

# FLORECIMIENTO DEL DINOFLAGELADO *Gonyaulax polygramma* FRENTE A LA ISLA ESPIRITU SANTO, GOLFO DE CALIFORNIA, MEXICO.

Ismael Gárate-Lizárraga <sup>1 \*</sup>, María del Socorro Muñetón-Gómez <sup>1, 2</sup> y Verónica Maldonado-López <sup>3</sup>

(1) Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN), Apartado Postal 592, La Paz, B.C.S. 23000, México.

(2) Centro de Estudios Tecnológicos del Mar, Calle Cetmar, La Paz, Baja California Sur, México.

(3) Secretaria de Marina, Sector Naval La Paz, El Manglito, C.P. 23060, La Paz, Baja California Sur, México.

(\*) Autor correspondiente: Email; [igarate@ipn.mx](mailto:igarate@ipn.mx); [igarateipn@yahoo.com.mx](mailto:igarateipn@yahoo.com.mx)

## RESUMEN

Los Florecimientos de Algas Nocivas (FAN), son eventos naturales que se han incrementado en las tres últimas décadas a nivel mundial. Este incremento también ha sido observado en México. *Gonyaulax polygramma* fue la especie responsable del florecimiento ocurrido el 28 de octubre del 2004 frente a la Isla Espíritu Santo, La Bahía de La Paz, Golfo de California. La temperatura registrada durante el florecimiento de *G. polygramma* fue 26 °C, mientras que la concentración de nutrientes fue de 2.46 µM NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>, 3.89 µM PO<sub>4</sub>, y 5.91 µM SiO<sub>4</sub>. Las células midieron entre 25-65 µm de longitud, observándose también formas desnudas (sin tecas) de mayor tamaño. *G. polygramma* presentó abundancias que variaron entre las 500,800 y los 4,100,400 de céls/L y biomásas entre 3.5 y 14.75 mg/m<sup>3</sup> de clorofila *a*. Aproximadamente el 5% de las células presentaban una deformación debido a que estaban infectadas por el dinoflagelado parásito *Amoebophrya ceratii*. Este hallazgo representa el primer registro de esta especie para el Golfo de California y nuevos hospederos han sido observados. Los FAN son eventos comunes a lo largo del año, sin embargo, son mas frecuentes durante los periodos de transición hidrográfica, cuando se forma o bien cuando ocurre el rompimiento de la termoclina y los nutrientes se incrementan en la columna de agua, contribuyendo a la fertilización de las áreas costeras.

Palabras clave: algas nocivas; dinoflagelados; marea roja; florecimientos; *Gonyaulax polygramma*; *Amoebophrya ceratii*; ISE, México.

## ABSTRACT

Harmful algal blooms (HABs) are natural events that have been increasing worldwide in the last three decades. This increase has also been observed in Mexico. *Gonyaulax polygramma* was the species responsible for the bloom that occurred on 28 October 2004 off Isla Espíritu Santo, Bahía de La Paz, Gulf of California. Temperature recorded during the bloom of *G. polygramma* was 26 °C, while the nutrient concentrations were 2.46 µM NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>, 3.89 µM PO<sub>4</sub>, and 5.91 µM SiO<sub>4</sub>. *G. polygramma* cells ranged in size from 45-65 µm in length, and some broken and naked forms (without thecae) were also observed. Abundance of *G. polygramma* ranged from 500 800 to 4 100 400 cells/L, and biomass, expressed as chlorophyll *a* ranged from 3.5 and 14.75 mg/m<sup>3</sup>. About 5% of the individuals of *G. polygramma* were infected by the intracellular parasitic dinoflagellate *Amoebophrya ceratii*. This finding represents the first record of the latter in the Gulf of California. New hosts for *A. ceratii* are also reported in this study. HABs are common events throughout the year in Bahía de La Paz, particularly during the two hydrographical transition periods when the thermocline is developed or when disappears and nutrient contents increase in the water column, enriching the productivity in coastal waters.

Key words: harmful algae; dinoflagellates; red tide; blooms; *Gonyaulax polygramma*; *Amoebophrya ceratii*; ISE, Mexico.

A nivel mundial, en las tres últimas décadas se ha observado un incremento en la intensidad, duración y distribución geográfica de los florecimientos algales nocivos (FAN), así como de los episodios tóxicos, es por ello que se ha despertado un gran interés científico en este tipo de eventos. Los FAN son eventos comunes a lo largo de todo el año en el Golfo de California (Cortes-Altamirano *et al.*, 1995; Gárate-Lizárraga

*et al.*, 2001). En La Bahía de la Paz, la aparición de estos florecimientos es cada vez mas frecuente y las especies responsables son el protozooario fotosintético *Myrionecta rubra* (= *Mesodinium rubrum*); los dinoflagelados *Scrippsiella trochoidea*, *Noctiluca scintillans*, *Cochlodinium polykrikoides*, y *Prorocentrum rhathymum* (Gárate-Lizárraga *et al.* 2001; 2004); las diatomeas *Rhizosolenia debbyana*, *Chaetoceros debilis* (Gárate-Lizárraga *et al.* 2003;

