

COMUNICACIÓN BREVE

**Marea roja producida por *Lingulodinium polyedrum*
(Peridinales, Dinophyceae) en Bahía Culebra,
Golfo de Papagayo, Costa Rica**

Alvaro Morales-Ramírez¹, Roxana Víquez², Karina Rodríguez³ y Maribel Vargas⁴

¹Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología CIMAR y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica. Correo electrónico: amorales@cariari.ucr.ac.cr; ² Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia; ³Programa Regional de Posgrado en Biología, Universidad de Costa Rica; ⁴ Unidad de Microscopía Electrónica, Universidad de Costa Rica.

(Recibido 02-VII-2001. Revisado 27-X-2001. Aceptado 02-XI-2001)

Abstract: This is the first record of the dinoflagellate *Lingulodinium polyedrum* in a red tide bloom in the North Pacific coast of Costa Rica. The sample was collected on April 2000 at Culebra Bay, Gulf of Papagayo, from a patch of approximately 2000 m², which produced a red discoloration of the water and a peculiar strong odor. This species produces spherical hypnocysts that may remain for decades when dark or anoxic conditions are present; *L. polyedrum* had been associated with the production of paralyzing toxins such as saxitoxins and yessotoxins. A second smaller patch was observed close Panama beach, into the bay, where we found seven puffer fish (Diodontidae) and two lobsters dead in the sand. It is important to develop a monitoring program to identify seasonal behavior of this species and ameliorate its impact on coastal human communities.

Key words: Red tide, dinoflagellates, *Lingulodinium polyedrum*, Culebra Bay, Pacific coast, Costa Rica.

Las explosiones poblacionales o "floraciones" de microalgas son un rasgo característico de áreas marino-costeras (Gocke *et al.* 1990). Dentro de estos fenómenos, las mareas rojas se presentan comúnmente en áreas subtropicales y tropicales (Estrada 1986) y se caracterizan por un aumento en el número de dinoflagelados. Esa proliferación masiva de microorganismos puede ser nociva en el tanto que las especies involucradas produzcan toxinas. Tales toxinas pueden ocasionar la muerte de calamares y bivalvos, así como también el envenenamiento o muerte de seres humanos, mamíferos marinos, aves marinas y peces (Anderson y White 1992, Steindiger 1993). En este último caso, los peces pueden verse

también afectados por medio de un transporte vectorial de las toxinas de los dinoflagelados a niveles superiores del sistema pelágico mediante el zooplancton (Tester *et al.* 2000), sin haber estado en contacto directo con las toxinas. Existen entre 1744 - 2110 especies de dinoflagelados con 53 tóxicas reconocidas (Cortés y Luna 1998), dentro de las cuales los géneros *Gonyaulax* y *Gymnodinium* cuentan con un número importante de especies formadoras de mareas rojas tóxicas (Smayda y Shimizu 1993). Otro de los géneros importantes es *Lingulodinium* (= *Gonyaulax*), de distribución vasta, principalmente en mares cálidos, el cual es fuertemente luminiscente (Balech 1988). En Costa Rica estos géneros han sido reporta-

dos previamente (Hargraves y Viquez 1981, 1985) y asociados con eventos de mareas rojas en el Golfo de Nicoya, donde *Cochlodinium catenatum* es el responsable más frecuente de estas mareas. No obstante, periódicamente, se producen floraciones de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (Mata *et al.* 1990) y de *Gymnodinium catenatum* (Viquez y Hargraves 1995).

El objetivo de este trabajo es informar la presencia de *Lingulodinium polyedrum* por primera vez en Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, en el pacífico norte de Costa Rica, el cual es un sistema semicerrado con una superficie de 42 km². Junto con el Golfo de Tehuantepec y el Golfo de Panamá, este golfo forma parte de los tres sistemas de "surgencia" o afloramientos costeros de aguas frías en el Pacífico Oriental Tropical, y quizá es el segundo más intenso en la región (Jiménez 1998).

