

Florecimientos de dinoflagelados nocivos en la costa Pacífica de Costa Rica

Harmful blooms by noxious dinoflagellates in the Pacific coast of Costa Rica

¹Maribelle Vargas Montero,
²Enrique Freer Bustamante,
³Jonathan C. Guzmán
& ⁴Juan Carlos Vargas.

¹ y ² Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas. Universidad de Costa Rica, Ciudad de la Investigación, Finca 2. C.P. 2060 San José, Costa Rica. ³Parque Marino del Pacífico, Puntarenas. ⁴Dep. Ambiental, Servicio Nacional de Guardacostas, Costa Rica.
autor para correspondencia: vmontero@cariari.ucr.ac.cr

Vargas Montero M., E. Freer Bustamante, J. C. Guzmán & J. C. Vargas. 2008. Florecimientos de dinoflagelados nocivos en la costa Pacífica de Costa Rica. *Hidrobiológica* 18 (1 Suplemento): 15-23.

RESUMEN

Desde 1979 se han reportado florecimientos de especies de microalgas nocivas (FAN) en la costa Pacífica de Costa Rica, reconociéndose hasta el 2005 al menos 13 taxa de dinoflagelados. En años recientes estos fenómenos se han intensificado tanto espacial como temporalmente, produciéndose discoloraciones casi ininterrumpidas que se extienden por toda la costa produciendo mortalidad de peces y fetidez en el agua. Tales FAN masivos se iniciaron con *Pyrodinium bahamense* en el 2000, quien perduró por más de un año y en el cual se observaron morfotipos correspondientes a las dos variedades de la especie, coexistiendo junto a *Gymnodinium catenatum* y ocasionando serios casos de Intoxicación Paralizante por Consumo de Mariscos (IPM). Posteriormente, de septiembre del 2003 hasta junio del 2004, *Cochlodinium* cf. *polykrikoides* produjo discoloraciones en toda la costa Pacífica, seguidas por manchas extensas de *Akasiwo sanguinea* y *Gymnodinium instriatum*. El evento más reciente se observó en junio del 2005 cuando *Alexandrium monilatum* produjo extensas discoloraciones con cadenas formadas por más de 100 células. Los FAN de dinoflagelados ahora son comunes en las costas de Costa Rica, posiblemente como resultado de las condiciones ambientales actuales que favorecen la proliferación masiva de especies invasivas (agresivas), las cuales incluso pueden afectar otros sitios del Pacífico americano como es el caso de *P. bahamense* var. *compressum* que puede desplazarse hasta México, a lo largo de la costa del Pacífico centroamericano a través de la Corriente Costera de Costa Rica y la Corriente Occidental Mexicana.

Palabras clave: FAN, fitoplancton, dinoflagelados, Pacífico, Costa Rica.

ABSTRACT

Since 1979 has been reported harmful microalgae blooms (HAB) on the Pacific coast of Costa Rica, it was identified until 2005 at least 13 taxa of dinoflagellates. In recent years these phenomena have intensified both spatially and temporarily, discolorations occur almost uninterrupted; they are distributed for months and which extend along the coast causing death fish and smelly in the water. Such massive FAN started with *Pyrodinium bahamense*, whose discoloration in 2000

lasted for more than one year and in which morphotypes were observed the two varieties of the species, coexisting alongside with *Gymnodinium catenatum* and causing serious cases of paralytic shellfish poisoning by seafood consumption (PSP). Later, from September 2003 until June 2004, *Cochlodinium* cf. *polykrikoides* produced discolorations in the entire Pacific coast followed by extensive stains of *Akasivo sanguinea* and *Gymnodinium instriatum*. The latest event was observed in June 2005 when *Alexandrium monilatum* produced extensive discolorations with chains formed by more than 100 cells. The HAB of dinoflagellates are now common along the coasts of Costa Rica, possibly as a result of the current environmental conditions that favor the massive proliferation of invasive species (aggressive), which can even affect other sites in the American Pacific as the case of *P. bahamense* var. *compressum* which can be moved towards Mexico along the Central Pacific Coast through the Costa Rica Current Flow and Mexican Western Current.

Key words: HAB, phytoplankton, dinoflagellates, Pacific coast, Costa Rica.

