviosa tropical en la región del istmo y colinas costeras al sur, con diferentes y cuantiosos regímenes pluviales y diverso uso de la tierra, hechos que en conjunto pueden ocasionar importantes aportes de nutrientes al ecosistema marino. Entre las características oceanográficas distintivas de este ecosistema, se encuentra la existencia de plumas de surgencia costera, que se extienden a grandes distancias mar adentro

a partir de las tres localidades, en donde la topografía montañosa varía drásticamente: el Golfo de Tehuantepec, en México, el Golfo de Papagayo, en Costa Rica y el Golfo de Panamá, en Panamá; cuyo efecto, al permitir el paso de los vientos que se alejan de la costa, es ocasionar la surgencia de agua del fondo, de baja temperatura y oxigenación y rica en nutrientes, este tipo de surgencias puede bajar la temperatura de la superficie del mar en las costas hasta en 10 °C. Adicionalmente, en el límite norte de éste ecosistema frente a las costas del Estado de Jalisco, México, se ha descrito recientemente un sistema de surgencias costeras en el periodo invierno-primavera cuya influencia hacia el Sur, en ocasiones llega hasta las costas de Colima y Michoacán (Cavazos-Guerra *et al.*, 1999; Morales-Blake *et al.*, 1999).

El procesamiento de la información derivada de las bases de datos a nuestro alcance (Servicio Meteorológico Nacional 1920-1988; IRI-GOOS, 1998) ha permitido construir dos modelos aproximados de las condiciones de temperatura en la superficie del mar para la costa Pacífico de América Central (6° S - 36° N) y para el Golfo de California (23° N - 30° N), en el periodo de 1983 a 1998; lo que comprende cuatro eventos El Niño, dos de ellos muy marcados. Al analizar tanto la temperatura superficial como sus anomalías, en relación al año tipo, y los eventos de toxicidad es posible hacer algunas apreciaciones interesantes, entre las que destacan las siguientes:

a) Para la región de la costa Pacífico de América Central (6° S - 36° N), es posible reconocer una banda de elevada temperatura superficial que permanece todo el año en los años tipo, localizada entre 13° 30' N y 17° 15' N, a la altura de Acapulco, Gro. Durante los veranos tiene una mayor cobertura ( 7° 30' N - 22° 30' N), desde el Norte de Colombia hasta Puerto Vallarta, Jal. En ella es posible evidenciar el efecto de los fenómenos atmosféricos (El Niño-La Niña) de manera sutil directamente en el análisis de la temperatura, y de manera más evidente al estudiar las anomalías existentes en relación al año tipo. Las variaciones netas de la temperatura superficial se hacen muy notorias en sentido positivo al sur del paralelo 17° N, no así en el sentido opuesto, donde únicamente se evidencia un desplazamiento al norte de la pluma cálida en el verano de 1997 (efecto El Niño). Por el contrario, los eventos hacia la baja de la temperatura son muy marcados en ambos sentidos a partir del paralelo 17° N (efecto La Niña), donde de hecho, a comienzos de 1985 desapareció por completo la banda de agua caliente aún en la zona de Acapulco. Durante 1988-1989 se redujo drásticamente en ambos sentidos, manifestándose una notoria reducción al Sur durante 1996-1997. Si se analizan las anomalías es posible evidenciar en ambos sentidos los efectos El Niño y La Niña.

b) Teniendo en cuenta la información del párrafo precedente, es posible aseverar que los eventos de toxicidad ocasionados por *P. bahamense* var. *compressum*, en la costa Pacífico de América Central (Rosales-Loessener *et al.*, 1989; Anónimo PMSMB, 1990-1994; Saldade-Castañeda *et al.*, 1991; SSA Epidemiología, 1992; Parrilla-Cerrillo *et al.*, 1993; Sotomayor-Navarro & Domínguez-Cuellar, 1993; Velásquez-Recino, 1993; Colmenares & Barradas-Sánchez, 1996; DGVOE-PROFEPA, 1996, 1997; Ramírez-Camarena

