

La marea roja causada por el dinoflagelado *Alexandrium tamarense* en la costa Pacífica colombiana (2001)

Ingrid García-Hansen¹, Roberto Cortés-Altamirano² & Arturo P. Sierra-Beltrán³

1 Sección Ecología y Biología Marina. Centro Control Contaminación del Pacífico. Capitanía de Puerto, Vía el Morro, Tumaco (Nariño), Colombia. Apdo. Postal 918 Arbor Station Drive, Long Beach, Ms 39560. USA; igarcia-hansen@hotmail.com

2 Laboratorio de Plancton. Unidad Académica Mazatlán (ICMyL-UNAM), Apdo. Postal 811 Mazatlán, 82040 Sinaloa, México. Fax: (016) 982-61-33; roberto@mar.icmyl.unam.mx

3 Programa de Manejo de Recursos Pesqueros, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Apdo. Postal 128, La Paz 23000, B.C.S., México. Fax: (52) 612 12 53625; asierra@cibnor.mx

Recibido 31-X-2002. Corregido 02-XI-2003. Aceptado 11-XII-2003.

Abstract: From April 26th to May 15th 2001, a large algae bloom was observed off Tumaco Bay on the Pacific coast of Colombia. This was the first harmful algae bloom (HAB) reported in the region, and reached Gorgona Island, about 120 km north. A year later, starting March 2002, an offshore HAB developed from Cabo Corrientes North to Solano Bay. The typical abundance during the blooms reached 7.5×10^6 cells l⁻¹ for the 2001 event and 1.6×10^6 cells l⁻¹ for the 2002 event. During both events, low temperature and high salinity were recorded. Typical measurements in the area are 27-27.5°C and 30-31.5 psu. Values observed during the two events were 24-24.6°C and 33-34 psu; 3°C below normal and more than 2.5 psu above average values. These conditions are indicative of local upwelling processes at the time of the events. On both occasions, cells corresponding to the *Alexandrium catenella/fundeyense/tamarense* complex represented 99-100% of the biomass. It was difficult to differentiate the cells from *A. catenella*, but the presence of short chains of only 4 cells (single cells represented most of the biomass) was suggestive of *A. tamarense*. Shape, dimensions, and detailed structure of the apical pore complex, first apical plate, posterior sulcal plate, and position of the ventral pore on plate 1' of cells were consistent with the description of *A. tamarense*, which has not been reported in the tropical East Pacific. The Control Center of Pacific Contamination of the Maritime General Direction of the Colombian Navy has been monitoring the area since 1994 without finding this species or HABs. This leads us to consider the two events as caused by recently introduced species, where local upwelling processes favor permanent and cyclic HABs. However, during these two events, there were no reports of effects on marine biota or of human poisoning, probably because the blooms occurred some distance offshore and far from exploited shellfish beds.

Key words: Red tide, *Alexandrium tamarense*, Tumaco Bay, Corrientes Cape, Colombian Pacific.

Palabras clave: Marea roja, *Alexandrium tamarense*, Ensenada de Tumaco, Cabo Corrientes, Pacífico colombiano.

Son pocos los estudios que se han realizado en Colombia sobre proliferaciones algales nocivas o PAN, dirigiéndose la mayoría de las observaciones a algunos casos ocurridos en el Caribe colombiano, como los citados por Botero *et al.* (1995) y Macera y Vidal (1995) para la Ciénaga Grande de Santa Marta en donde encontraron altas concentraciones de la cianofita

filamentosa *Anabaenopsis* sp., género que es considerado como altamente tóxico, provocando una muerte masiva de peces en 1994. Para la misma zona, Mercado (1971) describe la proliferación de *Anabaena circinalis* relacionándola con muerte de peces, perros, cerdos y gallinas; Bula (1985) mencionó a *Nostoc commune* (= *Anabaena flos-aquae*) como

responsable de otro fenómeno de mortandad masiva de peces. Según Álvarez-León (en prep.), los casos de mortandad de peces tanto en la Ciénaga Grande de Santa Marta como en la Ciénaga de Tesca (Cartagena-Bolívar) se han incrementado durante los últimos años debido, en parte, a la influencia antropogénica sobre estos ecosistemas, siendo cada vez más común para estas áreas las proliferaciones masivas de algas principalmente del grupo de las cianofíceas.

Por otro lado, en la Bahía de Cartagena, los cambios en la coloración del agua observados en abril de 1975 y abril de 1980 en los que el agua se tornó rojiza, llamaron la atención de Vidal y Carbonell (1977) y Arias y Durán (1982), respectivamente, tratándose en ambos casos de proliferaciones producidas *Gonyaulax polyedra*, sin que se registrara ningún efecto nocivo en el área.

Hacia la zona del Pacífico colombiano fue posible registrar la presencia de una marea roja al norte de Cabo Corrientes en 1976, desconociéndose la especie que la originó (Maldonado 1978). Fuera de este acontecimiento es muy poco lo que se conoce sobre las proliferaciones algales en el Pacífico colombiano, pese a que se han relacionado cambios en la coloración del agua con muertes masivas de peces, langostas y tortugas de la especie *Chelonia agassizi* en esta zona (Álvarez-León en prep.).