INTRODUCCION

El primer reporte de un florecimiento algal nocivo (FAN) producido por dinoflagelados en Costa Rica fue en 1981 en el Golfo de Nicoya, siendo la especie involucrada *Cochlodinium catenatum* Okamura que perduró en la columna de agua cerca de un mes, con concentraciones celulares de entre 65 – 80 x10⁶ céls. L⁻¹ (Hargraves & Víquez, 1981). Mata *et al.* (1990) informaron sobre el primer brote de Intoxicación Paralizante por Mariscos (IPM) producido por *Pyrodinium bahamense* Plate var. *compressum* (Böhm) Steidinger, Tester *et Taylor* en 1989, durante 1989 en el Golfo de Nicoya. Otros florecimientos reportados en las costas del Pacífico de Costa Rica involucran a las especies *Alexandrium monilatum* (Howell) Balech y *Gymnodinium catenatum* Graham (Víquez & Hargraves, 1995), pero no es sino hasta dos décadas después (1999) que se observan FAN invasivos, en términos espaciales y temporales, porque han cubierto casi en su totalidad la costa y permanecido durante meses en el agua. Dichos FAN han estado dominados por los dinoflagelados *P. bahamense* var. *compressum*, *P. bahamense* var. *bahamense* Plate y *Gymnodinium catenatum* (Vargas-Montero & Freer, 2003). El FAN de *Pyrodinium* del 2001-2002 se extendió hasta las costas de El Salvador e inclusive de Guatemala y México, donde se observaron manchas desde agosto del 2001 hasta agosto del 2002, registrándose en El Salvador cerca de 41 personas intoxicadas por IPM (Barraza *et al.*, 2004) y en México la muerte de 15 personas y más de 100 intoxicadas (Cortés-Altamirano *et al.*, 1993; Orellana *et al.*, 1998; Ramírez-Camarena *et al.*, 2004). Posteriormente en el 2002 en Costa Rica, se reportaron afectaciones humanas causadas por la brisa marina debido a un FAN de la cianobacteria *Trichodesmium erythraeum* (Ehrenberg) Gomont junto con *Cochlodinium* cf. *polykrikoides* Margalef, que además provocó mortalidad de peces y deformidad de larvas de peces en el Parque Marino del Pacífico (Vargas-Montero & Freer, 2004a; Vargas-Montero *et al.*, 2006). Desde 1995 especímenes de *Cochlodinium*, determinados en ocasiones como *C. catenatum* y otras como *C. polykrikoides*, han estado presente de manera dominante o acompañante de los FAN de la costa Pacífica de Costa Rica. A partir del 2001

también existen varios reportes de FAN de *Cochlodinium* spp. en las costas del Pacífico mexicano (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2001; Morales-Blake *et al.*, 2001; Figueroa-Torres & Zepeda-Esquivel, 2001; Cortés-Lara *et al.*, 2004; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2004; Okolodkov & Gárate-Lizarraga, 2006), así como FAN que han causado incluso daños a la fauna marina, principalmente mortandad masiva de 13 especies de peces, con concentraciones de 10.8 x 10³ céls L⁻¹ (Cortés-Lara *et al.*, 2004). Tal especie mexicana de *Cochlodinium* es muy semejante al de Costa Rica y Guatemala (Carrillo *et al.*, 2007), y ha sido determinada también como *C. catenatum* por unos autores (Cortés-Lara *et al.*, 2004) y como *C. polykrikoides* por otros (Morales-Blake *et al.*, 2001; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2004; Okolodkov & Gárate-Lizarraga, 2006). En el 2005 en Costa Rica se reportó un extenso FAN de *Alexandrium monilatum* en el Golfo de Nicoya que alcanzó densidades de hasta 3.2 x 10⁶ céls. L⁻¹ (Calvo *et al.*, 2005). La tabla 1 contiene datos históricos de los FAN de Costa Rica desde 1979 y hasta 2005, observándose que las especies involucradas corresponden a unos 13 taxa de dinoflagelados, además de la diatomea *Pseudonitzschia pungens* (Grunow ex Cleve) Hasle y la cianobacteria *Trichodesmium erythraeum*. Generalmente los FAN de esas especies tóxicas o nocivas se acompañan de otros dinoflagelados como *Gymnodinium catenatum* y especies pertenecientes a los géneros *Ceratium*: *C. balechii* Meave, Okolodkov *et Zamudio*, *C. furca* (Ehrenberg) Claparède *et Lachmann* y *C. fusus* (Ehrenberg) Dujardin y *Prorocentrum* spp. principalmente o por las diatomeas *Skeletonema* cf. *costatum* (Greville) Cleve, *Chaetoceros lorenzianus* Grunow y *Chaetoceros* sp. (Víquez & Hargraves, 1995; Vargas-Montero & Freer, 2003; Vargas-Montero & Freer, 2004b; Calvo *et al.*, 2005). La mayoría de las especies de dinoflagelados que han estado involucradas en los FAN de Costa Rica son productoras de quistes de resistencia.

Este estudio presenta la periodicidad de las especies de dinoflagelados que han producido FAN en forma masiva en los últimos años en la costa del Pacífico de Costa Rica y la reaparición de algunas especies que aunque ya se habían reportado para la costa del Pacífico con anterioridad, recientemente han surgido de forma invasiva.

Tabla 1. Reporte de especies de microalgas dominantes y acompañantes de FANs producidos en diversas zonas de la costa Pacífica de Costa Rica.