El 15 de abril del 2000 se observó una coloración rojiza de aproximadamente unos 2000 m² ubicado a 10° 36'59"N, 45°28'53"W. Se recolectó una muestra de 500 ml que se fijó en formalina al 2%. No se observaron peces ni otros organismos de talla visible, pero sí un olor desagradable. La coloración podía ser limitada con exactitud a nivel superficial, por el tono rojizo en el agua y, según buceadores de la zona, se encontraba hasta 2 m de profundidad.

Para la observación en el microscopio de barrido, la muestra se lavó con detergente no iónico Nonidet P-40 (SIGMA) para eliminar la materia orgánica. A un mililitro de muestra se le agregó 15 µL de detergente puro; se mantuvo en agitación suave durante 10 minutos y se lavó 5 veces con agua destilada, centrifugando a 3000 rpm durante 5 minutos en cada caso, con el fin de eliminar el detergente. Posteriormente, la muestra se montó sobre un portaobjetos con membrana de poli-L-lisina durante 1 hora a 4°C; se secó en una estufa a 50°C y se colocó sobre una base de metal utilizando cinta adhesiva de doble cara. Se le colocaron puentes de plata, con el fin de mejorar la conductividad en el microscopio electrónico; se cubrió en un cobertor iónico (GIKO IB-3), con una capa de 30 nm de grosor de oro-paladio. La muestra se observó al microscopio electrónico Hitachi modelo S-2360N con un voltaje de aceleración de 15 KV.

El organismo más abundante (sin calcular concentraciones) en la muestra fue el dinoflagelado tecado *Lingulodinium polyedrum* (Stein) Dodge (Syn. *Gonyaulax polyedra* Stein 1883). Se caracteriza por su forma poliédrica (Fig. 1A, B y C), con suturas aladas entre las placas sin espinas antiapicales. El cingulo es poco excavado y descendente uno o dos anchos, sin entrecruzamiento. La teca es gruesa, reticulada, con poros evidentes, las placas son 4', 2a, 6", 6"', 1p, 1''' la cuarta apical muy pequeña, casi imperceptible al microscopio fotónico. El núcleo es central, con forma de U. Presenta cloroplastos pardo-rojizos.

Dimensiones: 40 µm de ancho por 35 µm de alto. El contorno celular y las alas en las suturas y singulares lo asemejan a *Goniodoma polyedricum* y a *Pyrodinium bahamense*. De *G. polyedricum* se distingue porque en esta especie el poro apical es menos elevado, el sulcus ocupa alrededor de 1/3 del largo y las placas son 3', 0a, 7", 5", 2p, 1'''. Se distingue de *P. bahamense* porque en este, el poro apical se eleva en un pequeño cono, generalmente forma cadenas y las células solitarias y las terminales en la cadena presentan espinas antiapicales que son proyección de las placas sulcales. Las tres especies comparten el tipo de hábitat: nerítico, tropical a subtropical.

Produce hipnoquistes (quiste *Histrichosphaeridium machaeophorum* Deflandre et Cookson 1955, syn. *Lingulodinium machaeophorum* (Deflandre et Cookson) Wall 1967) esféricos, la germinación produce un gran arqueopilo por lo que puede parecer hemisférico, de 35-50 µm de diámetro, incoloro y transparente, los procesos son intratabulares, de forma variable, bulbosos o acuminados con extremo distal cerrado (Matsuoka y Fukuyo 1995). Es parecido al quiste de *Pyrodinium bahamense*. La principal diferencia está en los procesos que, en este último, son cilíndricos o tubiformes, más delicados y más cortos. Los hipnoquistes de *L. polyedrum* no germinan en la oscuridad o en condiciones de anoxia (Anderson *et al.* 1987) por lo que pueden permanecer latentes por décadas mientras esas condiciones se mantengan. Requieren de un largo tiempo de maduración (Anderson *et al.* 1987) por lo que son susceptibles de ser enterrados en los sedimentos antes de germinar. No obstante, en un hábitat