Hasta el momento, en Colombia no se tiene conocimiento de muertes entre la población humana, causadas por el consumo de alimentos contaminados por algas tóxicas. Los únicos casos de intoxicación que se conocen han sido relacionados con la toxina denominada ciguatoxina, debido al consumo de peces de las especies *Sphyraena barracuda* y *Seriola zonata* (Álvarez-León 1999), en las áreas de Santa Marta y Cartagena, y sin causar víctimas fatales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El Océano Pacífico colombiano se encuentra dentro del área denominada

Panamá Bigth, la cual se define como la sección del océano tropical ubicada entre el istmo de Panamá al norte y la Punta de Santa Helena (Ecuador) al sur, enmarcándose entre los 1°30'00" N y 6°30'00" N y los 77°40'00" W y 82°00'00" W (Camacho y Pineda 1999). La plataforma continental tiene menos de 50 km de ancho, la región se encuentra dentro de la zona de convergencia intertropical y se asocia con los vientos y precipitaciones propias de las zonas de baja presión (Bakun *et al.* 1999). El clima es cálido, la temperatura media anual no excede, por lo general, los 30°C y la humedad relativa oscila entre 80 y 95% (Garcés y Medina 1997). Debido a los altos niveles promedio de pluviosidad entre los 7 000 y 10 000 mm anuales existe una compleja red fluvial que causa fuertes erosiones y brinda importantes aportes al mar (Forsbergh 1969).

En los meses de enero a marzo, por efecto de la fuerza de Coriolis, las aguas se desvían hacia el oeste, es decir, mar afuera, y el espacio es ocupado por aguas subsuperficiales, ricas en nutrientes inorgánicos que ascienden mediante los procesos de surgencia, típicos de la costa oeste de los continentes. El área de afloramiento se extiende a lo largo de 850 millas náuticas (mn) con un ancho aproximado de 30 millas y se caracteriza por sus variaciones estacionales, siendo mayor en invierno y menor en verano (Montealegre y Zea 1994, Bakun *et al.* 1999). El mar, en el Océano Pacífico tropical adyacente a la costa suramericana, se caracteriza por temperaturas muy bajas y por tener una termoclina y una capa de mezcla muy superficiales, la combinación de estos factores permite incrementar la producción primaria (Montealegre y Zea 1994).

Recolección de muestras: Las muestras de agua fueron recolectadas a nivel superficial con botellas plásticas de 500 ml y se fijaron con formalina al 10% y lugol al 5%, posteriormente se dejaron decantar por un periodo de 36 horas y se llevaron a un volumen de 20 ml. El conteo celular se realizó con ayuda de una placa SR Cell Counter S 50, previo montaje en un microscopio invertido LEITZ. En el momento de la recolección de las muestras se midió

la temperatura superficial del mar con un termómetro de inmersión con una precisión de 0.1°C y la salinidad con un termosalinómetro ORION 132. Para la identificación de la especie se utilizó la monografía del género (Balech 1995). Se obtuvieron fotografías a 1 000X, utilizando aceite de inmersión en un microscopio de luz (Leica Galen III). Las dimensiones celulares fueron determinadas en 50 ejemplares con ayuda de un micrómetro de ocular calibrado, en un fotomicroscopio Carl Zeiss ICM405, en contraste de fases. Para el microscopio electrónico de barrido Jeol-JSM-35, las células fueron previamente lavadas, tres veces en agua destilada y deshidratadas en series graduales de etanol hasta transferir a acetona pura; posteriormente fueron secadas al punto crítico (CO₂), y recubiertas con oro.

RESULTADOS

Se registraron dos PAN, el primero fue el 26 de marzo de 2001 en la zona correspondiente a la Ensenada de Tumaco y el segundo el 10 de marzo de 2002 frente a Cabo Corrientes (Fig. 1). En el primer caso, la marea roja se desplazó hacia el norte hasta llegar a cercanías de la Isla Gorgona y, en el segundo caso, también tuvo un desplazamiento hacia el norte hasta ser vista, por última vez, por Bahía Solano (Fig. 1), los dos eventos fueron observados por un periodo de tres semanas antes de desaparecer, sin que se asociaran con intoxicación ni mortandad de organismos. La marea roja registrada durante el año de 2001 se mantuvo alejada de la costa, a más ó menos 3 mn, siendo la Ensenada de Tumaco el punto más cercano en el cual fue observada (1 mn), arrojando el conteo celular un promedio de $7\,592 \times 10^3$ céls l⁻¹, las células en su mayoría se encontraban formando cadenas de tres y cuatro células y conformaban densos agrupamientos difíciles de contar. La proliferación correspondiente al año 2002 estuvo aún más alejada de la costa, en este caso la muestra fue colectada a 25 mn de Cabo Corrientes, presentando densidades menores, con $1\,578 \times 10^3$ céls l⁻¹ en promedio,

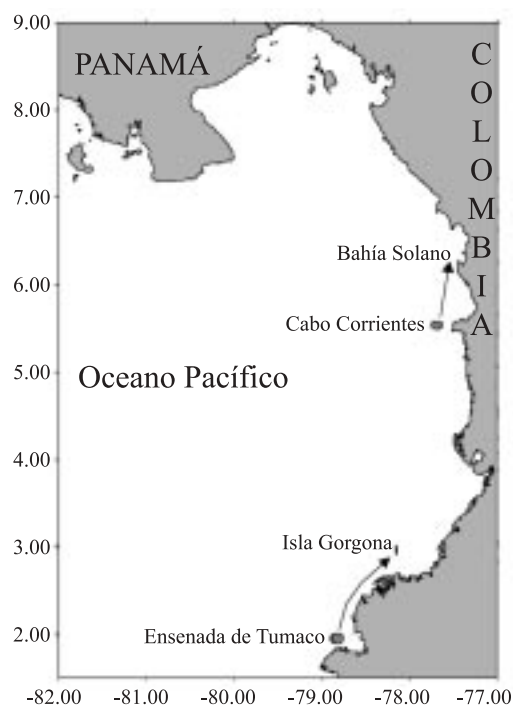


Fig. 1. Localización de las áreas en donde fueron detectados los eventos de marea roja durante los años 2001 y 2002 en el Océano Pacífico colombiano. Las flechas indican la posible ruta que siguieron las mareas, pues estas corresponden a información secundaria suministrada por los pobladores del área.