Reporte de floraciones	Microalgas dominantes involucradas	Área de cobertura	Densidad celular cel/L	Especies acompañantes	Referencias
1979	<i>Cochlodinium catenatum</i>	Golfo de Nicoya: 200 m ancho, 2-3 Km largo	65 - 80 x 10 ⁶	<i>Ceratium spp.</i> , <i>Pyrodinium bahamense</i> <i>var. compressum</i> , <i>Prorocentrum sp.</i> , <i>Myrionecta rubra</i>	Hargraves y Viquez (1981)
1985	<i>Cochlodinium catenatum</i> <i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) A. R. Loeblich	Golfo de Nicoya	1 x 10 ⁶ 1 x 10 ⁶	<i>Gymnodinium catenatum</i> <i>P. bahamense</i> <i>Alexandrium catenella</i> <i>A. monilatum</i>	Viquez y Hargraves (1995)
1989	<i>Pyrodinium bahamense</i> <i>var. compressum</i>	Golfo de Nicoya	-	-	Mata <i>et al.</i> (1990)
1995	<i>Alexandrium monilatum</i>	Golfo de Nicoya	4 x 10 ⁵	<i>G. catenatum</i>	Viquez y Hargraves (1995)
1999-2002	<i>P. bahamense</i> <i>var. compressum</i> <i>P. bahamense</i> <i>var. bahamense</i>	Toda la costa	-	<i>G. catenatum</i> , <i>Ceratium balechii</i> , <i>C. fusus</i> , <i>C. furca</i>	Vargas-Montero y Freer (2003, 2004b)
2001	<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge	Golfo de Papagayo	-	-	Morales-Ramírez <i>et al.</i> (2001)
2002	<i>Pseudonitzschia pungens</i>	Golfo de Nicoya	1 x 10 ⁵	<i>Skeletonema cf. costatum</i> , <i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Vargas-Montero y Freer (2004d)
2002	<i>Trichodesmium erythraeum</i>	Caldera, Golfo de Nicoya	-	<i>C. polykrikoides</i>	Vargas-Montero y Freer (2004c)
2003	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Toda la costa	1.75 x 10 ⁸	-	Este estudio
2004	<i>C. polykrikoides</i>	Toda la costa	3.8 x 10 ⁸	<i>T. erythraeum</i>	Vargas-Montero <i>et al.</i> (2006)
2004	<i>Akashiwo sanguinea</i> <i>Gymnodinium instriatum</i>	-	5 x 10 ³ 1 x 10 ⁶	<i>Alexandrium monilatum</i>	Este estudio
2005	<i>Alexandrium monilatum</i>	Golfo de Nicoya	2 - 3.2 x 10 ⁶	<i>P. bahamense var. compressum</i> , <i>G. catenatum</i> , <i>A. sanguinea</i> (como <i>G. splendens</i>) <i>C. catenatum</i>	Calvo <i>et al.</i> (2005)

MATERIALES Y METODOS

La costa Pacífica de Costa Rica mide alrededor de 1,016 km de longitud, en ella existen dos localidades donde los FAN han sido importantes: El Golfo de Nicoya y el Golfo de Papagayo (Fig. 1). El Golfo de Nicoya es un estuario con actividad pesquera importante que mide 80 km de longitud por 50 km de anchura. Durante el verano los ríos Grande de Tárcoles y Tempisque fertilizan la columna de agua e incrementan la biomasa fitoplanctónica. El Golfo de Papagayo es considerado un sistema de surgencia costera de aguas frías en el Pacífico Tropical Oriental. La plataforma continental donde se encuentra ubicado este golfo es relativamente estrecha, por lo que se ve favorecido por la influencia de aguas oceánicas en sus costas y por el predominio de los vientos, que disminuyen la temperatura superficial del agua. De la misma forma, la intensificación de los vientos alisios entre diciembre a mayo, originan un transporte de agua horizontal lejos de la costa trayendo a la superficie aguas ricas en nutrientes, fenómeno que refuerza la productividad biológica primaria (Jiménez, 2001).

Para el presente estudio, desde enero del 2003 hasta finales del año 2005, se colectaron quincenalmente muestras de agua superficial en 14 sitios de la costa Pacífica de Costa Rica (Fig. 1), con objeto de hacer tanto análisis taxonómicos como cuantitativos. En cada localidad se colectaron muestras de fitoplancton haciendo arrastres con red para fitoplancton de 20 μm

de luz de malla. Dichas muestras fueron fijadas en soluciones de lugol ácido y glutaraldehído al 2%. Asimismo fueron colectadas muestras de agua con botellas Niskin de 1 L de capacidad. Se contaron las muestras provenientes de floraciones de fitoplancton usando cámaras Sedgwick-Rafter y un microscopio de luz invertido marca Olympus modelo IX-51. Asimismo, parte de las muestras fueron fijadas en glutaraldehído al 2% para ser procesadas para microscopia electrónica de barrido. Para ello el material se lavó durante 30 minutos con solución amortiguadora de cacodilato de sodio al 0.1M, y se post-fijó con tetraóxido de osmio al 1% durante 30 minutos; posteriormente las muestras se lavaron nuevamente durante 30 minutos en cacodilato de sodio y después fueron deshidratadas en gradientes de etanol desde 30% hasta 100% durante 10 minutos en cada paso, al final fueron secadas en un secador de punto crítico, modelo Hitachi HCP-2. Una vez secas, las muestras se montaron sobre bases de aluminio y se cubrieron con 30 nm de platino-paladio en un cobertor iónico Hitachi IB-3 y se observaron y fotografiaron en un Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), modelo Hitachi S-2360N.

RESULTADOS

Todos los eventos de FAN registrados en la costa Pacífica de costa Rica, así como las especies acompañantes están resumidos en la tabla 1.