*et al.*, 1996; Cortés-Altamirano *et al.*, 1996; Ochoa *et al.*, 1998a, b; Sierra-Beltrán *et al.*, 1998) siempre han sucedido en la zona o banda considerada como una alberca cálida; nunca han ocurrido en una zona de anomalía producto del efecto El Niño y aparentemente, siempre han sido precedidos por un periodo frío inmediatamente antes de su ocurrencia.

c) Desde 1942, en que apareció el único reporte de la presencia de *P. bahamense* en las costas de México (Osorio-Tafall, 1942), no existe evidencia de la presencia de este organismo en aguas del Pacífico de América, hasta la aparición del primer evento en las costas de Guatemala, en Julio de 1987, precedido inmediatamente por un evento El Niño muy marcado (1983-1984) y un evento La Niña también muy fuerte (1984-1985). Es pertinente mencionar que, en la descripción realizada por el maestro Osorio Tafall (Osorio-Tafall, 1942) no se indica la presencia de una característica muy importante y muy particular de la var. *compresum*, la formación de largas cadenas (Taylor and Fukuyo, 1989). Esto pudiera sugerir un posible error de clasificación en la muestra colectada en 1935-1936 y analizada posteriormente (Osorio-Tafall, 1942), (pudiendo corresponder a *P. bahamense* var. *bahamense*, que no forma cadenas), y que, la aparición de la especie en las costas de América consiste en un evento de transporte reciente ocasionado, como en el sudeste de Asia, por el acarreo mediante la influencia de procesos oceánicos derivados del evento El Niño. Como la aparición de los eventos esta marcada por la evidencia dada por el fenómeno de toxicidad, y no por un monitoreo activo del fitoplancton, es necesario reconocer que este es un indicador mínimo de su presencia y que en ausencia de datos permanentes de monitoreo entre eventos no es posible hablar de la ausencia de la especie en estos periodos. Uno de los principales problemas encontrados en el estudio de estos fenómenos, es la ausencia de series de muestreos sucesivos en sitios clave de las costas, como se ha mencionado, ya que con excepción hecha de Mazatlán y Guaymas (Cortés-Altamirano *et al.*, 1996; Cortés-Altamirano & Núñez-Pastén, 1992) no existen este tipo de datos. En el caso de Acapulco, a pesar de que se realizan acciones de monitoreo coordinadas por la Secretaria de Salud, mediante la aplicación del Programa Nacional de Sanidad de Moluscos Bivalvos, la información producida no se hace accesible a los grupos de investigación interesados en dichos fenómenos (Anónimo PMSMB, 1990-1994; Anónimo SSA, 1997).

Desafortunadamente, la información obtenida indica una vez más la necesidad de realizar acciones de monitoreo permanente de ciertas variables biológicas, climatológicas y oceanográficas que permitan la integración de la información de una manera congruente y más firme, en caso contrario se continuará formando parte del grupo de espectadores de las manifestaciones de esta naturaleza.

## PERSPECTIVAS

Zona de Punta Eugenia: en esta región, muy asociada a la productividad primaria de Bahía Vizcaíno, se ha reportado recientemente la presencia de ciertos organismos del fitoplancton, tanto diatomeas como dinoflagelados considerados con cierto potencial perjudicial (*Pseudonitzschia* sp., *Heterosigma*