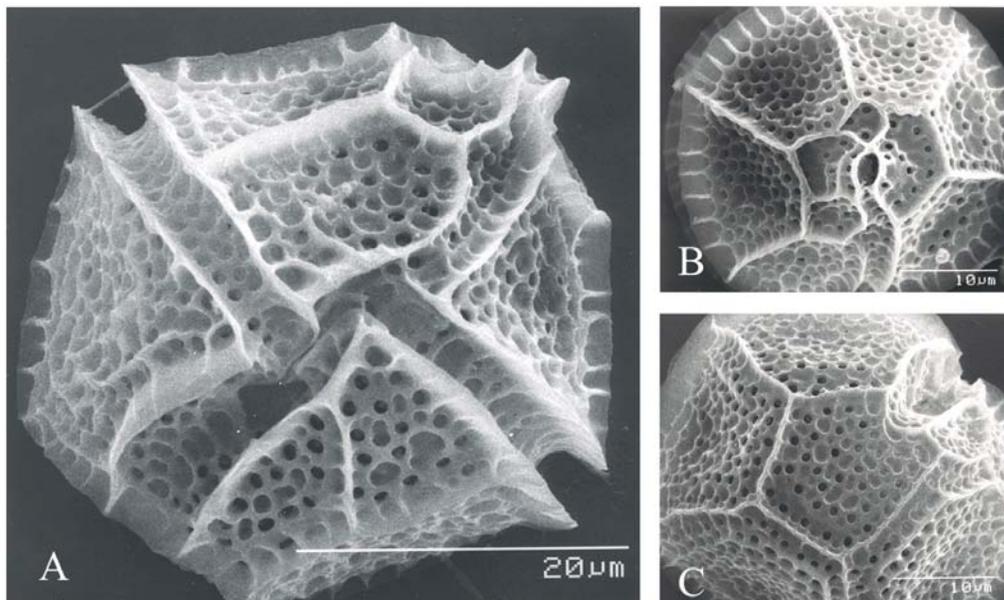


Fig. 1. *Lingulodinium polyedrum* SEM. A. Vista ventral. B. Vista apical C. Vista antiapical.

como Bahía Culebra, con una columna de agua poco profunda (aprox. 20 m) con surgencia periódica, esta estrategia resulta beneficiosa porque unos pocos días de turbulencia serían suficientes para resuspender los hipnoquistes (y nutrientes) y mantenerlos en la zona fótica durante el tiempo necesario para que germinen. En este sentido, serían mejores competidores que las especies con tiempos de maduración cortos o que germinan en la oscuridad, porque la germinación podría ocurrir en momentos en que las concentraciones de nutrientes no sean tan altas como para sostener la división celular durante el tiempo necesario para producir un aumento aceptable en el número de células y, seguidamente, entrar en el ciclo sexual. Las áreas de acumulación de quistes constituyen los semilleros con los que se inoculará futuras floraciones. En el caso de *L. polyedrum*, aunque se le ha detectado una baja tasa de germinación (Anderson *et al.* 1987) se ha estimado que el 2% de germinación en un semillero será suficiente para iniciar una floración (Lewis *et al.* 1985). Esta especie produce amplias "floraciones" que se extienden desde Baja California hasta Bahía de Monterrey (Kudela y Cochlan 2000) después de que, tras un período de rápida circulación y aflora-

miento, la columna se estratifica y se forma una delgada capa de mezcla (Thomas y Gibson 1990); condiciones semejantes podrían ocurrir en Bahía Culebra.