Fig. 1. Location of the areas where red tide events were detected during 2001 and 2002 in the Colombian Pacific Ocean. The arrows indicate the possible way followed by the red tides, these correspond to secondary information provided by local people.

observándose en su mayoría las células de manera solitaria y formando muy pocas cadenas de dos o tres células (Fig. 2a, b). En el primer caso el agua tomó una discoloración rojo-ladrillo y en el segundo el color fue menos intenso tomando una apariencia marrón clara. Durante el evento en el año 2001 se registró, para la Ensenada de Tumaco, un valor de temperatura superficial de 24.6°C y salinidades que oscilaron entre 33 y 34 ups. En el año 2002 se obtuvieron frente a Cabo Corrientes temperaturas superficiales con valores de 24°C y salinidades de 33.6 ups.

La observación detallada de su forma y dimensiones en 50 ejemplares fue: long. (L) 25-40 μm , ($n=32$), (moda=30) y transd. (A) 25-37.5 μm , ($n=31.6$), (moda=32.5), la epiteca de forma cónica en tanto que la hipoteca es semiesférica o trapezoidal (Fig. 2a, b). Además, el patrón de placas (Fig. 2c, d) coincidió con las características de *A. tamarense*, especialmente, en el complejo del poro apical (APC), la primera placa apical (1') y la placa sulcal posterior (sp) (Fig. 2c, d). La primera placa apical 1' mantiene contacto con la placa del poro apical (Po) y presenta un poro ventral (vp) en su unión con la placa 4'. La placa sulcal posterior (sp) es pentagonal y presenta un poro posterior de unión (pap) que no es central (Fig. 2d). Las observaciones mediante microscopía electrónica de barrido, permitieron observar al

detalle la estructura de la placa del poro apical donde se hace evidente la presencia del poro anterior de unión (aap) y el foramen grande con forma de anzuelo.

DISCUSIÓN

Es la primera vez que se registran para el Pacífico colombiano proliferaciones del dinoflagelado *A. tamarense*, la cual no es una especie propia del área. Centros de Investigación como el Centro Control de Contaminación del Pacífico (CCCP) y el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) han venido realizando observaciones continuas del plancton del Pacífico colombiano sin existir reportes de organismos del complejo *A.*

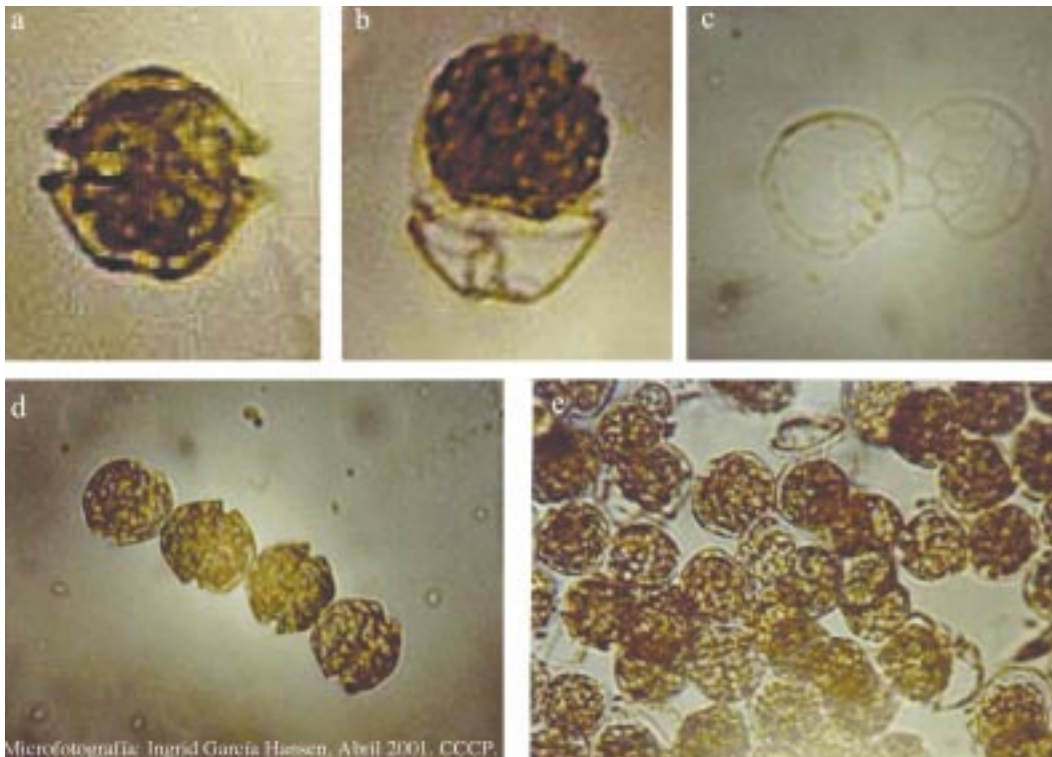


Fig. 2. Microfotografías de *Alexandrium catenella* usando microscopio invertido de luz. a y b) células aisladas, c) placas, derecha placas del epicono e izquierda placas del hipocono, d) cadena formada por cuatro células, e) marea roja conformada por altas densidades de *A. catenella* durante el año 2001.

Fig. 2. Microphotography of *Alexandrium catenella* using light inverted microscope. a y b) isolated cells, c) plates, right epicone plates and left hipocone plates, d) chain of cells, e) red tide made by high densities of *A. catenella* during 2001.

catenella/fundeyense/tamarensis durante los últimos veinte años. Entre algunos de los estudios realizados por el CCCP y el CIOH se encuentran los de Castillo (1983, 1988), Castillo y Vizcaíno (1992), Garcés y Medina (1994), Medina (1997, 1998), García-Hansen (2000, 2001), García-Hansen y Malikov (2003), en donde nunca se ha hecho mención de la presencia de dicha especie en el área. La ausencia histórica de *A. tamarensis* en las muestras de plancton recolectadas en monitoreos en los años previos sugiere que, durante los años recientes, este dinoflagelado ha expandido su distribución geográfica de manera considerable. Esta información debe considerarse como el primer reporte de *A. tamarensis* para el este del Océano Pacífico, con excepción de las costas de Alaska, USA (Scholin 1998).