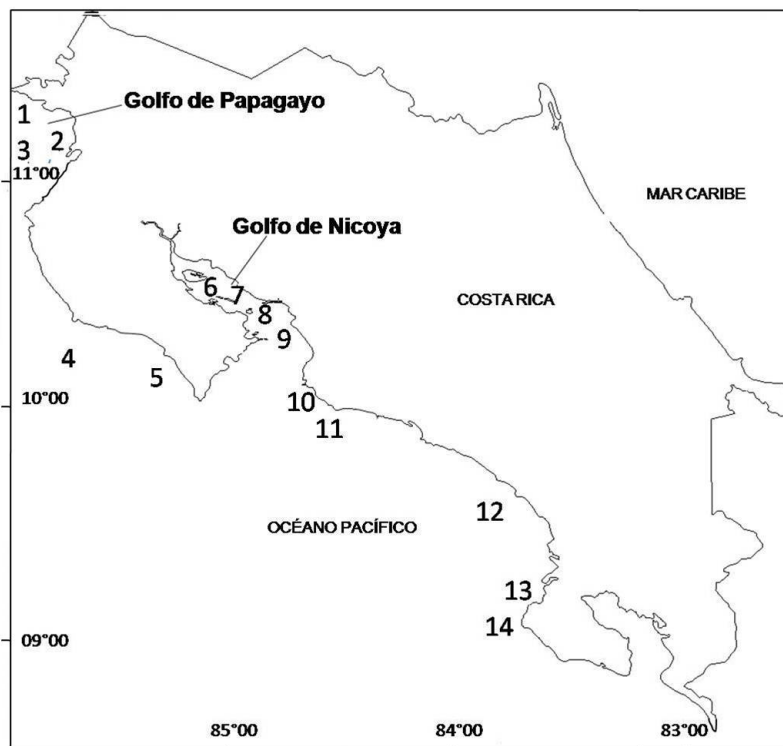


Figura 1. Estaciones de colecta de fitoplancton en la costa del Pacífico de Costa Rica.

Con respecto al estudio realizado en el campo, a partir de julio del 2003 se observaron discoloraciones en la columna de agua en la costa del Pacífico de Costa Rica y los FAN se incrementaron a partir de septiembre del 2003 (Fig. 3) cuando se presentó la especie *Cochlodinium* cf. *polykrikoides* formando cadenas de 4 a 8 células generalmente (Figura 2, c-d) y en concentraciones de 1.75×10^8 céls. L^{-1} . Tal especie persistió en la columna de agua hasta finales de abril del 2004, cuando alcanzó la concentración celular más alta (3.8×10^8 céls. L^{-1}). Tales discoloraciones se extendieron en casi toda la costa del Pacífico de Costa Rica, observándose cientos de peces muertos, además de la formación de espuma en las playas. Posteriormente en junio del 2004 cuando las poblaciones de *C. cf. polykrikoides* empezaron a disiparse, empezaron a surgir extensas discoloraciones de los dinoflagelados *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) G. Hansen et Moestrup y *Gymnodinium instriatum* (Freudental et Lee) Coats, con concentraciones máximas celulares de 5.8×10^2 y 5×10^3 céls. L^{-1} respectivamente (Figs. 2, i-k, 3). Nuevamente, a mediados del mes de junio del 2005 se observó el aumento en la concentración del dinoflagelado *Alexandrium monilatum* (Howell) Balech quien

produjo extensas discoloraciones de color verde oliva frente a la costa de Puntarenas, ciudad portañera localizada en el Golfo de Nicoya, cubriendo gran parte de ese golfo, con concentraciones de hasta 1×10^6 céls. L^{-1} y en cuyas muestras se observaron cadenas formadas hasta por más de 100 células (Figura 2, e-f). Esta discoloración continuó durante agosto y septiembre del 2005 extendiéndose desde la parte interna del Golfo de Nicoya hasta el sur de la costa Pacífica de Costa Rica. Calvo *et al.* (2005) reportan valores de densidad de este mismo FAN de *A. monilatum* de hasta 3.2×10^6 céls. L^{-1} para el 9 de septiembre del 2005, además de abundante espuma en la zona de oleaje e intensa picazón en la piel. Sin embargo, a pesar de que la especie se reporta como ictiotóxica y también tóxica para poliquetos y moluscos (Clemons *et al.*, 1980b; Bass *et al.*, 1983, ambos en Landsberg, 2002) no se observaron peces ni fauna marina muerta en las áreas de la discoloración.

Las especies acompañantes en los eventos de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* han sido *Ceratium balechii*, *C. furca*, *C. fuscus* y *Gymnodinium catenatum* (Vargas-Montero &