sp., *Alexandrium* sp., *Dinophysis* sp. y *Prorocentrum* sp. entre otros) [observaciones del autor]. Bajo condiciones “normales”, los afloramientos de diatomeas se han relacionado con condiciones de surgencia que ocasionan bajas temperaturas y altas salinidades y nutrientes en la superficie; en tanto que los afloramientos de dinoflagelados se relacionan más frecuentemente con condiciones de relajamiento de la termoclina, disminución de los nutrientes en la superficie con una capa rica en nutrientes por debajo (Blasco, 1997; Estrada & Blasco, 1979). Sin embargo, recientes observaciones han demostrado que organismos del género tóxico de diatomeas *Pseudonitzschia*, pueden aprovechar condiciones consideradas como no óptimas, y no sólo proliferar sino dominar la comunidad fitoplanctónica, bajo condiciones de bajos nutrientes y temperatura y causar serias intoxicaciones en organismos marinos, aves y humanos (Walz *et al.*, 1994; Dortch *et al.*, 1997; Fryxell *et al.*, 1997). Por otro lado, la eutrofización local puntual en las zonas dedicadas a actividades de acuicultura en jaulas (net pens), asociada a fenómenos naturales que aportan nutrientes bajo la superficie de manera anómala, y la presencia de rafidofíceas como *Heterosigma* sp. y *Chatonella* sp., se han conjuntado para ocasionar desastres económicos en la acuicultura de túnidos en Australia (Hallegraeff *et al.*, 1998). Lo que sugiere vigilar cuidadosamente el surgimiento de esta nueva actividad económica en la zona, en donde recientemente se ha evidenciado la presencia de estos géneros de organismos. Como estos organismos han ocasionado mortandad de salmones en las costas del Pacífico de Canadá y Estados Unidos, el mecanismo de arribo a costas mexicanas pudiera estar influenciado por los flujos anómalos de la Corriente de California en los períodos Niño-Niña, como se supone ha ocurrido para *Pseudonitzschia* sp. o alternativamente, por transporte pasivo por el enorme flujo de embarcaciones deportivas y turísticas de mediano y gran calado con dirección Norte-Sur. Alternativas que deben de ser monitoreadas para poder establecer mecanismos adecuados de control, que permitan regular o al menos conocer la introducción y/o dispersión de especies tóxicas en la región.

Zona de Bahía Magdalena: esta región está destinada a ser uno de los polos de desarrollo de acuicultura en el estado de Baja California Sur. Las producciones tradicionales de moluscos bivalvos, en especial almeja catarina (*Argopecten ventricosus=circularis*), y langosta (*Panilurus* sp.), así como peces bentónicos, como el lenguado, pueden verse mermadas ante un impacto ocasionado por algas nocivas. Estos eventos se han presentado hasta ahora de manera devastadora pero puntual y localizada, sin afectar áreas amplias del complejo lagunar. Pero ante los cambios climáticos evidentes que han sucedido y que seguramente no revertirán su efecto en el corto plazo, no es posible predecir el comportamiento de las poblaciones del fitoplancton (Gárate-Lizárraga & Siqueiros-Beltrones, 1998). Un ejemplo reciente lo ha dado la extensa mortandad de pulpo y langosta causada por un gran afloramiento de *Alexandrium catenella*, que se presentó en la zona denominada Las Barrancas, al norte de Bahía Magdalena, asociado al relajamiento del efecto del fenómeno El Niño 1997-1998 (información del autor).

Zona central del Golfo de California: en esta región, las actividades

económicas preponderantes en la zona costera son las pesqueras, el turismo y la acuicultura. Esta última con un enorme incremento en años recientes, en su importancia económica, volumen de producción y superficie utilizada. Los desechos acuáticos urbanos, asociados al explosivo incremento poblacional en las costas y, sobre todo, la eutrofización ocasionada por y en las granjas de acuicultura (principalmente de cultivo de camarón), pueden ser los responsables del establecimiento y proliferación de especies como *Prorocentrum dentatum*, *P. triestinum* y *Gymnodinium catenatum* (comunicación personal Roberto Cortés-Altamirano, ICMYL-UNAM) y, en general, del aumento del número de mareas rojas y el número de especies formadoras de estos eventos (Cortés-Altamirano *et al.*, 1999). De hecho, dentro de la estructura del desarrollo de las granjas camaroneras, en aquellas cuya situación geográfica las ha dejado encajonadas en una maraña de canales y compuertas, es donde se han presentado con mayor frecuencia e intensidad afloramientos de cianobacterias y dinoflagelados afectando seriamente las producciones y, por ello, causando cuantiosas pérdidas económicas (Cortés-Altamirano *et al.*, 1997). Estos eventos han sido ocasionados por diversos géneros de organismos como *Anabaena* sp., *Anabaenopsis* sp., *Nodularia* sp. *Microcystis* sp. y *Schizotrix* sp., todos ellos causantes de mortandad en larvas y juveniles de camarón, y con potencialidad de causar daños al consumidor humano.