2004; López-Cortés *et al.*, 2006) y la rafigoficea *Chattonella marina* (Band-Schmidt *et al.*, 2005). En la Fig. 1 se muestran algunas de las especies que proliferan o bien que son nocivas o tóxicas en La Bahía de La Paz. De estas especies, *Cochlodinium polykrikoides* y *Chattonella marina* son ictiotóxicas (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2004a; Band-Schmidt *et al.*, 2005). Asimismo, se han registrado especies productoras de toxinas parálíticas (PSP) tales como *Gymnodinium catenatum*, *A. catenella* y *A. tamiyavanichii* (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2004b); de ciagatoxinas como *Gambierdiscus toxicus* (Sierra-Beltrán *et al.*, 1998; Okolodkov y Gárate-Lizárraga, 2006) y diarreicas como *Prorocentrum lima*, *Dinophysis fortii*, *D. acuminata*, *D. rapa*, *D. mitra*, *D. tripos*, y *D. norvegica* (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2001; Heredia-Tapia *et al.*, 2002; Okolodkov y Gárate-Lizárraga, 2006). El propósito de este trabajo es describir las condiciones bajo las cuales ocurrió el florecimiento de *Gonyaulax polygramma* en la región sur-occidental de Isla Espíritu Santo, en la Bahía de La Paz.

## MATERIAL Y METODOS

### Area de estudio

La Bahía de La Paz está ubicada sobre el margen suroriental de la Península de Baja California, entre los 24° 10' y los 24° 47' N, y los 110° 20' y 110° 44' W (Fig. 2), con un área aproximada de 2635 Km<sup>2</sup> (Cruz-Orozco *et al.*, 1989). La bahía está protegida por la Isla San José al Norte y al Este por el archipiélago de las Islas Espíritu Santo (De Silva-Dávila y Palomares-García, 2002). La bahía se comunica con el Golfo de California por medio de dos bocas, una al noreste (Boca grande) y otra al este (Boca chica o Canal de San Lorenzo). El patrón de vientos de la Bahía de La Paz, al igual que en otras zonas costeras es muy variable, siendo los sistemas de brisas los dominantes, existiendo cambios diurnos del viento incluso de mayor importancia que los cambios anuales (Roden, 1964). Durante el período frío, comprendido de noviembre a mayo, la zona se encuentra influenciada por los vientos dominantes del oeste, originados de la celda anticiclónica del Pacífico. Un cambio en el patrón de vientos del sudeste se observa en junio, provocando eventos de surgencias (López-Cortés *et al.*, 2006).

El 28 de octubre del 2004 se colectaron dos muestras de un florecimiento ocurrido frente a la Isla Espíritu Santo (Fig. 3) utilizando frascos de plástico de un litro. Asimismo, se tomaron muestras para estimar la biomasa fitoplanctónica (clorofila *a*) y para determinar los siguientes

nutrientes: nitratos (NO<sub>3</sub>), nitritos (NO<sub>2</sub>), fosfatos (PO<sub>4</sub>) y silicatos (SiO<sub>2</sub>). La temperatura del agua se midió con un termómetro de cubeta (Kahlsico). Las muestras para el recuento del fitoplancton se fijaron con Lugol y se analizaron mediante un microscopio invertido Zeiss, utilizando cámaras de sedimentación de 5 ml (Utermöhl, 1958). Las imágenes que aparecen en la Fig. 1 se tomaron en un microscopio Olympus CK2 (Japón), mediante una cámara digital integrada CCD-Pro-series y el procesador de imágenes Image-Pro-express. Para los análisis de nutrientes y clorofila *a* se siguieron los métodos recomendados en Strickland y Parsons (1972). Con el fin de aclarar e identificar a las células *Gonyaulax polygramma* que estaban en estado avanzado de parasitismo, se utilizó tiosulfato de sodio, ya que las células de presentaban una coloración café muy intensa por efectos del Lugol.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La especie responsable del florecimiento observado en octubre del 2004 en la Bahía de La Paz fue *Gonyaulax polygramma* (Fig. 3a-d). Esta especie presenta una amplia distribución geográfica, particularmente en aguas templado-tropicales. Aunque esta especie ha sido considerada como exclusivamente autotrófica, estudios recientes han demostrado que puede ser también mixotrófica (Jeong *et al.*, 2005). Florecimientos de esta especie han sido reportados en diferentes países como Australia, Belice, Corea, Estados Unidos, Hong-Kong, India y en ambas litorales de México (Kofoid, 1911; Prakash y Sarma, 1964; Hallegraeff, 1992; Morton y Villareal, 1998; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2001; Licea *et al.*, 2004). La temperatura registrada durante este florecimiento fue de 26°C, aunque el intervalo óptimo reportado para su crecimiento para otras latitudes está entre 17 y 22°C (Pazos, 1999). La concentración de nutrientes determinada fue de 2.46 µM NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>, 3.89 µM PO<sub>4</sub>, y 5.91 µM SiO<sub>4</sub>, los cuales caen en el intervalo de concentraciones reportado por otros autores para la bahía (Reyes-Salinas, 1999; Verdugo-Díaz, 2004). Las células de *G. polygramma* midieron entre 45 y 65 µm de longitud (n=30), son de forma alargada y pentagonal, observándose también algunas formas con las tecas rotas (Fig. 3d) o completamente desnudas (sin tecas), lo cual probablemente se deba a la eliminación de las tecas antes de la reproducción.