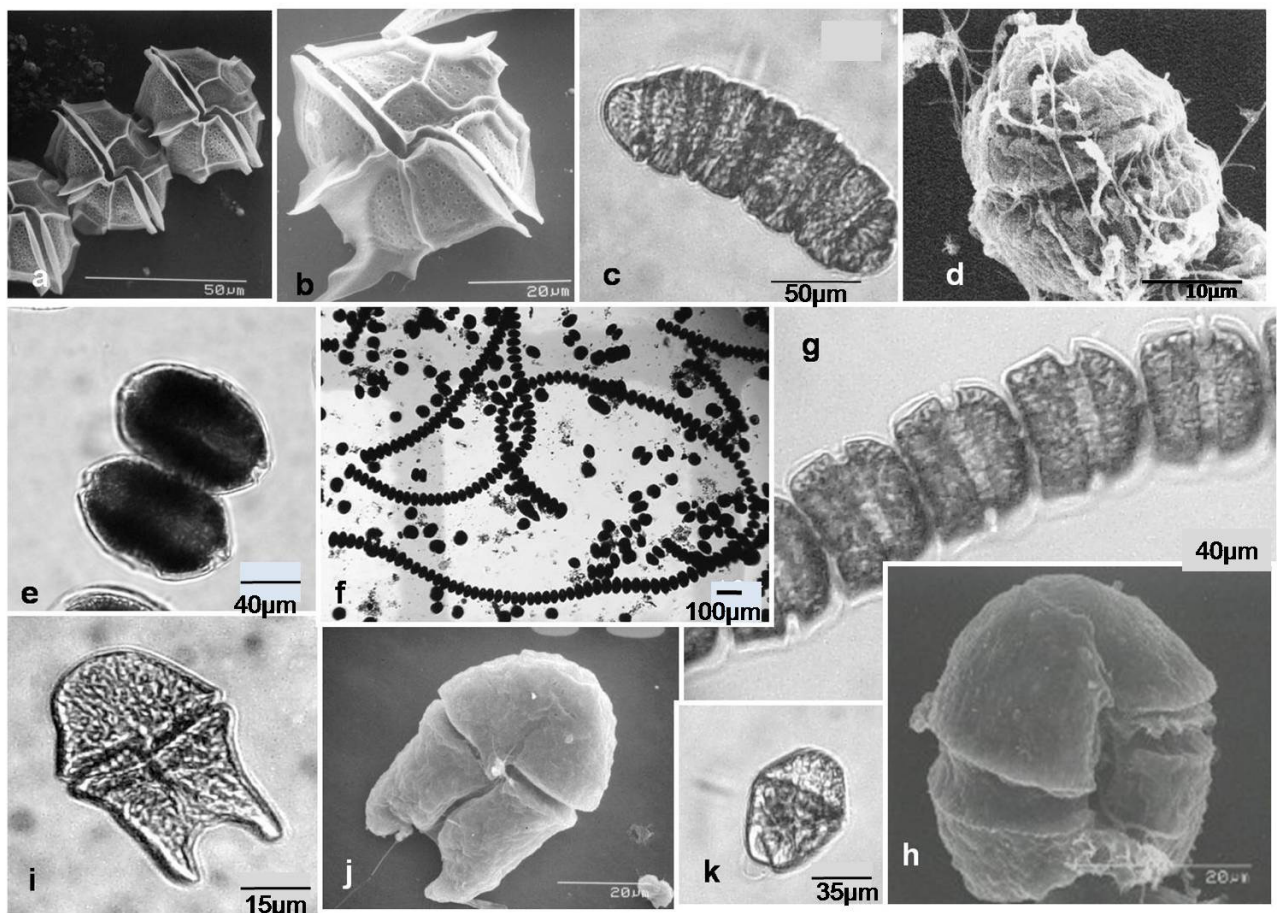


Figura 2. Especies de dinoflagelados productores de extensas discoloraciones en la costa del Pacífico de Costa Rica. Se especifica la escala de medida en la fotografía. a-b. *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* y var. *bahamense* respectivamente; c-d. *Cochlodinium polykrikoides*; e-f. *Alexandrium monilatum*; g-h. *Gymnodinium catenatum*; i-j. *Akashiwo sanguinea*; k. *Gymnodinium instriatum*.

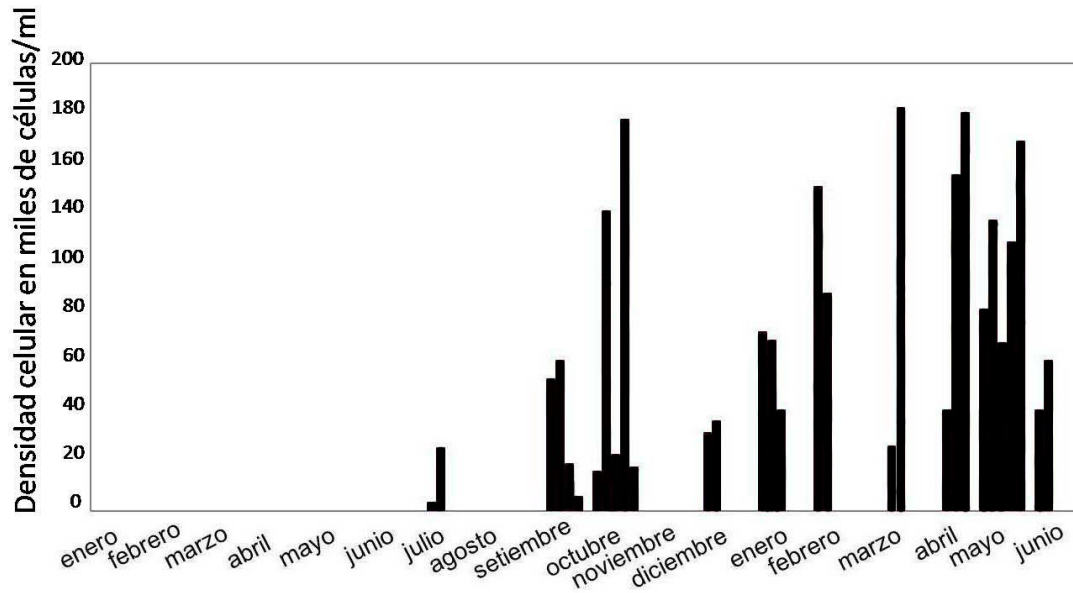


Figura 3. Distribución temporal de las densidades celulares de los florecimientos algales en la costa Pacífica de Costa Rica, durante enero del 2003 a junio del 2004.

Freer, 2003); mientras que las especies de *Cochlodinium* han estado acompañada por *Myrionecta rubra* (Lohmann) Jankowski, la cianobacteria *Trichodesmium erythraeum*, *Ceratium* spp., *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* y *Prorocentrum* sp. (Hargraves & Viquez, 1981; Vargas-Montero et al., 2006; Tabla 1). Las especies acompañantes en el evento de *Alexandrium monilatum* del 2005 fueron *P. bahamense* var. *compressum*, *G. catenatum*, *A. sanguinea* y *Cochlodinium catenatum* (Calvo et al., 2005). En las costas de Costa Rica, *G. catenatum* es una especie tóxica que sin embargo, frecuentemente sólo se presenta acompañando a la mayoría de los otros taxa formadores de FAN (Tabla 1).