Zona del Pacífico Sur y Golfo de Tehuantepec: esta región presenta un sinnúmero de particularidades con respecto a las otras. Como se ha mencionado, las mareas rojas eran un fenómeno desconocido hasta mediados de la década de los 70 (Cortés-Altamirano *et al.*, 1996). A partir de entonces, en esta región han ocurrido más del 95% de los casos de intoxicación con biotoxinas de origen marino y el 90% de las defunciones por las mismas causas (Ochoa *et al.*, 1998b). Los desarrollos turísticos han incrementado la densidad de las poblaciones en las zonas costeras y no se han realizado estudios comparativos, en relación a los niveles de eutrofización de las aguas litorales antes y después de estos asentamientos humanos. Por otro lado, es evidente que el cambio climático ha ocasionado intensas precipitaciones pluviales en la región de Chiapas y Oaxaca, cuya orografía ocasiona arrastres de sedimentos, así como nutrientes, fertilizantes y pesticidas, hacia los sistemas lagunares de ambos estados que bordean el BAC del Golfo de Tehuantepec. Ello afecta el comportamiento del las lagunas como reservorios naturales de etapas larvarias de diversos organismos de importancia económica y/o ecológica. Adicionalmente, los huracanes han incrementado su número e intensidad, y esto incide de manera particular en esta región, al menos de dos maneras: mediante el incremento de las corrientes de chorro que atraviesan el istmo de Tehuantepec en dirección Golfo de México-Pacífico, aumentando el efecto de surgencias costeras; y el aumento de los flujos de corrientes en dirección Sur-Norte a lo largo de las costas del Pacífico mexicano, causando corrientes de advección y convección, que facilitan la acumulación de organismos y permiten el mantenimiento de las condiciones óptimas para el desarrollo de los eventos de marea roja a lo largo de las costas del país, respectivamente.

Ante este panorama, es evidente que en algunos campos, se tiene bastante

conocimiento en lo referente a las floraciones algales nocivas. Pero nuestra capacidad de describir los factores que controlan la dinámica de las especies individuales esta limitada por lagunas de conocimiento en la manera que las características fisiológicas, morfológicas y de comportamiento de las especies interaccionan con las condiciones ambientales para promover la selección de una u otra. Se desconocen cuales son los determinantes que promueven el enquistamiento y la germinación y, de igual manera, el conocimiento de la integración del ciclo de vida con la hidrografía, la disponibilidad de nutrientes y de luz, es pobremente conocida. Adicionalmente, la capacidad de alimentación heterótrofa ha complicado el análisis adecuado de los modelos experimentales de crecimiento y toxicidad contra la disponibilidad de nutrientes. Por último, el efecto conjunto de las fuerzas físicas del medio y el aporte de nutrientes sobre las poblaciones de algas nocivas ejercen su influencia en las interacciones cadena alimenticia / comunidad que finalmente determinarán la selección a favor o en contra de una especie en particular (SCOR-IOC, 1998).

A pesar de que las Mareas Rojas eran eventos francamente desconocidos en México hace algunos años, la magnitud de los eventos de toxicidad, tanto en humanos como en animales en años recientes, ha hecho que, de un total desconocimiento del tema, se sepa ahora que en las costas de México se ha manifestado la presencia de todos los síndromes tóxicos descritos a la fecha a nivel mundial, habiendo sido demostrada químicamente la presencia de las toxinas responsables. No sólo eso, sino que se han manifestado, asimismo, eventos ocasionados por toxinas no descritas con anterioridad y que requieren de mayor capacidad de análisis, de manera que se conozca su composición química, el organismo que las produce, su posible participación en la cadena alimenticia y que, mediante ello, se pueda estimar el factor de riesgo que representan para humanos y la vida silvestre.