*Gonyaulax polygramma* es una especie frecuente en el Golfo de California (Licea *et al.*, 1995; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2001), sin embargo, son pocos los florecimientos de esta especie que han sido

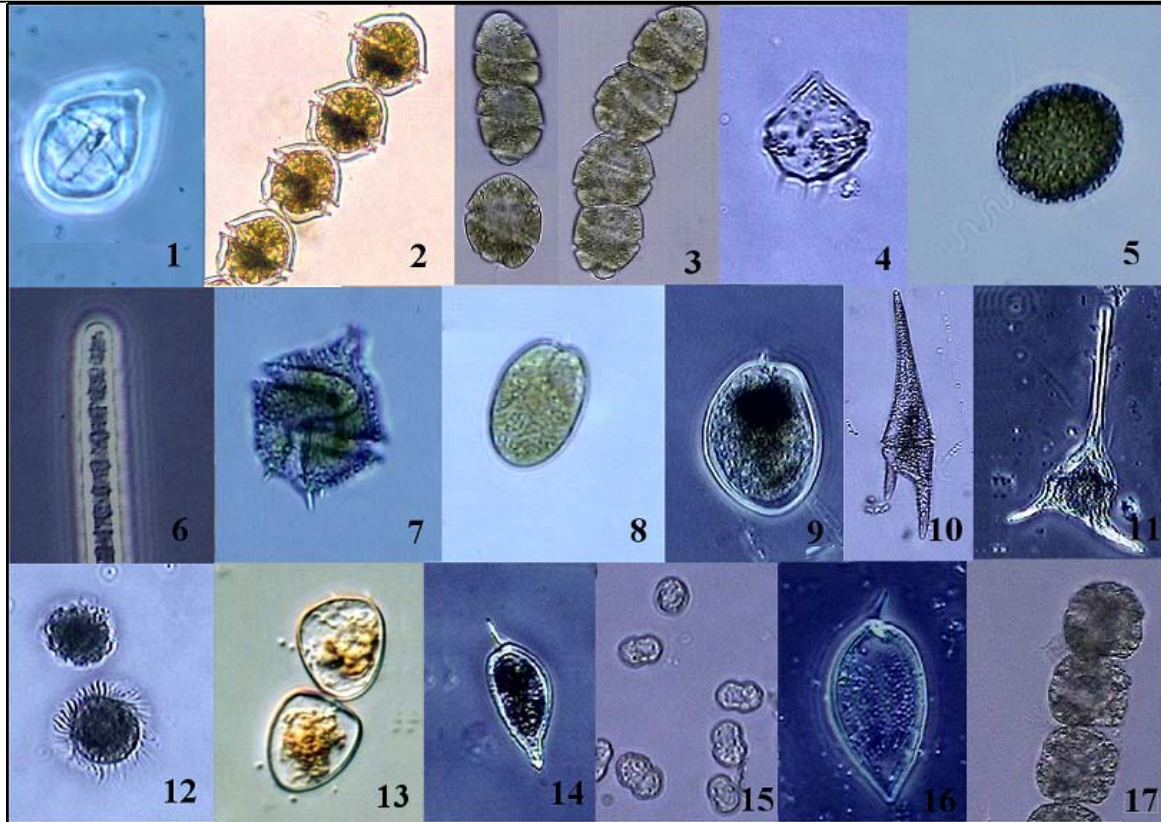


Fig. 1. 1) *Scrippsiella trochoidea*, 2) *Alexandrium affine*, 3) *Cochlodinium polykrikoides*, 4) *Peridinium quinquecorne*, 5) *Chattonella marina*, forma redonda, 6) *Trichodesmium erythraeum*, 7) *Gonyaulax spinifera*, 8) *Prorocentrum rhathymum*, 9) *Prorocentrum mexicanum*, 10) *Ceratium furca*, 11) *Ceratium balechii* f. *longum*, 12) *Myrionecta rubra*, 13) *Prorocentrum minimum*, 14) *Prorocentrum gracile*, 15) *Heterocapsa niei*, 16) *Prorocentrum micans*, 17) *Gymnodinium catenatum*.