DISCUSIÓN

Con este estudio se detectaron especies formadoras de FAN que no habían sido señaladas con anterioridad para Costa Rica: *Akashiwo sanguinea* y *Gyrodinium instriatum*, las cuales se observaron siempre produciendo florecimientos en el Golfo de Nicoya y nunca en el Golfo de Papagayo, con concentraciones máximas de hasta 5.8×10^2 y 5×10^3 céls. L⁻¹ respectivamente.

En la costa Pacífica de Costa Rica, las discoloraciones por microalgas se observan principalmente a principios de la época seca, durante los meses de enero a marzo, y también en la época lluviosa, en los meses de octubre y noviembre (Fig. 3), seguramente como resultado de los vientos que soplan fuertemente en la época seca mezclando los sedimentos y enriqueciendo con nutrientes la columna de agua, condición que es aprovechada por las microalgas para desenquistarse y posteriormente florecer

(Mcgillicuddy et al., 2003). Durante la época de lluvia posiblemente los ríos acarrear nutrientes (principalmente N) disminuyendo esta limitación en aguas costeras (Calvo et al., 2005).

Desde el primer reporte en 1979, los eventos importantes de FAN en Costa Rica se habían estado observando aproximadamente cada 4 a 6 años, sin embargo desde 1999 las circunstancias cambiaron, es decir los florecimientos se empezaron a presentar de manera más extensa espacial y temporalmente y generalmente con *Cochlodinium* cf. *polykrikoides* de manera dominante, de no ser por el reciente FAN del 2005, donde *Alexandrium monilatum* fue la especie dominante. Posiblemente las condiciones ambientales recientes como son el "Fenómeno del Niño", el cambio climático global o inclusive el transporte por medio de aguas de lastre, están favoreciendo la presencia de estas especies invasivas o ecológicamente agresivas.

Comparando los datos obtenidos con informes de FAN de años anteriores en Costa Rica (Hargraves & Viquez 1981, Viquez & Hargraves 1995, Morales-Blake et al. 2001, Vargas-Montero & Freer 2003), definitivamente ha habido un incremento espacio-temporal de los FAN de *Cochlodinium* spp. en la región (Figura 3), produciéndose discoloraciones que se distribuyen durante meses y que se extienden desde el Pacífico central hasta el norte de Costa Rica (Vargas-Montero & Freer 2003). Sin duda alguna, desde el 2003 *C. cf. polykrikoides* es la especie dominante de las mareas rojas del Pacífico Centroamericano incluyendo México, ocasionando periodicidad de manchas en el agua en eventos invasivos que cubren varios kilómetros de costa (Cortés-Lara et al., 2004; Cortés-Altamirano et al., 2006). En la Plataforma

Centroamericana, específicamente en El Salvador, Guatemala y México, las discoloraciones de esta especie se reportan en fechas similares, reapareciendo en meses subsiguientes y desplazándose según las corrientes oceánicas (Cortés-Lara *et al.* 2004, Carrillo *et al.* 2007). Tal fenómeno parece estar sucediendo a nivel mundial; puesto que también se han presentado extensos florecimientos de esta especie en Filipinas y Malasia desde el 2003 (Azanza & Baula, 2005), incluso al parecer en el Pacífico occidental, esta especie parece estar desplazando a otras, como *P. bahamense* var. *compressum*, que anteriormente correspondía a la especie más dañina de la región (Rhodora Azanza com. pers). En un estudio de la incidencia de los florecimientos de *C. polykrikoides* en el Pacífico de Costa Rica, realizado por Vargas-Montero *et al.* (2006), se demostró que los florecimientos estaban relacionadas con la incidencia de los vientos en la costa norte del Pacífico. Asimismo Morales-Blake *et al.* (2001) registraron florecimientos de *C. polykrikoides* en la Bahía de Manzanillo, Colima, México, desde 1999, señalando que durante el 2000 se observó un incremento notable en los FAN de tal especie en el área, debido principalmente a las anomalías negativas de temperatura producidas por el "Fenómeno de la Niña".

En Costa Rica desde el año 2001, no se observaban fenómenos tan extensos como el ocurrido a partir de marzo del 2004 que abarcó gran parte de la costa Pacífica, el cuál finalizó hasta abril del 2005 y cuya especie dominante fue el dinoflagelado *C. polykrikoides*, el cuál es productor de quistes en su ciclo de vida, por lo que podemos predecir que se van a generar a corto o mediano plazo otros FAN de tal especie. Según Cortés-Altamirano *et al.* (2006) este fenómeno se ha observado de igual forma en el Golfo de California y creen que su causa puede ser natural debido a procesos de transporte de algas por corrientes marinas tales como la Corriente Costera de Costa Rica y la Corriente Occidental Mexicana, que posiblemente se han visto modificadas por el calentamiento global y causas antropogénicas.

Otro dinoflagelado que ha surgido de forma invasiva en los últimos años en Costa Rica es *Alexandrium monilatum*. Generalmente sus FAN se observan a mediados de la época lluviosa, entre los meses de junio y septiembre, cuando también empiezan a proliferar especies tóxicas como *G. catenatum* y *P. bahamense*. Tales florecimientos se producen generalmente por el incremento de nutrimentos debido al aporte de sedimentos en el agua, principalmente en el Golfo de Nicoya por parte de los ríos que desembocan en el Pacífico, ayudados por los fenómenos de surgencias costeras producidas por los fuertes vientos que soplan en la zona, lo que lleva a la superficie quistes temporales de dinoflagelados especialmente tóxicos.