Como un acercamiento para intentar la solución, al menos parcial, de este problema, se ha integrado una red de colaboración entre algunas de las entidades educativas de investigación con mayor cobertura en los litorales del país. Así, el CIBNOR, en colaboración con la Unidad de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar de la SEP, la Estación Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, ha desarrollado una Red Nacional de Investigación en Biotoxinas Marinas y Mareas Rojas en México, proyecto reciente que contempla tres enfoques principales:

El primero es la realización de actividades de investigación de los fenómenos de Marea Roja, y los colaterales eventos de toxicidad que pudieran estar asociados a ellos. Lo cual quiere decir que se cuente con la capacidad cognoscitiva y material para abordar los tres aspectos básicos de este campo:

- 1) La caracterización fisicoquímica del medio acuático (marino o de aguas continentales) y el clima.
- 2) La determinación y cuantificación de las microalgas y cianobacterias presentes en el mismo.

3) La determinación y cuantificación de la presencia de biotoxinas de origen marino o de cianobacterias.

El segundo es el establecimiento de un centro coordinador y de educación continua para América Latina, que pueda servir como referencia para el estudio de los aspectos químicos, biológicos y climatológicos, tanto de origen natural como antropogénico, y que están asociados a la ecología global de las floraciones algales nocivas.

El tercero es el establecimiento y operación de una red de estaciones de medición de variables climatológicas, oceanográficas y fisicoquímicas que permita la integración de la información de micro-, meso- y macro-escala, con la finalidad de establecer un monitoreo en tiempo cuasi real, como medida preventiva ante los más severos impactos en el medio ambiente causado por estos fenómenos .

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvar-Núñez-Cabeza-de-Vaca (Siglo XVI). Nafragios (Shipwrecks), España.
- Anderson, D.M. 1989. Toxic algal blooms and red tides: A global perspective, 11-16. En: Okaichi, T., D.M. Anderson & T. Nemoto (Eds.). Red Tides: Biology, Environmental Science and Toxicology, Elsevier Science Publishing Co, New York.
- Anónimo. 1994. Informes técnicos del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos 1990-1994. Comité Central de la Dirección General de Salud Ambiental, México.
- Anónimo. 1997. Working report of the State Program on Sanitary Control of Bivalve Mollusks. Guerrero State Government, Health Ministry. SSA. Chilpancingo, Guerrero, México.
- Bakun, A., J.C. Sirke, D. Lluch-Belda & R. Steer-Ruíz. 1999. The Pacific Central American Coastal LME, 268-280. En: Sherman, K. & Q. Tang (Eds.). Large Marine Ecosystems of the Pacific Rim. Assessment, Sustainability, and Management. Blackwell Science.
- Blanco-Blanco, M., S. Aguilar-Olguín & A. Morales-Blake. 1999. Caracterización de una marea roja en la Bahía de Manzanillo, Colima, México, 338-339. En: Tresierra-Aguilar, A.E. & Z.G. Culquichicón-Malpica (Eds.). Libro de Resúmenes Ampliados VIII Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, Octubre 17-21, Trujillo, Perú.
- Blasco, D. 1977. Red tide in the upwelling region of Baja California. Limnology and Oceanography, (22):255-263.
- Brongersma-Sanders, M. 1957. Mass mortality in the sea, 941-1010. En: Hedgpeth, J.W. (Ed.). Treatise on marine ecology and paleoecology. Geol. Soc. Am. Memoir.
- Cavazos-Guerra, C., S. Elias-Figueroa & A. Morales-Blake. 1999. Variabilidad