reportados. Brinton *et al.* (1986) y Millán-Núñez (1988) fueron los primeros en documentar florecimientos de *G. polygramma* en la parte norte del Golfo de California, reportando concentraciones hasta de 2 000 000 céls/L. En este estudio, las abundancias de esta especie variaron entre las 500 800 y las 4 100 400 céls/L, siendo mayor este último valor al reportado por Gárate-Lizárraga *et al.* (2001) para la ensenada de La Paz. La biomasa fitoplanctónica varió entre 3.5 y 14.75 mg/m<sup>3</sup> de clorofila *a*. Las altas concentraciones de biomasa reportadas para la bahía de La Paz se han registrado durante florecimientos algales y han variado desde 3.5 hasta 557.0 mg/m<sup>3</sup>. Estos valores de biomasa son muy importantes en términos de la fertilidad de las zonas costeras (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2003, 2004; López-Cortés *et al.*, 2006)

Aproximadamente el 5% de las células de *G. polygramma* presentaban una deformación debido a que estaban infectadas por el dinoflagelado

parásito *Amoebophrya ceratii* (Fig. 3c). Debido a la pigmentación café oscura de las células por el Lugol, se utilizó tiosulfato de sodio para la aclaración de la célula y así poder corroborar la presencia del parásito en su estado colmena (beehive stage). El reporte de este tipo de parasitismo ha sido asociado con especies formadoras de mareas rojas y particularmente en zonas de surgencia (Coats *et al.*, 1996; Gárate-Lizárraga y Siqueiros-Beltrones, 2003). Las infecciones debidas a *A. ceratii* pueden llegar a retardar o inhibir los florecimientos de dinoflagelados debido a que éstos se vuelven reproductivamente incompetentes. Este es primer reporte que se presenta de *A. ceratii* para las costas del Golfo de California, sin embargo, en observaciones personales realizadas en muestras de fitoplancton de La Bahía de La Paz, se han encontrado células de *Gonyaulax spinifera*, *Blepharocysta splendormaris* y *Protoperidinium pyriforme* infectadas por *A. ceratii*. En muestras de fitoplancton de red colectadas frente a las costas



Fig. 2. Área de estudio y localización del florecimiento de *Gonyaulax polygramma* (◆).

de Acapulco y del litoral mexicano del Golfo de México, observamos la presencia de *A. ceratii* infectando algunas células de *Ceratium furca* y *Protoperidinium steinii*, coincidiendo con lo encontrado por Okolodokov y Gárate-Lizárraga (2006) para las costas de Michoacán. Este tipo de parasitismo también ha sido reportado por Taylor (1976) para el Océano Índico en células de *P. steinii*. Estos registros amplían la distribución geográfica de *A. ceratii* en el Pacífico Mexicano. Hallazgos recientes han demostrado que ciertas cepas de *Amoebophrya* pueden tener un intervalo más amplio de hospederos que lo que se ha reportado con anterioridad (Kim *et al.*, 2005). En Bahía de La Paz se ha observado parasitismo del dinoflagelado *Paulsenella chaetoceratis* sobre

células de *Chaetoceros lorenzianus*, *C. decipiens* y *Chaetoceros* sp.

Los florecimientos de *G. polygramma* no son tóxicos, sin embargo, pueden causar que el zooplankton y los peces eviten nadar en el área afectada (Prakash y Sarma, 1964), o bien causar la mortalidad de peces marinos como ha ocurrido en Bahía de los Angeles, localizada al norte del Golfo de California (Millán-Núñez, 1988). La muerte de varias toneladas de peces se atribuyó al abatimiento de oxígeno, coincidiendo con lo reportado para otras partes del mundo donde los FAN de esta especie han causado mortalidades masivas de peces (Hodgkiss y Zhen, 2000). De igual manera, durante un florecimiento ocurrido en la Bahía Uwajima, Japón, en 1994, concentra-

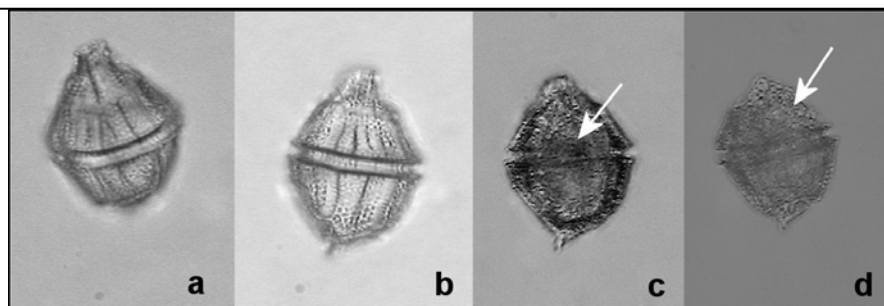


Fig. 3. Fotografías de *Gonyaulax polygramma* en microscopio de luz; a) y b) células no infectadas, aclaradas con hipoclorito de sodio; c) la flecha muestra al parásito *Amoebophrya ceratii* (estado colmena-beehive stage) en el interior de *G. polygramma*; d) la flecha muestra la epitoca parcialmente rota.