A pesar de que los dos eventos reportados presentaron muy altas densidades celulares, ocasionando cambios en la coloración del mar y con una permanencia en el área de aproximadamente tres semanas, no se registraron efectos nocivos de intoxicación o muerte sobre los organismos ni la población humana, lo cual pudo deberse, principalmente, a que los eventos se mantuvieron alejados de la costa. La discoloración producida por este tipo de mareas es variada, siendo necesario que las densidades de especies como *A. tamarensis*, *A. catenella* o *A. minutum*, las cuales presentan el mismo patrón de pigmentación (Carreto *et al.* 2000), superen por lo general las $1\ 000 \times 10^3$ céls l^{-1} para que el agua se torne con una discoloración rojo-café y que ésta adquiera una tonalidad rojo-óxido cuando se alcanzan concentraciones de $2\ 000$ a $4\ 000 \times 10^3$ céls l^{-1} . Las altas densidades de *A. tamarensis* encontradas para estos dos eventos de marea roja, sobre todo el registrado durante el año 2001, enmarcarían estas proliferaciones como sucesos de enormes proporciones, si se comparan con las concentraciones reportadas para otras zonas del mundo, en las que esta especie ha sido responsable de proliferaciones nocivas. En 1984 se registró en las Islas Faroe, Noruega, una marea de *A. tamarensis* con una densidad estimada de 107×10^3 céls l^{-1} (Moestrup y Hansen 1988); en 1996

se obtuvo el primer registro en las costas de Brasil con 200×10^3 céls l^{-1} (Persich *et al.* 1998); en Príncipe Rupert, Canadá (Shaw 2000) se encontraron densidades de 3×10^3 a 6×10^3 céls l^{-1} , cantidad suficiente para generar respuesta en el bioensayo de ratón; en un cultivo de salmón en Nueva Escocia, Canadá se registró la mortalidad de cientos de peces relacionada con densidades celulares de *A. tamarensis* de 230×10^3 céls l^{-1} (Cusack *et al.* 2001). En las costas de Argentina se han reportado densidades de 345×10^3 céls l^{-1} (Montoya *et al.* 1996), y recientemente, durante 1998 en Canadá se alcanzaron densidades de 972×10^3 céls l^{-1} (Weise *et al.* 2002). La mayoría de los eventos de marea roja o de toxicidad paralizante (PSP) asociados al género *Alexandrium* son considerados como eventos ocultos ya que casi siempre son superados en número por el resto de la población del plancton, sin embargo, excepcionalmente se presentan reportes de eventos monoespecíficos del género *Alexandrium* en elevadas densidades. El presente reporte, donde la especie en cuestión representa el 99-100 % de la biomasa y con densidades de $1\ 000$ - $7\ 000 \times 10^3$ céls l^{-1} no tiene antecedentes en la literatura.

La presencia de altas densidades de la especie, sin que se manifestaran casos de intoxicación por PSP en el área del Pacífico colombiano, a diferencia de los casos citados anteriormente, puede deberse a que los dos eventos se mantuvieron alejados de la costa y a profundidades mayores donde no había moluscos que contaminar o simplemente no coincidieron con bancos de moluscos bivalvos u otras especies susceptibles; ya que de acuerdo con las estadísticas sugeridas por Cortés-Alamirano (1998) es necesario que la marea tenga una permanencia de más de una semana en el borde costero para que los moluscos bivalvos concentren las toxinas. De igual forma, *A. tamarensis* puede presentarse en variedades bioluminiscentes o no y tóxicas o no, siendo la única especie del complejo que presenta esta característica, ya que tanto *A. catenella* como *A. fundeyense* siempre son tóxicas, pudiendo variar su toxicidad neta (Yentsch *et al.* 1978,

Taylor 1993). Por lo tanto, esta podría haber correspondido a una marea de tipo no tóxico. Algunas variedades de *A. tamarense* registradas en Australia (Hallegraeff 2002), el estuario del Río Tamar, Gran Bretaña (Moestrup y Hansen 1988) y el Golfo de Tailandia (Fukuyo *et al.* 1988) son de este tipo. Asimismo, la toxicidad de esta especie presenta gran variación tanto en condiciones naturales como en el laboratorio, por lo que en algunos casos ha sido posible detectar altos niveles de toxicidad a pesar de que se presente en bajas densidades celulares y viceversa (Sommer 1939).

Es claro que los dos eventos en Colombia estuvieron relacionados con la presencia de bajas temperaturas y altas salinidades en las áreas de observación (la temperatura superficial promedio para la zona oscila entre 27 y 27.5°C y la salinidad superficial promedio entre 30 y 31.5 ups), registrándose para la Ensenada de Tumaco en el año 2001 una disminución de la temperatura subsuperficial, como consecuencia del ascenso de las isoterms de 17 a 19°C hacia la superficie, alcanzando los 20 m de profundidad (estas normalmente se localizan por debajo de los 50 m), obteniéndose un valor de temperatura superficial de 24.6°C; de igual manera, se registró el ascenso de aguas con salinidades altas que oscilaron entre 33 y 34 ups. En el año 2002 se obtuvieron frente a Cabo Corrientes temperaturas superficiales aún menores con valores de 24°C y salinidades altas