- oceanográfica interanual en la zona costera de Manzanillo, Colima, México, 713-714. En: Tresierra-Aguilar, A.E. & Z.G. Culquichicón-Malpica (Eds.). Libro de Resúmenes Ampliados VIII Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, Octubre 17-21, Trujillo, Perú.
- Colmenares, G.A. & H. Barradas-Sánchez. 1996. Work report from the State Program on Sanitary Control of Bivalve Mollusks. Guerrero State Government, Health Ministry. Chilpancingo, Guerrero, México. 31 p.
- Cortés-Altamirano, R. & A. Núñez-Pasten. 1992. Doce años (1979-1990) de registros de mareas rojas en la bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. (19): 113-121.
- Cortés-Altamirano, R. 1998. Distribución y efectos de las mareas rojas en México, 33-42. En: Cortés-Altamirano, R. (Eds.). Las Mareas Rojas. Editorial ATG, S.A., México.
- Cortés-Altamirano, R., D.U. Hernández-Becerril & R. Luna-Soria. 1996. Red tides in México, 101-104. En: Yasumoto, T., Y. Oshima & Y. Fukuyo (Eds.). Harmful and Toxic Algal Blooms. IOC/UNESCO, Paris.
- Cortés-Altamirano, R., F.A. Manrique & R. Luna-Soria. 1997. Harmful phytoplankton blooms in shrimp farms from Sinaloa, México, 56. En: Abstracts from VIII International Conference on Harmful Algae, Vigo, Spain, 25-29 June.
- Cortés-Altamirano, R., S. Licea-Durán & S. Gómez-Aguirre. 1999. Evidencias de aumento de microalgas nocivas en la bahía de Mazatlán, Sin., México, 338-339. En: Tresierra-Aguilar, A.E. & Z.G. Culquichicón-Malpica (Eds.). Libro de Resúmenes Ampliados VIII Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, Octubre 17-21, Trujillo, Perú.
- De-La-Garza-Aguilar, J. 1983. Intoxicación alimentaria por ingestión de mariscos contaminados. Sal Pub. Mex. (23):145-150.
- DGVOE-PROFEPA/SEMARNAP, 1996. Documento de Fundamentos para la creación de la Red Nacional de Laboratorios de la Vida Silvestre.
- Dortch, Q., R. Robichaux, S. Pool, D. Milsted, G. Mire, N.N. Rabalais, T.M. Soniat, G.A. Fryxell, R.E. Turner & M.L. Parsons. 1997. Abundance and vertical flux of *Pseudonitzschia* in the northern Gulf of Mexico. Mar. Ecol. Prog. Ser. (146):249-264.
- Estrada, M. & D. Blasco. 1979. Two phases of the phytoplankton community in the Baja California upwelling. Limnology and Oceanography, (24):1065-1080.
- Fryxell, G.A., M.C. Villac & L.P. Shapiro. 1997. The occurrence of the toxic diatom genus *Pseudonitzschia* (Bacillariophyceae) on the West Coast of the USA, 1920-1996: a review. Phycologia (36): 419-437.
- Gárate-Lizárraga, I. & D.A. Siqueiros-Beltrones. 1998. Time Variation in