ciones de  $6.8 \times 10^4$  céls/ml causó una mortandad masiva de poblaciones de peces en cautiverio y poblaciones silvestres de peces y mariscos (Koizumi *et al.*, 1996). En este trabajo no se observó mortandad alguna en el área donde ocurrió este florecimiento. Los FAN son eventos comunes a lo largo del año en la Bahía de La Paz. En la Tabla 1 se resumen los registros de las especies que han proliferado o bien han formado mareas rojas, algunas de las cuales se publican por primera vez en este estudio. Algunas especies como *N. scintillans* y *M. rubra* proliferan principalmente en el periodo invierno-primavera (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2001; este estudio) cuando la columna de agua está mezclada, o bien cuando existen eventos de surgencia (De Silva-Dávila y Palomares-García, 2002; López-Cortés *et al.*, 2006). Asociado a los florecimientos de *M. rubra*, proliferan flagelados de grupo criptophyceae, los cuales se han identificado utilizando la presencia de aloxantina, pigmento característico de este grupo fitoplanctónico (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2002). Otros flagelados del grupo de las prasinoficeas también han proliferado masivamente en Bahía de la Paz (Tabla 1).

Otras especies como *R. debyana*, *Eucampia zodiacus*, *Chaetoceros debilis* y *S. trochoidea* florecen en el periodo abril-junio, cuando se está estableciendo el periodo de estratificación de la columna de agua o bien en condiciones de surgencias locales, las cuales se dan por un cambio en la dirección y velocidad de los vientos (López-Cortés *et al.*, 2006). Florecimientos de *Chattonella marina* fueron descritos por primera vez para Bahía de La Paz y en abril y Mayo (Band-Schmidt *et al.*, 2005). El análisis del material vivo colectado mensualmente en Bahía de La Paz durante el año 2005 evidencia la presencia de *C. marina* hasta octubre, pero con abundancias bajas (1 200 y 4 800 céls/L) en un intervalo de temperatura entre los 26 y 30°C. Otra especie que

se registra por primera vez en este estudio es *Prorocentrum mexicanum*, el cual parece tener un hábitat planctónico y ha llegado a alcanzar hasta las 25 000 céls/L. Por otra parte, los FANs también son frecuentes cuando ocurre el rompimiento de la termoclina y los nutrientes se incrementan en la columna de agua, contribuyendo de esta manera, a la fertilización de las áreas costeras. Tal pudiera ser el caso de *C. polykrikoides* y *G. polygramma*, ya que ambas especies desarrollan quistes de resistencia que al ser llevados a la superficie germinan y dan origen a florecimientos puntuales o masivos.

Otras especies formadoras de florecimientos que han sido identificadas en las muestras en vivo colectadas en Bahía de La Paz, pero con abundancias bajas (por debajo de las 3 000 céls/L) son los dinoflagelados *Akashiwo sanguinea*, *Balechina coerulea*, *Blepharocysta splendormaris*, *G. instriatum*, *Lingulodinium polyedra*, *Prorocentrum lima*, *P. triestinum*, *Protoceratium reticulatum*, y los silicoflagelados *Dictyocha californica*, *D. messanensis*, *D. speculum* y *Octactis pulchra*. Algunas especies como *C. polykrikoides*, *Heterocapsa niei*, *H. triquetra*, *S. trochoidea*, *P. rathymum* y *P. minimum* han formado florecimientos densos en estanques de cultivo de especies marinas (Tabla 1). De éstas, sólo *C. polykrikoides* ha causado la muerte de peces en estanques de cultivo (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2004a). Por todo lo anterior, resulta necesario realizar monitoreos continuos, con el fin de conocer cuales son las principales especies que proliferan en esta bahía, cuales son tóxicas o potencialmente tóxicas, que tipos de toxinas presentan, así como el establecer bajo que condiciones hidrográficas se desarrollan estos florecimientos algales.

Tabla 1. Lista de especies que forman florecimientos algales o con abundancias moderadas registradas en la Ensenada y la Bahía de La Paz de noviembre de 1980 a Marzo de 2006. \*Estanques de cultivo de peces y camarones.