de 33.6 ups. Según Cembella *et al.* (1988) ésta especie está asociada con temperaturas bajas, alrededor de los 16°C, aunque también ha sido reportada en aguas más cálidas con temperaturas promedio de 23°C. A pesar de que para el área de estudio, la temperatura a nivel superficial no descendió de 24°C, se puede considerar como una temperatura bastante baja para la zona, pues estuvo de 2 a 3°C por debajo de la normal. Taylor (1993) reporta la presencia de la especie tanto en el Océano Artico como en el Atlántico tropical y el Golfo de Tailandia (Wyatt 2000). Desde 1993 se ha confirmado su introducción en Nueva Zelanda (Chang 1995), siendo ésta la más reciente confirmación de la ampliación de su ámbito geográfico, junto con el reconocimiento de la ampliación de su cobertura en Japón, en donde antes de 1980 se le reportaba únicamente en las costas del Pacífico Norte, siendo actualmente un organismo conspicuo en el suroeste de Japón (Itakura y Yamaguchi 2001). Steidinger y Tangen (1996) describen esta especie como típica de aguas frías y frías a templadas, en las costas y estuarios de Norteamérica, Europa y Japón. Sin embargo, también ha sido observada en aguas más cálidas alrededor del mundo como Australia, Venezuela y el Golfo de Tailandia (Balech 1995, Fukuyo *et al.* 1990, Steidinger y Tangen 1996, Taylor *et al.* 1995) (Cuadro 1).

La temperatura es una variable muy importante para comprender la ecofisiología de

CUADRO 1

Ámbitos de tolerancia de temperatura y salinidad observados en *A. tamarense*, a nivel mundial

TABLE 1
Ranges of temperature and salinity tolerance observed for *A. tamarense* worldwide

LUGAR	TEMPERATURA (°C)	TEMPERATURA OPTIMA (°C)	SALINIDAD	SALINIDAD OPTIMA	REFERENCIA
San Lorenzo, Canadá			26-27		Cembella & Therriault 1989
Bahía Blanca, Argentina			20-34	34	Carreto <i>et al.</i> 1998
Costa de Uruguay	11-15		26-33.5		Méndez <i>et al.</i> 1996
Isla Larga, USA	10-10.8	10	15-28	12-25	Nuzzi & Waters 1993
Korea		15	25-30	25	Su <i>et al.</i> 1993
Pacífico, Colombia	24-24.6	24.6	33-34	33.6	Este trabajo
Taiwán, China	16-33.5	28	5-40	10-35	Su <i>et al.</i> 1993
Golfo de Tailandia	29.5-33	33	19-35	35	Piumsomboon <i>et al.</i> 2000

un alga en la naturaleza ya que afecta procesos biológicos clave, incluyendo la fotosíntesis, actividad enzimática y la respiración. Además, la temperatura regula la germinación, proceso muy importante dentro de la historia natural del género *Alexandrium*. Como se ha mencionado, *A. tamarense* es considerada una especie templada y raramente prolifera a temperaturas superiores a 18°C a pesar de que como se ha visto, algunos reportes contrastan con esta aseveración (Cuadro 1). Observaciones realizadas en el laboratorio y en el campo (Anderson 1999, Itakura y Yamaguchi 2001) han demostrado que *A. tamarense* tiene un ámbito óptimo o ventana de temperatura, durante la cuál se favorece la germinación. Fuera de esta ventana de temperatura, aún los quistes maduros no germinan. A 10-16.5°C germina el 50% de los quistes, entre 14.6-23.9°C la tasa de germinación varía del 0 al 40% y a temperaturas superiores a 24°C la tasa de germinación es 0%. *A. tamarense* tiene una ventana de temperatura de 10-15°C. A elevadas temperaturas, una reducida tasa de germinación produce un inóculo inapropiado en la columna de agua y el evento no prospera. Adicionalmente, Chao y Lee (2001) demostraron con cepas obtenidas de la misma zona geográfica, que las cepas que germinan y proliferan a menor temperatura son más tóxicas que las que lo hacen a mayor temperatura, lo que pudiera presentar una explicación alternativa a la ausencia de toxicidad en los eventos observados en Colombia

Según las observaciones anteriores, es posible pensar que *A. tamarense* corresponde a una especie introducida en el área, que ha logrado aprovechar la presencia de aguas relacionadas con fenómenos de surgencia locales. Esta especie es comúnmente reportada como formadora de mareas rojas en Japón (Fukuyo *et al.* 1985), Europa (Moestrup y Hansen 1988), y costa NE de América del Norte (Nueva Inglaterra y Canadá) (Bicknell y Walsh 1975, Loeblich y Loeblich 1975). Algunas de las zonas en las que se ha evidenciado un incremento tanto en la aparición como en la abundancia de *A. tamarense* durante los últimos años son: Argentina, Chile (Carreto *et al.*

1985), Uruguay (Méndez *et al.* 1993) y Brasil (Persich *et al.* 1998). La expansión geográfica de *A. tamarense* en las costas suramericanas se advirtió luego de una intensa marea roja de este organismo observada en Argentina en 1980, en la que se alcanzaron niveles de PSP extremadamente elevados y que siguen siendo los mayores del mundo (hasta 127 200 µg de ST-Xeq/100 g). Esta situación produjo un gran impacto social y económico sobre la región y afectó a la salud pública causando varias muertes y numerosas intoxicaciones (Carreto 2001).

Aunque la ruta usual de intoxicación por PSP es a través del consumo de mariscos contaminados, también es posible relacionar eventos de discoloraciones producidos por *A. tamarense*, con la muerte masiva de peces, tal es el caso del arenque del Atlántico en Bahía Fundy, Canadá (White 1981), la trucha arco-iris y el salmón en las islas Faroe, Noruega (Mortensen 1985), larvas de caballa y anchoíta en Argentina (Carreto *et al.* 2001), entre otras. Hayashi *et al.* (1982) atribuye la muerte de peces a la acumulación de toxinas en la cadena trófica (los peces se alimentan de zooplankton contaminado con PSP y mueren). Por tal motivo es de gran relevancia que en Colombia se de la suficiente importancia al estudio y seguimiento de eventos de este tipo pues podrían traer consecuencias fatales no solo en la pérdida de vidas humanas sino en la economía del país.