- Phytoplankton Assemblages in a Subtropical Lagoon System after the 1982-1983 "El Niño" Event (1984 to 1986). Pacific Science. (52):79-97.
- Graham, H.W. 1943. *Gymnodinium catenatum*, a new dinoflagellate from the Gulf of California. Trans. Am. Microsc. Soc. (62):259-261.
- Hallegraef, G.M. 1995. Harmful Algal Blooms: A global overview, 1-22. En: Hallegraef, G.M., D.M. Anderson, A.D. Cembella & H.O. Enevoldsen (Eds.). Manual on Harmful Marine Microalgae. IOC/UNESCO Manuals and Guides # 33, Paris.
- Hallegraef, G.M., B.L. Munday, D.G. Baden & P.L. Whitney. 1998. *Chatonella marina* Raphidophyte bloom associated with mortality of cultured bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) in South Australia, 93-96. En: Reguera, B., J. Blanco, M.L. Fernández & T. Wyatt (Eds.). Harmful Algae. Xunta de Galicia and IOC of UNESCO. Intergovernmental Oceanographic Commission-UNESCO. Paris.
- IRI-IGOOS. 1998. Integrated Global Ocean Services System Product Bulletin. Página electrónica ().
- Jackson, A.E., J.C. Marr & J.L. McLachlan. 1993. The production of diarrhetic shellfish toxins by an isolate of *Prorocentrum lima* from Nova Scotia, Canada, 513-518. En: Smayada, T.J. & Y. Shimizu (Eds.). Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Elsevier Science Publishers.
- Lechuga-Deveze, C.H., M. Hageltorn, C. Band-Schmidt, J.L. Ochoa, M.L. Morquecho-Escamilla & I. Gárate-Lizárraga. 1993. Marees rouges du Golfe de Californie, Mexique. Activite PSP. En: Abstracts del VIth International Conference on Toxic Marine phytoplankton, 18-22 October, Nantes, Francia.
- Mee, L.D., M. Espinosa & G. Díaz. 1986. Paralytic shellfish poisoning with a *Gymnodinium catenatum* red tide on the Pacific coast of Mexico. Marine Environ. Res. (19):77-92.
- Morales-Blake, A., I. Galindo-Estrada & R. Solano-Barajas. 1999. Identificación de una zona de surgencia en las costas del Estado de Jalisco, México, utilizando imágenes AVHRR, 662-663. En: Tresierra-Aguilar, A.E. & Z.G. Culquichicón-Malpica (Eds.). Libro de Resúmenes Ampliados VIII Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, Octubre 17-21, Trujillo, Perú.
- NATO-SCOR-IOC. 1996. Advanced Study Institute on the Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms, Bermuda Biological Station, 27 May-6 June.
- Núñez-Ortega, D.A. 1879. Ensayo de la explicación del origen de las grandes mortandades de peces que ocurren en el Golfo de México. La Naturaleza, (4):188-197.
- Ochoa, J.L., A. Sánchez-Paz, A. Cruz-Villacorta, E. Nuñez-Vázquez & A. Sierra-Beltrán. 1997. Toxic events in the northwest Pacific coastline of

- Mexico during 1992-1995: origin and impact. Hidrobiología, (352):195-200.
- Ochoa, J.L., A.P. Sierra-Beltrán, G. Olaiiz-Fernández & L.M. Del-Villar-Ponce. 1998. Should mollusk toxicity in Mexico be considered a public health issue?. Journal of Shellfish Research, (17):1671-1673.
- Ochoa, J.L., A.P. Sierra-Beltrán, G.A. Colmenares, H. Barradas-Sánchez, A. Cruz-Villacorta, E. Núñez-Vázquez & A. Sánchez-Paz. 1998. Biotoxins in the Pacific Coast of México, 441-448. En: Miraglia, M., H. Van-Egmond, C. Brera & J. Gilbert (Eds.). Mycotoxins and Phycotoxins-Developments in Chemistry, Toxicology and Food Safety.
- Orellana-Cepeda, E., L.A. Morales-Zamorano & N. Castro. 1993. A conceptual model of coastal red tides off Baja California. En: Abstracts of the Sixth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton, Nantes, 18-22 October. 152p.
- Osorio-Tafall, B.F. 1942. Notas sobre algunos Dinoflagelados planctónicos marinos de Mexico, con descripción de nuevas especies. Anales de la ENCB/IPN, (2):435-450.
- Parrilla-Cerrillo, M.C., J.L. Vázquez-Castellanos, E.O. Saldade-Castañeda & L.M. Nava-Fernández. 1993. Food-borne toxic infection outbreaks of microbial and parasitic origin. Salud Pública Mex, (35):456-463.
- PROFEPA. 1997. Mortandad de Mamíferos marinos cuyos cadáveres arribaron a las costas de Sinaloa. Informe técnico. 119 pp.
- PROFEPA/SEMARNAP. 1996. Reporte de la Dirección General de Verificación al Ordenamiento Ecológico. Dirección de Atención a Contingencias.
- PROFEPA/SEMARNAP. 1997. Reporte de la Dirección General de Verificación al Ordenamiento Ecológico. Dirección de Atención a Contingencias.
- Ramírez-Camarena, C., L. Muñoz-Cabrera, E. Cabrera-Mancilla, A.R. Castro-Ramos, P. López-Ramírez & E. Orellana-Cepeda. 1996. Identificación de la marea roja frente a la costa Suroeste de México en Oct-Dic de 1995. En: Abstracts. Reunión Internacional de Planctología / VIII Reunión Nacional de la SOMPAC, Pátzcuaro, Michoacán, México. 47 p.
- Ramírez-Granados, R. 1963. Marea Roja. Datos para su conocimiento y pronóstico. Secretaría de Industria y Comercio. Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. Departamento de Estudios en Biología Pesquera. Trabajos de Divulgación, (4):1-4.
- Rosales-Loessener, F., E. De-Porras & M.W. Dix. 1989. Toxic shellfish poisoning in Guatemala, 113-116. En: Okaichi, Anderson & Nemoto (Eds.). Red tides: Biology, environmental science and toxicology. Elsevier Science Publishing Co.