Localidad	Especies	Fecha	(cél/s/ml)	Referencias
Ensenada de La Paz	<i>Trichodesmium erythraeum</i>	Noviembre 1980 Enero 1981	Sin conteos	García-Pamanes y Gárate-Lizárraga (1984)
Ensenada de La Paz	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Agosto 1984	1200	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2001)
Bahía de La Paz	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	Abril 1992	3135	Gárate-Lizárraga y Martínez-López (2001)
Bahía de La Paz	<i>Prorocentrum micans</i>	Abril 1992	174	Gárate-Lizárraga y Martínez-López (2001)
Bahía de La Paz	<i>Prorocentrum gracile</i>	Abril 1992	268	Gárate-Lizárraga y Martínez-López (2001)
Bahía de La Paz	<i>Myrionecta rubra</i>	Mayo 1993	3250	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2001)
Canal San Lorenzo	<i>Noctiluca scintillans</i>	Marzo 1994	40,6	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2001)
Ensenada y Bahía de La Paz	<i>Myrionecta rubra</i>	Abril 1994	17000 -23000	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2001)
Bahía de La Paz	<i>Myrionecta rubra</i>	Febrero 1995	2730	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2001)
Bahía de La Paz	<i>Ceratium furca</i>	Abril 1995	1750	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Myrionecta rubra</i>	Abril 1995	7848	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2001)
Bahía de La Paz	<i>Myrionecta rubra</i>	Mayo 1997	424	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2001)
Bahía de La Paz	<i>Ceratium balechii f. longum</i>	Abril 1997	1120	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Scrippsiella trochoidea</i> y <i>Ensiculifera sp.</i>	Abril 1999	7542 345	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2001) Este estudio
Playa Eréndira*	<i>Scrippsiella sp. (?)</i>	Septiembre 1999	4000-249000	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (1999a)
Playa Eréndira*	<i>Nephroselmis sp.</i>	Septiembre 1999	342000	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (1999b)
Playa Eréndira,*	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	Noviembre 1999	102-65156	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2001)
Ensenada de La Paz y Estanques de cultivo*	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Septiembre 2000	360 - 7050 y 8000	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2004a)
Bahía de La Paz	<i>Noctiluca scintillans</i>	Marzo 2001	1400-3700	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2001)
San Juan de La Costa	<i>Noctiluca scintillans</i>	Marzo 2001	1525	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Rhizosolenia debyana</i>	Junio 2001	2576-3684	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2003)
Estanque de cultivo (Cibnor)*	<i>Heterocapsa triquetra</i>	Agosto 2001	2850	Este estudio
Estanque de cultivo (Cibnor)*	<i>Heterocapsa niei</i>	Septiembre 2001	2522	Este estudio
Ensenada y Bahía de La Paz	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Septiembre- Noviembre 2001	Sin conteos	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2004b)
Estanque de cultivo (Cibnor)*	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	Septiembre 2001	1112	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Myrionecta rubra</i>	Febrero 2002	1100 – 6212	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Myrionecta rubra</i>	Marzo 2002	2900 – 3254	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Myrionecta rubra</i>	Junio 2002	234 – 1900	Este estudio
Canal San Lorenzo	<i>Noctiluca scintillans</i>	Marzo 2003	1460	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Chaetoceros debilis</i>	Junio 2003	1210	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Abril 2003	10	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2005)
Bahía de La Paz	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Mayo 2003	2130	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Chaetoceros debilis</i>	Junio 2003	1349 – 1244	López-Cortés <i>et al.</i> (2006)
Bahía de La Paz	Fitoflagelado	Septiembre 2003	~ 4200	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Prorocentrum minimum</i>	Octubre 2003	130- 688	Sierra-Beltrán <i>et al.</i> (2005)
Canal San Lorenzo	Fitoflagelado	Febrero 2004	1250	Este estudio
San Juan de La Costa	Fitoflagelado	Febrero 2004	~ 3000	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Julio 2004	2970	Este estudio
San Juan de La Costa	Fitoflagelado	Agosto 2004	~ 2000	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Octubre 2004	500 - 4100	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Myrionecta rubra</i>	Enero 2005	800	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Chattonella marina</i>	Abril-Mayo 2005	1900 – 3500	Band-Schmidt <i>et al.</i> (2005)
Bahía de La Paz	<i>Chattonella marina</i>	Mayo 2005	54	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Eucampia zodiacus</i>	Mayo 2005	2750	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Prorocentrum mexicanum</i>	Junio 2005	25	Este estudio
Ensenada de La Paz	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Octubre -2005	160 – 790	Este estudio
Canal San Lorenzo	<i>Myrionecta rubra</i>	Diciembre 2005	320 - 2611	Este estudio
Ensenada de La Paz	<i>Noctiluca scintillans</i>	Febrero-Marzo 2006	215-1760	Este estudio
Bahía de La Paz	<i>Myrionecta rubra</i>	Marzo 2006	420	Este estudio

## AGRADECIMIENTOS

Al IPN por el apoyo en la realización de este trabajo a través de los proyectos CGPI-2005-0454 y CGPI2005-0143. I.G.L. es becario COFAA y EDI. A Yuri Okolodkov (CEP-UV) por la revisión de este manuscrito. A Celia Flores (ENCB-IPN), por permitirnos revisar muestras de fitoplancton del Golfo de México. A Clara Ramírez-Jáuregui (ICMyL-UNAM, Mazatlán) por facilitar la literatura especializada. A Aida Martínez por facilitar el procesador de imágenes. Las fotografías de *S. trochoidea*, y *P. minimum* fueron facilitadas por Diana Góngora (CIBNOR) y Seija Hällfors (Finnish Inst. of Marine Research).