Es importante que en el Pacífico colombiano se siga manteniendo un monitoreo continuo, pues el hecho de que estas mareas hayan sido producidas, durante dos años consecutivos, por *A. tamarense*, una especie altamente tóxica, hace pensar que el evento puede repetirse una vez más. Hacia el futuro, se hace necesario contar con la creación de un Plan Nacional para la detección de proliferaciones de algas nocivas en Colombia.

AGRADECIMIENTOS

A Yolanda Hornelas Orozco su asistencia en la toma de microfotografías electrónicas de barrido. El desarrollo de estas observaciones

no habría sido posible sin el apoyo logístico y financiero del Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) de la Dirección General Marítima (DIMAR), y de la colaboración y valioso apoyo de personas como Luis Alfonso Vidal de la Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano y de Mario Palacios de la Dirección de Litorales e Investigación Marina de la DIMAR-Armada Nacional.

RESUMEN

El 26 de marzo de 2001 se registró por primera vez en las aguas del Pacífico colombiano, en el área de la Ensenada de Tumaco, la aparición de una marea roja producida por la especie *Alexandrium tamarense* con valores que superaron las 7.5×10^6 céls l^{-1} , la marea se mantuvo hacia la región oceánica, derivando en sentido sur-norte por efecto de las corrientes, hasta ser vista por última vez cerca a la Isla Gorgona, casi tres semanas después. Un año más tarde, en marzo de 2002, una segunda proliferación, conformada por la misma especie, se reportó cerca de Cabo Corrientes con una concentración de 1.6×10^6 céls l^{-1} . Ambos casos estuvieron relacionados con la presencia de bajas temperaturas en la superficie del mar y no estuvieron asociadas con fenómenos de intoxicación y mortalidad.

REFERENCIAS

- Alvarez-León, R. 1999. Tres brotes de ictiosarcotoxicosis por ingestión de *Sphyraena barracuda* (Walbaum) y *Seriola zonata* (Mitchill) en el Caribe de Colombia. *Biomédica* 19: 35-38.
- Anderson, D.M. 1998. Physiology and bloom dynamics of toxic *Alexandrium* species, with emphasis on life cycle transitions, pp. 29-48. *In* D.M. Anderson, A.D. Cembella & G.M. Hallegraeff (eds.). *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. Springer, Heidelberg.
- Arias, F.A. & J.C. Durán. 1982. Variación anual de fitoplancton en la Bahía de Cartagena para 1980. Tesis profesional, Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 80 p.
- Balech, E. 1995. The Genus *Alexandrium* Halim (Dinoflagellata), Sherkin Island Marine Station, Ireland. pp. 151.
- Bakun, A., J. Csirke, D. Lluch-Belda & R. Steer-Ruíz. 1999. The Pacific Central American Coastal LME, pp. 268-280. *In* K. Sherman & Q. Tang (eds.). *Large marine ecosystems of the Pacific Rim: Assessment, sustainability, and management*. Blackwell Science, Oxford.
- Bicknell, W.J. & D.C. Walsh. 1975. The first "red tide" recorded in Massachusetts history: managing an acute and unexpected public health emergency, pp. 447-458. *In* V.R. LoCicero (ed.). *Proc. First Int. Conf. Toxic Dinoflagellate Blooms*, Massachusetts Sci. Tech. Found., Wakefield.
- Botero, L., J.E. Mancera, L.A. Vidal, A. Santos, G. Ramírez, M.L. Fontalvo, L.F. Espinosa, W. Troncoso, E. Viloria & J.G. Salazar. 1995. Informe sobre la mortandad masiva de peces ocurrida en el complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano, pp.1-13. *In* L. Botero & J.E. Mancera (eds.). *Estudio Ecológico de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Delta Exterior del Río Magdalena. 3ª Etapa. INVEMAR-Prog. Lagunas Costeras. Santa Marta (Mag.). Vol. 1, Informe Final, Bogota.*
- Bula, G. 1985. Florecimientos nocivos de algas verde-azules en dos lagunas del departamento del Magdalena. *Ingen. Pesq.* 5: 88-89.
- Camacho, G. & R. Pineda. 1999. Datos oceanográficos del Crucero PACÍFICO XXI-ERFEN XXVII. Mayo/98. Buque ARC Malpelo. Armada Nacional. Dirección General Marítima. Centro Control Contaminación del Pacífico. San Andrés de Tumaco. *Inf. Técnico.* 38 p.
- Carreto, J.I. 2001. Mareas rojas. Una visión actual de la problemática en el mar argentino. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). Argentina. *Inf. Técnico* 068. 11 p.
- Carreto, J.I., R.M. Negri, H.R. Benavides & R. Akselman. 1985. Toxic dinoflagellate blooms in the Argentine Sea, pp. 147-152. *In* D.M. Anderson, A. White & D. Baden (eds.). *Toxic Dinoflagellates*. Elsevier.
- Carreto, J.I., N.G. Montoya, A.D. Cucchi Colleoni & R. Akselman. 1998. *Alexandrium tamarense* blooms and shellfish toxicity in the Argentine sea: a retrospective view, pp. 131-134. *In* B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernández & T. Wyatt (eds.). *Harmful Algae. Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Santiago de Compostela.*
- Carreto, J.I., M.O. Carignan & N.G. Montoya. 2000. Comparative studies on mycosporine-like amino acids, paralytic shellfish toxins and pigment profiles of the toxic dinoflagellates *Alexandrium tamarense*, *A. catenella* and *A. minutum*. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). Mar del Plata. Argentina.
- Castillo, F. & Z. Vizcaíno. 1992. Los indicadores biológicos del fitoplancton y su relación con el fenómeno de El Niño 1991-1992 en el Pacífico colombiano. *Bol. Cient. CIOH* 8: 13-22.