En Costa Rica *A. monilatum* ha sido registrado en el Golfo de Nicoya desde 1995 (Viquez y Hargraves, 1995), al respecto un dato importante mencionado por Gárate-Lizárraga *et al.* (2004), es haber observado, por primera vez en muestras colectadas en el

2001-2002, la presencia de células de *A. monilatum* en Bahía de la Paz (Golfo de California); señalando que tal especie al parecer es de presencia reciente puesto que nunca antes se había reportado para esa zona; aunque la falta de datos fitoplanctónicos de la bahía dificulta la corroboración de tal hipótesis, se sabe que esa especie ha formado floraciones recientes en Guatemala (com. pers. Leonel Carrillo) y dado que es una especie productora de quistes, lo anterior podría indicar que esta especie se está desplazando sobre la plataforma costera del Pacífico americano. Tomando en cuenta lo anterior y considerando que todas las especies reportadas en esta investigación, formadoras de FAN masivos, son productoras de quistes temporales, se podría explicar su incidencia masiva de los últimos años en forma de extensas discoloraciones en la costa del Pacífico centroamericano, a través de concebir sus camas de quistes de manera suficientemente grande para activar los FAN. Aun se desconoce donde se encuentran tales camas o bancos de quistes en los sedimentos de la plataforma marina centroamericana, sin embargo, estos semilleros podrían ser el motivo de que estas poblaciones de dinoflagelados se hayan podido mantener en tan elevadas concentraciones y distribirse en prácticamente toda la costa del Pacífico centroamericano, siendo este un aspecto muy importante para evaluar en futuras investigaciones. Asimismo, es evidente la necesidad de evaluar los daños y perjuicios ecológicos en comunidades faunísticas, como el caso de la mortalidad de corales, asociados a floraciones del dinoflagelado *C. polykrikoides* en las costas del Pacífico Este de Costa Rica y Panamá (Guzmán *et al.*, 1990), y la mortalidad de tortugas en las costas de Nicaragua y El Salvador en el 2006 debido a un Fan de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (La Prensa Gráfica, 2006), además de pérdidas económicas producidas. Para ello será necesario realizar estudios continuados a largo plazo y con estrategias locales o regionales enfocadas a los FAN, para en un futuro mitigar los problemas involucrados.

AGRADECIMIENTOS

Apreciamos la colaboración del personal del Parque Marino del Pacífico así como al Servicio Nacional de Guardacostas de la República de Costa Rica, por su valiosa colaboración en la toma de muestras. Asimismo, agradecemos el apoyo de la Universidad de Costa Rica por colaborar mediante los proyectos VI-810-A4-043 y 810-A4-023 y la dedicada revisión de la Dra. Ma. Esther Meave del Castillo y el Dr. Ismael Gárate Lizárraga para el mejoramiento del manuscrito.

REFERENCIAS

- AZANZA, R. V. & I. U. BAULA. 2005. Fish kills associated with *Cochlodinium* blooms in Palawan, The "Last Frontier" of the Philippines. *Harmful Algae News*, IOC-UNESCO 20: 13-14.