## REFERENCIAS

- Band-Schmidt, C., A. Martínez-López e I. Gárate-Lizárraga (2005): First record of *Chattonella marina* in Bahía de la Paz, Gulf of California. *Harmful Algae News. An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms*, 28:6-7.
- Coats, D.W., E.J. Adam, C.L. Gallegos y S. Hedrick (1996): Parasitism of photosynthetic dinoflagellates in a shallow subestuary of Chesapeake Bay, U.S.A. *Aquat. Microb. Ecol.*, 11: 1-9.
- Cortés-Altamirano, R., F.A. Manrique y R. Luna-Soria (1995): Presencia de mareas rojas en la costa este del Golfo de California. *Rev. Lat. Microb.*, 31:337-342.
- Cruz-Orozco, R., A. Mendoza-Maravillas y C. Martínez-Noriega (1989): Profundidades y formas de la Bahía de La Paz. *Geonotas*, No. 1, U.A.B.C.S., México. 2 pp.
- De Silva-Dávila, R., y R. Palomares-García (2002): Distributional patterns of the euphausiid community in Bahía de La Paz, B.C.S., México. *En: Contributions to the study of the East Pacific crustaceans* (M.E. Hendrickx, ed.), ICMyL, UNAM, México, pp: 109-125.
- García-Pamanes, J. e I. Gárate-Lizárraga (1984): Importancia de los productores primarios (fitoplancton) en la Ensenada de La Paz. *Memorias de la Primera Reunión sobre Ciencia y Sociedad. Presente y futuro de la Ensenada de La Paz*, La Paz, B.C.S., México., pp: 61-64.
- Gárate-Lizárraga, I. y A. Martínez-López (1997): Primer registro de una marea roja de *Prorocentrum mexicanum* (Prorocentraceae) en el Golfo de California. *Rev. Biol. Trop.* 45(3): 1263.
- Gárate-Lizárraga, I., C.J., Band-Schmidt, J.J. Bustillos-Guzmán y H.Reyes-Caballero (1999a): Dinámica de las huellas pigmentarias del fitoplancton durante una marea roja ocurrida en un estanque de cultivo de camarón. *Resúmenes del III Congreso Mexicano de Ficología*, Sociedad Ficológica Mexicana, La Paz, B.C.S., p. 24.
- Gárate-Lizárraga, I., J.J. Bustillos-Guzmán y C.J. Band-Schmidt (1999b): Características Morfológicas y pigmentarias de las células causantes de una marea verde" ocurrida en un estanque de cultivo de camarón. *Resúmenes del III Congreso Mexicano de Ficología*, Sociedad Ficológica Mexicana, La Paz, B.C.S., p. 47.
- Gárate-Lizárraga, I., M.L. Hernández-Orozco, C.J. Band-Schmidt y G. Serrano-Casillas (2001): Red tides along the coasts of the Baja California Sur, Mexico (1984 to 2001). *Oceánides* 16(2):127-134.
- Gárate-Lizárraga, I., C. Band-Schmidt, R. Cervantes-Duarte y D.G. Escobedo-Urías (2002): Mareas rojas de *Mesodinium rubrum* (Lohmann) Hamburger y Budenbrock ocurridas en el Golfo de California durante el invierno de 1998. *Hidrobiológica* 12(1):15-20.
- Gárate-Lizárraga, I., D.A. Siqueiros-Beltrones y V. Maldonado-López (2003): First record of a *Rhizosolenia debyana* bloom in the Gulf of California, México. *Pac. Sci.*, 57(2):141-145.
- Gárate-Lizárraga, I. y D.A. Siqueiros-Beltrones (2003): Infection of *Ceratium furca* by the parasitic dinoflagellate *Amoebophrya ceratii* (Amoebophryidae) in the Mexican Pacific. *Acta Bot. Mex.* 65(1):1-9.
- Gárate-Lizárraga, I., D.J. López-Cortés, J.J. Bustillos-Guzmán y F.E. Hernández-Sandoval (2004a): Blooms of *Cochlodinium polykrikoides* (Gymnodiniaceae) in the Gulf of California, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 52(1):51-58.
- Gárate-Lizárraga, I., J.J. Bustillos-Guzmán, K. Erler, M.S. Muñetón-Gómez, B. Luckas y A. Tripp-Quezada (2004b): Paralytic shellfish toxins in the chocolata clam, *Megapitaria squalida* (Bivalvia: Veneridae), in Bahía de La Paz, Gulf of California. *Rev. Biol. Trop.*, 52(1):133-140.
- Gárate-Lizárraga, I., J.J. Bustillos-Guzmán, K. Erler, M.S. Muñetón-Gómez, B. Luckas y A.