- Castillo, F. 1983. Fitoplancton en el Pacífico colombiano como indicador de masa de agua ERFEN V. Fase II. Proyecto ERFEN. CIOH. Inf. Técnico. 45 p.
- Castillo, F. 1988. Dinoflagelados del Pacífico colombiano como aporte al estudio del Fenómeno de El Niño Cruceros ERFEN VIII-IX. Proyecto ERFEN. CIOH. Inf. Técnico. 63 p.
- Cembella, A.D., J.C. Therriault & P. Beland 1988. Toxicity of cultured isolates and natural populations of *Protogonyaulax tamarensis* from the St. Lawrence estuary. *J. Shellfish Res.* 7: 611-621.
- Cembella, A.D., J.C. Therriault. 1989. Population dynamics and toxin composition of *Protogonyaulax tamarensis* from St. Lawrence estuary, pp. 81-88. *In* T. Okaichi, D.M. Anderson & T. Nemoto (eds.). *Red Tides: Biology, Environmental Science and Toxicology*. Elsevier, Amsterdam.
- Chang, F.H. 1995. The first records of *Gymnodinium* sp. nov. (*cf. breve*) (Dinophyceae) and other harmful phytoplankton species in the early 1993 blooms in New Zealand, pp. 27-32. *In* P. Lassus, G. Arzul, E. Erard-Le Denn, P. Gentien & C. Marcaillou-Le Baut (eds.). *Harmful Marine Algal Blooms. Technique et Documentation-Lavoisier*, Paris.
- Chao, E.S. & H.J. Lee. 2001. Tecal plates, toxin content and growth of five clones of *Alexandrium tamarense* (Dinophyceae) isolated from Jinhae Bay, Korea. *Phycologia* 40: 435-439.
- Cortés-Altamirano, R. 1998. Las Mareas Rojas. AGT. México D.F., México. 161 p.
- Cusack, R.R., C.E. Carver, H.W. Ferguson, A.D. Cembella, M.A. Quilliam & J. Jellett. 2001. Mortality of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Associated with *Alexandrium tamarense*, the Marine Dinoflagellate Responsible for Paralytic Shellfish Poisoning. *Fish Health Management*. Canada.
- Forsbergh, E. 1969. Estudio sobre la climatología, oceanografía y pesquerías del Panamá Bight. *Comisión Interamericana del Atún Tropical* 14: 49-364.
- Fukuyo, Y., H. Takano, M. Chihara & K. Matsuoka. 1990. Red Tide Organisms in Japan. An Illustrated Taxonomic Guide. Uchida Rokakuho, Tokyo. pp. 407.
- Fukuyo, Y., K. Yoshida & H. Inoue 1985. *Protogonyaulax* in Japanese coastal waters, pp. 27-32. *In* D.M. Anderson, A.W. White & D.G. Baden (eds.). *Toxic Dinoflagellates*, Elsevier, New York.
- Fukuyo, Y., P. Pholpunthin & K. Yoshida 1988. *Protogonyaulax* (Dinophyceae) in the Gulf of Thailand. *Bull. Plank. Soc. Jap.* 35: 9-20.
- Garcés, L. & L. Medina. 1994. Indicadores Biológicos ERFEN costero 1994. Proyecto ERFEN. Centro Control Contaminación del Pacífico-CCCP. Tumaco (Nariño). Inf. Técnico. 75 p.
- Garcés, L. & L. Medina. 1997. Evaluación de las especies fitoplanctónicas reportadas como indicadores biológicos para el fenómeno del Niño en el Pacífico colombiano. Cruceros ERFEN 1978-1994. Tesis de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- García-Hansen, I. & I. Malikov. 2003. Comportamiento de diatomeas y dinoflagelados en la Ensenada de Tumaco bajo la influencia de las épocas climáticas durante el período 1995-2000. *Bol. Cient. CCCP* 9.
- García-Hansen, I. 2000. El fitoplancton como indicador del Fenómeno de El Niño. *Bol. Dinámica CCCP* 2: 9-12.
- García-Hansen, I. 2001. Efectos de los fenómenos "El Niño" y "La Niña" sobre las comunidades de fitoplancton en la Ensenada de Tumaco, 1997-2000. *Bol. Cient. CCCP* 8: 15-21.
- Hallegraef, G.M. 2002. *Aquaculturists Guide to Harmful Australian Microalgae*. Fishing Industry Training Board of Tasmania/CSIRO Division of Fisheries, Hobart. pp. 111.
- Hayashi, T., Y. Shimizu & A.W. White. 1982. Toxin profile of herbivorous zooplankton during a *Gonyaulax* bloom in the Bay of Fundy. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 48: 1673.
- Itakura, S. & M. Yamaguchi. 2001. Germination characteristics of naturally occurring cysts of *Alexandrium tamarense* (Dinophyceae) in Hiroshima Bay, Inland Sea of Japan. *Phycologia* 40: 263-267.
- Loeblich, L.A. & A.R. Loeblich III 1975. The organism causing New England red tides: *Gonyaulax excavata*, pp. 207-224. *In* V.R. LoCicero (ed.). *Proc. First Int. Conf. Toxic Dinoflagellate Blooms*, Massachusetts Sci. Tech. Found., Wakefield.
- Macera, J.E. & L.A. Vidal. 1995. Florecimiento de microalgas relacionado con la mortalidad masiva de peces en el complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *An. Inst. Invest. Mar. Punta de Betín* 23: 103-117.
- Maldonado, J. 1978. Observaciones realizadas sobre el fenómeno de marea roja presentado en aguas del Pacífico colombiano, los meses de julio a septiembre de 1976. *INDEREN Rev. Divulg. Pesq.* 12: 1-18.
- Medina, L. 1997. Comportamiento del fitoplancton en el área del Pacífico colombiano, años 1995-1997. *Bol. Cient. CCCP* 6: 95-108.