L. polyedrum ha sido asociado con la producción de toxinas paralizantes como saxitoxinas (Bruno *et al.* 1990), yessotoxinas (Yasumoto y Satake 1998) e ictiotoxinas (Belin *et al.* 1995) sin embargo, otros autores (aunque en muchos casos no se hizo determinación de toxinas) indican que no hubo toxicidad asociada a la "floración" (Palma *et al.* 2000)

En Bahía Culebra se observó el mismo día otra coloración de menor dimensión, cerca de Playa Panamá, uno de los lugares más visitados por los bañistas. Se vio al menos siete peces de familia Diodontidae y dos langostas muertas. Aunque no se puede establecer la relación directa con la marea roja, sí es notorio que esto no se observa con frecuencia en esta playa. Según los pobladores, cada 4 o 5 años se repite este tipo de fenómeno, tiempo durante el cual dejan de consumir los mariscos de la zona. Por otra parte, Guzmán *et al.* (1990) reportaron una alta mortalidad de peces e invertebrados, especialmente corales, durante "afloramientos" de microalgas en la isla del Caño, del pacífico costarricense.

Desde noviembre del año 2000 el país se ha visto afectado por varios fenómenos de marea roja en la costa del pacífico, que se han extendido desde el Golfo de Papagayo, en el norte, hasta el Golfo Dulce en el sur, y donde se han determinaron niveles de toxicidad superiores a las 10,000 unidades ratón/ 100g de carne. Esta toxicidad es atribuida a *Pyrodinium bahamense* var *compressum*, en bivalvos, especialmente en *Spondylus calcifer*, *Grandiarca grandis* y *Anadara tuberculosa*. Lo anterior ha obligado a las autoridades del Instituto Costarricense de Pesca (INCOPECA) a decretar una veda en el consumo de bivalvos. *Lingulodinium polyedrum* ha sido, generalmente, un componente menor en las "floraciones" causantes de la veda en bivalvos para nuestra costa, y aunque las comunidades arrecifales de Bahía Culebra parecen no estar siendo afectadas por estos eventos (Anderson y Cortés, com. pers.), el efecto potencial que podría tener esta especie en Bahía Culebra, y en especial sobre la ictiofauna, no debe de ser desestimado. Es importante mantener programas de monitoreo que nos permitan mitigar el efecto socioeconómico que causan las mareas rojas, ya que una parte importante de las poblaciones costeras explotan los bivalvos para su subsistencia. Determinar la ubicación de los lechos de hipnoquistes, si existen en la bahía y la variación estacional de los factores ambientales que influyen sobre la germinación en las áreas de semillero permitiría entender el comportamiento estacional de esta especie y conocer de los sitios de inicio y de la densidad potencial que tales "floraciones" podrían alcanzar.

RESUMEN

Este es el primer registro del dinoflagelado *Lingulodinium polyedrum* en una marea roja en la costa del pacífico norte de Costa Rica. La muestra fue recolectada en abril del 2000 en Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, de un "parche" de aproximadamente 2000 m², la cual produjo una coloración roja del agua. Esta especie produce hipnoquistes esféricos que podrían ser retenidos por décadas cuando se presentan condiciones anóxicas o de oscuridad. *L. polyedrum* ha sido asociado con la produc-

ción de toxinas paralizantes tales como saxitoxinas y yesotoxinas. Un segundo "parche" más pequeño fue observado cerca de playa Panamá, dentro de la bahía, donde se encontró siete peces puercoespín (Diodontidae) y dos langostas muertas en la arena. Es importante desarrollar un programa de monitoreo para identificar el comportamiento estacional de esta especie y aminorar su impacto sobre las comunidades humanas en la costa.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación se realiza en el marco del proyecto 808-99-236 (AMR) financiado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. Los autores agradecen a Esteban Estrada su ayuda en el trabajo de campo y las observaciones de tres revisores.