- Tripp-Quezada. (2005): Paralytic shellfish toxins in the chocolata clam (*Megapitaria squalida*) in La Paz Bay, Gulf of California (2001-2003). *XXV Congreso de Ciencias del Mar y XI Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar* (COLACMAR), Viña del Mar, Chile, p. 280.
- Heredia-Tapia, A., B.O. Arredondo-Vega, E.J. Nuñez-Vázquez, T. Yasumoto, M. Yasuda y J.L. Ochoa (2002): Isolation of *Prorocentrum lima* (Syn. *Exuviaella lima*) and diarrhetic shellfish poisoning (DSP) risk assessment in the Gulf of California, Mexico. *Toxicon* 40:1121-1127.
- Hallegraeff, G. (1992): Harmful algae blooms in the Australian region. *Mar. Pol. Bull.* (25):186-190.
- Hodgkiss, J. y B. Zhen Yang (2000): New and dominant species from Sam Xing Wan, Sai kung during the 1998 massive fish killing red tide in Hong Kong. En: *Harmful algae Blooms 2000* (G.M. Hallegraeff, S. Blackburn, C.J. Bolch, and J. Lewis, eds.), Proceedings of the Ninth International Conference on Harmful Algal Blooms, Hobart, Australia, pp: 62-65.
- Jeong, H.J., Y.D. Yoo, K.A. Seong, J.H. Kim, J.Y. Park, S. Kim, S.H. Lee, J.H. Ha y W.H. Yih (2005): Feeding by the mixotrophic red-tide dinoflagellate *Gonyaulax polygramma*: mechanisms, prey species, effects of prey concentration, and grazing impact. *Aquat. Microb. Ecol.*, 38:249-257.
- Kim, S., M.G. Park, K.Y. Kim, C.H. Kim, W. Yih, y D.W. Coats (2005): Revisiting the species complex hypothesis for *Amoebophrya ceratii* (Dinophyta). *Aslo Summer Meeting*, Santiago de Compostela, Spain, p. 25.
- Kofoid, C.A. (1911): Dinoflagellata of the San Diego region, IV. The genus *Gonyaulax*, with notes on its skeletal morphology and a discussion of its generic and specific characters. *Univ. Cal. Publ. Zool.* 8:187-269.
- Koizumi, Y., J. Kohno, N. Matsuyama, T. Uchida y T. Honjo (1996): Environmental features and the mass mortality of fish and shellfish during the *Gonyaulax polygramma* red tide occurred in and around Uwajima Bay, Japan, in 1994. *Nippon Suis. Gakk.*, 62:217-224.
- Licea, S., J.L. Moreno, H. Santoyo y G. Figueroa (1995): *Dinoflageladas del Golfo de Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, SEP-FOMES, PROMARCO, México, D.F., 165 pp.
- Licea, S., M.E. Zamudio, R. Luna y J. Soto (2004): Free-living dinoflagellates in the southern Gulf of Mexico: Report of data (1979-2002). *Phycol. Res.*, 52:419-428.
- López-Cortés, D.J., J.J. Bustillos-Guzmán e I. Gárate-Lizárraga (2006): Unusual mortality of krill in Bahía de La Paz, Gulf of California. *Pac. Sci.* 60(2):235-242.
- Millán-Núñez, E. (1988): Marea roja en Bahía de Los Ángeles. *Cien. Mar.* 14(1):51-55.
- Morton, S.L. y T.A. Villareal (1998): Bloom of *Gonyaulax polygramma* Stein (Dinophyceae) in a coral reef mangrove lagoon, Douglas Cay, Belize. *Bull. Mar. Sci.* 63(3):639-642.
- Okolodkov, Y.B. e I. Gárate-Lizárraga. (2006): An annotated checklist of dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific. *Acta Bot. Mex.* 74(1):1-154.
- Pazos, Y. (1999): Blooms of *Gonyaulax polygramma* in the Galician Rias. *Harmful Algae News, An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms*, 18:19.
- Prakash, A. y V. Sarma (1964): On the occurrence of red water phenomenon on the west coast of India. *Curr. Sci.*, 33(6):168-170.
- Reyes-Salinas, A. (1999): Factores que controlan la productividad primaria en Bahía de La Paz, Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S. 122 pp.
- Roden, G.I. (1964): Oceanographic aspects of the Gulf of California. En: *Marine Geology of the Gulf of California* (T.H. Van Andel y G.G. Shor, eds), *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 1: 38-58.
- Sierra-Beltrán, A.P., R. Cortés-Altamirano y M.C. Cortés-Lara (2005): Occurrences of *Prorocentrum minimum* (Pavillard) in México. *Harmful Algae*, 3:163-17.
- Sierra-Beltrán, A.P., A. Cruz, E. Núñez, L.M. del Villar, J. Cerecero y J.L. Ochoa (1998): An overview of the marine food poisoning in Mexico. *Toxicon* 36(11):1493-1502.



Strickland, J.D. y T. Parsons (1972): *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. 2nd Ed. Fish. Res. Board of Canada, Ottawa. 310 pp.

Taylor, F.V.R. (1976): Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the R.V. "Anton Bruun" 1963-1964. *Bibliotheca Bot.*, 243 pp.

Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitative Phytoplankton-Methodik. *Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol.*, 5:567-596.

Verdugo-Díaz, G. (2004). Respuesta ecofisiológica del fitoplancton ante la variabilidad en una bahía subtropical de Baja California Sur. México, Instituto Politécnico Nacional, *Tesis Doctoral*, CICIMAR, 138 pp.

Aceptado: 22 de enero de 2006