- Medina, L. 1998. Cambios en la composición y abundancia de la comunidad microalgal del Pacífico colombiano, en relación con el evento El Niño 97-98. Bol. Cient. CCCP 7: 58-66.
- Méndez, S., A. Brazeiro, G. Ferrari, D. Medina & G. Inocente. 1993. Mareas rojas en el Uruguay - Programa de control y actualización de resultados. Instituto Nacional de Pesca. Inf. Téc. 46.
- Méndez, S., D. Severov, G. Ferrari & C. Mesones. 1996. Early spring *Alexandrium tamarense* blooms in Uruguayan waters, pp. 113-116. In T. Yasumoto, Y. Oshima & Y. Fukuyo (eds.). Harmful and Toxic Algal Blooms. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. Paris.
- Mercado, J.E. 1971. Inventario preliminar de la flora y la fauna de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Proy. Desar. Pesca Marit. Colombia (INDERENA-PNUD-FAO) CIP, Cartagena. 8 p.
- Moestrup, O. & P.J. Hansen 1988. On the occurrence of the potentially toxic dinoflagellates *Alexandrium tamarense* (= *Gonyaulax excavata*) and *A. ostenfeldii* in Danish and Faroese waters. Ophelia 28: 195-213.
- Montealegre, E. & J. Zea. 1994. Estudio sobre el fenómeno "El Niño". Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras-HIMAT. Bogotá. 42 p.
- Montoya, N.G., R. Akselman, J. Franco & J.I. Carreto. 1996. Paralytic shellfish toxins and mackerel (*Scomber japonicum*) mortality in the Argentine sea, pp. 417-420. In T. Yasumoto, Y. Oshima & Y. Fukuyo (eds.). Harmful and Toxic Algal Blooms. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris.
- Mortensen, A.M. 1985. Massive fish mortalities in the Faroe Islands caused by a *Gonyaulax excavata* red tide, pp. 165-170. In D.M. Anderson, A.W. White & D.G. Baden (eds.). Toxic Dinoflagellates, Elsevier, New York.
- Nuzzi, R. & R.M. Waters. 1993. The occurrence of PSP in Long Island, New York, USA, pp. 305-310. In T.J. Smayda & Y. Shimizu (eds.). Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, Elsevier, The Netherlands.
- Persich, G.R., V.M.T. Garcia & C. Odebrecht. 1998. Microalgas potencialmente nocivas na costa do Rio Grande do Sul. Departamento de oceanografía, Fundação Universidade do Rio Grande (FURG), Brasil.
- Piumsonboon, A., C. Songroop, A. Kungsuan & P. Polpunthin. 2001. Species of the dinoflagellate genus *Alexandrium* (Gonyaucales) in the Gulf of Thailand, pp. 12-15. In G.M. Hallegraeff, S.I. Blackburn, C.J. Bolch & R.J. Lewis (eds.). Harmful Algal Blooms 2000, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris.
- Scholín, C.A. 1998. Morphological, genetic, and biogeographic relationships of the toxic dinoflagellates *Alexandrium tamarense*, *A. catenella*, and *A. fundyense*, pp. 13-27. In D.M. Anderson, A.D. Cembella & G.M. Hallegraeff (eds.). Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms. Springer, Heidelberg.
- Shaw, B.A. 2000. Northcoast Plankton Identification and Monitoring Program. Northwest Community College. Canadá. 4 p.
- Sommer, H. 1939. Marine plankton and paralytic shellfish poisoning. Pacific Sci. Congress. Proc. 6th 5: 415-416.
- Steidinger, K.A. & K. Tangen. 1997. Dinoflagellates, pp. 387-584. In C.R. Tomas (ed.). Identifying Marine Phytoplankton, Academic Press, New York.
- Su, H.M., Y.M. Chiang & I.C.H. Liao. 1993. Role of temperature, salinity and ammonia on the occurrence of the taiwanese strain of *Alexandrium tamarense*, pp. 837-842. In T.J. Smayda & Y. Shimizu (eds.). Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, Elsevier, The Netherlands.
- Taylor, J.F.R. 1993. The species problem and its impact on phytoplankton studies, pp. 81-86. In T.J.S. Smayda & Y. Shimizu (eds.). Toxic phytoplankton blooms in the sea. Elsevier, The Netherlands.
- Taylor, F.J.R., Y. Fukuyo & J. Larsen 1995. Taxonomy of harmful dinoflagellates, pp. 283-317. In G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson & A.D. Cembella (eds.). Manual on Harmful Marine Microalgae, IOC Manuals and Guides No. 33. UNESCO, France.
- Vidal, L.A. & C. Carbonell. 1977. Diatomeas y dinoflagelados de la Bahía de Cartagena. Tesis profesional. Facultad de Ciencias del Mar de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 718 p.
- Weise, A.M., M. Lévassieur, F.J. Saucier, S. Senneville, E. Bonneau, S. Roy, G. Sauvé, S. Michaud & J. Fauchot. 2002. The link between precipitation, river runoff, and blooms of the toxic dinoflagellate *Alexandrium tamarense* in the St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 464-473.
- White, A.W. 1981. Marine zooplankton can accumulate and retain dinoflagellate toxins and cause fish kills. Limnol. Oceanogr. 26: 103-109.
- Wyatt, T. 2000. Tasmanian delights. Harmful Algae News. 20: 5-7.
- Yentsch, C.M., B. Dale & J.W. Hurst. 1978. Coexistence of toxic and nontoxic dinoflagellates resembling *Gonyaulax tamarensis* in New England coastal waters (NW Atlantic). J. Phycol. 14: 330.