- BARRAZA, J. E., J. A. ARMERO-GUARDADO & Z. M. VALENCIA. 2004. The red tide event in El Salvador, August 2001 - January 2002. *Revista Biología Tropical* 52(1): 1-4.
- CALVO, E., R. VÍQUEZ & A. GARCÍA. 2005. *Alexandrium monilatum* (Howell) Balech bloom in the Gulf of Nicoya, Puntarenas. *Harmful Algae News*, IOC-UNESCO 29: 1-2.
- CARRILLO, L., R. CORTÉS-ALTAMIRANO, V. LEIVA & V. RAMÍREZ. 2007. *Cochlodinium catenatum* on Guatemala coast (2004-2007). *Harmful Algae News* IOC-UNESCO 33: 15-17.
- CORTÉS-LARA, M., R. CORTÉS-ALTAMIRANO & A. SIERRA-BELTRÁN. 2004. Presencia de *Cochlodinium catenatum* (Gymnodiniales: Gymnodiniaceae) en mareas rojas de Bahía de Banderas, Pacífico Mexicano. 2004. *Revista Biología Tropical* 52(1): 35-49.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., L. MUÑOZ-CABRERA & O. SOTOMAYOR-NAVARRO. 1993. Envenenamiento Paralítico por Mariscos (PSP) causado por el dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en la costa suroeste de México. *Annales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM 20(1): 43-54.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., M. LAVÍN, A. SIERRA-BELTRÁN & M. C. CORTÉS-LARA. 2006. Hipótesis sobre el transporte de microalgas invasoras desde el Pacífico oeste tropical hasta el Golfo de California por las corrientes marinas. *Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa* 18: 19-26.
- FIGUEROA-TORRES, M. G. Y M. A. ZEPEDA-ESQUIVEL. 2001. Mareas rojas del Puerto Interior, Colima, México. *Scientia Nature* 3: 39-51.
- GÁRATE-LIZÁRRAGA, I., J. J. BUSTILLOS-GUZMÁN, L. MORQUECHO & C. LECHUGA-DEVEZE. 2001. First Outbreak of *Cochlodinium ptykrikoides* in the Gulf of California. *Harmful Algae News*, IOC-UNESCO 21: 7.
- GÁRATE-LIZÁRRAGA, I.; D. J. LÓPEZ-CORTÉS, J. J. BUSTILLOS-GUZMÁN, & F. HERNÁNDEZ-SANDOVAL. 2004. Blooms of *Cochlodinium ptykrikoides* (Gymnodiniaceae) in the Gulf of California, México. *Revista Biología Tropical* 52 (1): 51-58.
- GUZMÁN H., J. CORTÉS, P. GLYM & R. RICHMOND. 1990. Coral mortality associated with dinoflagellate blooms in the eastern Pacific (Costa Rica and Panama). *Marine Ecology Progress Series* 60: 299-303.
- HARGRAVES, P. & R. VÍQUEZ 1981. The Dinoflagellate red tide in Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 29(1): 31-38.
- JIMÉNEZ, C. 2001. Seawater temperature measured at the surface and at two depths (7 and 12 m) in one coral reef at Culebra Bay, Gulf of Papagayo, Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 49. Supl. 2: 153-161.
- LA PRENSA GRÁFICA. 2006. Periódico de El Salvador. *laprensagrafica.com*. Revisado el 31/01/2006 y el 29/09/2006.
- LANDSBERG, J. H. 2002. The effects of Harmful Algal Bloom on aquatic organisms. *Reviews in Fisheries Science* 10(2): 113-390.
- MATA, L., G. ABARCA, L. MARRANGHELLO & R. VÍQUEZ. 1990. Intoxicación paralítica por mariscos (IPM) por *Spondylus calcifer* contaminado con *Pyrodinium bahamense*, Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 38(1): 129-136.
- MCGILLICUDDY, D. J., R. P. SISNELL, C. A. STOCK, B. A. KEAFER, M. D. SÉLLER, R. D. HETLAND & D. M. ANDERSON. 2003. A mechanism for offshore initiation of harmful algal blooms in the coastal Gulf of Maine. *Journal of Plankton Research* 25(9): 1131-1138.
- MORALES-BLAKE, A.; C. CAVAZOS-GUERRA, & D. U. HERNÁNDEZ-BECERRIL, 2001. Unusual HABs in Manzanillo Bay, Colima, México. *Harmful Algae News* IOC-UNESCO 22: 6.
- MORALES-RAMÍREZ, A., R. VÍQUEZ, K. RODRÍGUEZ & M. VARGAS-MONTERO. 2001. Marea roja producida por *Lingulodinium polyedrum* (Peridinales, Dinophyceae) en Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 49(2):19-23.
- ORELLANA-CEPEDA, E., E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. MUÑOZ-CABRERA, P. LÓPEZ-RAMÍREZ, E. CABRERA-MANCILLA Y C. RAMÍREZ-CAMARENA. 1998. Toxicity associated with blooms of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* in southwestern Mexico. *Harmful Algae News*, IOC, UNESCO. 60 p.
- OKOLODKOV, Y. & GÁRATE-LIZÁRRAGA, I. 2006. An annotated checklist of dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific. *Acta Botánica Mexicana* 74:1-154.
- RAMÍREZ-CAMARENA, C., A. MARTÍNEZ-GARCÍA, N. JUÁREZ-RUIZ, R. ROJAS-CRISOSTOMO Y H. RAMÍREZ-GARCÍA. 2004. Impactos de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* durante el florecimiento algal nocivo 2001-2002 en la costa suroeste de México. *Resúmenes XIII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología y VI Reunión Internacional de Planctología*. Nuevo Vallarta, Nayarit, México. 62 p.
- VARGAS-MONTERO, M. & E. FREER. 2003. Co-ocurrence of different morphotypes of *Pyrodinium bahamense* during an extensive bloom in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. In: Villalba, A., Reguera, B., Romalde, J. & Beiras, R. (Eds.). *Molluscan Shellfish Safety*. COI, UNESCO. Xunta de Galicia, España. pp. 211-217.
- VARGAS-MONTERO M. & E. FREER. 2004a. Paralytic Shellfish Poisoning Outbreaks in Costa Rica. In: Steidinger K.A, J.H. Landsberg, C.R. Tomas & G.A. Vargo (Eds). *Proceedings of the Xth. International Conference on Harmful Algae 2002*. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Florida Institute of Oceanography and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. p.p. 482-484.
- VARGAS-MONTERO, M. & E. FREER. 2004b. Presencia de los dinoflagelados *Ceratium dens*, *C. fusus* y *C. furca* (Gonyaulacales: Ceratiaceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 52 (Suppl.1): 115-120.
- VARGAS-MONTERO, M. & E. FREER. 2004c. Floraciones Algales Nocivas de Cianobacterias (Oscillatoriaceae) y dinoflagelados

- (Gymnodiniaceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 52 (Suppl. 1): 121-125.
- VARGAS-MONTERO, M. & E. FREER. 2004d. Proliferaciones algales de la diatomea toxigena *Pseudo nitzschia* (Bacillariophyceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 52 (Suppl. 1): 127-132.
- VARGAS-MONTERO, M. E. FREER, R. JIMÉNEZ-MONTEALEGRE & J. C. GUZMÁN. 2006. Occurrence and predominance of the fish killer *Cochlodinium polykrikoides* on the Pacific coast of Costa Rica. *African Journal of Marine Science* 28(2): 215-217.
- VÍQUEZ, R. & HARGRAVES, P. 1995. Annual cycle of potentially harmful dinoflagellates in the golfo de Nicoya, Costa Rica. *Bulletin of Marine Science* 57(2): 467-475.
- Recibido:* 8 de enero de 2007
- Aceptado:* 29 de febrero de 2008