- Saldate-Castañeda, O., J.L. Vázquez-Castellanos, J. Galván, Sánchez-Anguiano & A. Nazar. 1991. Poisoning from paralytic shellfish toxins in Oaxaca, México. Sal. Pub. Mex.,(33):240-247.
- SCOR-IOC. 1998. Plan for Co-ordinated Scientific Research and Co-operation to Develop International Capabilities for Assessment, Prediction and Mitigation. En: Joint Meeting Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms. Havreholm Slot, Denmark, October 11-19.
- Servicio Meteorológico Nacional. 1998. Datos de intensidad y dirección de los vientos. Periodo 1920-1998 (datos intermitentes). Gran parte de la información se encuentra en formato analógico y esta siendo pasado a formato digital y normalizado para poder ser utilizado en mejores condiciones de análisis.
- Sierra-Beltrán, A.P., M. Palafox-Uribe, J. Grajales-Montiel, A. Cruz-Villacorta & J.L. Ochoa. 1997. Sea bird mortality at cabo San Lucas: evidence that domoic acid is spreading. Toxicon, (35):447-454.
- Sierra-Beltrán, A.P., A. Cruz, E. Núñez, L.M. Del-Villar, J. Cerecero & J.L. Ochoa. 1998. An overview of the marine food poisoning in Mexico. Toxicon, (36):1493-1502.
- Sierra-Beltrán, A.P., M.L. Morquecho-Escamilla, C. Lechuga-Deveze & J.L. Ochoa. 1996. PSP Monitoring program at Baja California Sur, México,105-108. En: Yasumoto, T., Y. Oshima & Y. Fukuyo (Eds.). Harmful and Toxic Algal Blooms, IOC-UNESCO, Paris.
- Sotomayor-Navarro, O. & E. Domínguez-Cuellar. 1993. Toxic red tide of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, in the Tehuantepec Gulf, México, and the Central American Pacific system. En: Abstracts Sixth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton. Nantes, France, October 18-22. 185 p.
- SSA. 1992. Epidemiología. Boletín Semanal de Notificación Epidemiológica, (2): 49, 28.
- Taylor, F.J.R. & Y. Fukuyo. 1989. Morphological features of the motile cell of *Pyrodinium bahamense*, 207-218. En: Hallegraeff, G.M. & J.L. Maclean (Eds.). Biology, epidemiology and management of Pyrodinium red tides. ICLARM Conference Proceedings 21. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila Phillipines.
- Usup, G. & R.V. Azanza. 1996. Physiology and Bloom Dynamics of the tropical Dinoflagellate *Pyrodinium bahamense*, 81-94. En: Anderson, D.M. (Ed.). NATO-SCOR-IOC, Advanced Study Institute on the Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms, Bermuda Biological Station, 27 May-6 June. Springer Verlag, pp.
- Velázquez-Recino, O.H. 1993. Marea Roja en Guatemala, Nov-Dic 1992,

Dinoflagelado: *Pyrodinium bahamense*. Boletín Epidemiol. Nal., 8 (8): 40-42.

Walz, P.M., D.L. Garrison, W.M. Graham, M.A. Cattey, R.S. Tjeerdema & M.W. Silver. 1994. Domoic acid-producing diatom blooms in Monterrey Bay, California: 1991-1993. Natural Toxins, (2):271-279.