REFERENCIAS

- Anderson, D.M., C.D. Taylor & E.V. Armbrust. 1987. The effects of darkness and anaerobiosis on dinoflagellate cyst germination. *Limnol. Oceanogr.* 32(2): 340-351.
- Anderson, D.M. & A.W. White. 1992. Toxic dinoflagellates and marine mammal mortalities. Tech. Report WHOI - 89-36. Woods Hole Oceanographic Institution. pp. 1-65.
- Balech, E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publicaciones Especiales, Instituto Español de Oceanografía. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. 310 pp.
- Belin, C., B. Bellaeff, B. Raffin, M. Rabla & F. Ibañez. 1995. Phytoplankton time series data of the french phytoplankton monitoring network: toxic and dominant species. p. 771-776. In: P. Lassus, G. Arzul, E. Errad-Le Denn, P. Gentien & C. Marcaillou-Le Vaut (eds). Harmful Marine Algal Blooms. Lavoisier. New York.
- Bruno, M., P.M.B. Gucci, E. Prerdominici, A. Isoppolo & L. Volterra. 1990. Presence of saxitoxin in toxic extract from *Gonyaulax polyedra*. *Toxicon* 28: 1113-1116.
- Cortés-Altamirano, R. & R. Soria-Luna. 1998. Lista mundial de microalgas responsables de florecimientos, mareas rojas y tóxicas. p. 141-153. In: R. Cortés-Altamirano (Ed.). Las Mareas Rojas. ATG Editor S.A. D.F., México.
- Estrada, M. 1986. Mareas Rojas. Inf. Tec. Inst. Pesq. Barcelona. 132: 16 p.
- Gocke, K., J. Cortés & C. Villalobos. 1990. Effects of red tides on oxygen concentration and distribution in the

- Golfo of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 38(2b): 401-407.
- Guzmán, H., J. Cortés, R. Richmond & P. Glynn. 1990. Coral mortality associated with dinoflagellate blooms in the eastern Pacific (Costa Rica and Panama). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 60: 299-303.
- Hargraves, P.E. & R. Viquez. 1981. The dinoflagellate red tide in Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 29: 31-38.
- Hargraves, P.E. & R. Viquez. 1985. Spatial and temporal distribution of phytoplankton in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Bull. Mar. Sci.* 37: 577-585.
- Jiménez, C. 1998. Arrecifes y comunidades coralinas de Bahía Culebra, Pacifico Norte de Costa Rica, Golfo de Papagayo. M.Sc. Tesis, Universidad de Costa Rica. 218 p.
- Kudela, R. M. & W. P. Cochlan. 2000. Nitrogen and carbon uptake kinetics and the influence of irradiance for a red tide bloom off southern California. *Aquat. Microb. Ecol.* 21: 31-47.
- Lewis, J., P. Tett & J.D. Dodge. 1985. The cyst-theca cycle of *Gonyaulax polyedra* (*Lingulodinium machaerophorum*) in Creran, a Scottish West coast sea-loch. p: 85-90. *In:* D.M. Anderson, C.D. White & C. Baden (eds). *Toxic dinoflagellates*. Elsevier. New York.
- Mata, L., G. Abarca, L. Marranghello & R. Viquez. 1990. Intoxicación paralítica por mariscos (IPM) por *Spondylus calcifer* contaminado con *Pyrodinium bahamense*, Costa Rica, 1989-1990. *Rev. Biol. Trop.* 38(1): 129-136.
- Martsuoka K. & Y. Fukuyo. 1995. Taxonomy of cysts. p. 381-401. *In:* Hallegraeff, D.M. Anderson and Cembella (eds). *Manual on Harmful Marine Microalgae*. UNESCO Manuals and Guides 33.
- Palma, A. S., A. A. Ferreira, M. A. Sampayo, M. T. Moital & T. Rosa. 2000. On a *Lingulodinium polyedra* bloom in the Setúbal Bay, Portugal. MATINET (en línea) http://www.utas.edu.au/docs/plant_science/HAB2000/index.html (Fecha de consulta 13 junio, 2000).
- Smayda, T. & Y. Shimizu. 1993. Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Proceedings of the Fifth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton, Newport, Rhode Island, 28 October-1 November 1991. 952 p.
- Steindinger, K.A. 1993. Some taxonomic and biologic aspects of toxic dinoflagellates. p. 1-28. *In:* Falconer, I.R. (ed.). *Algal Toxins in Seafood and Drinking Water*. Academic, London, UK.
- Tester, P.A., J.T. Turner & D. Shea. 2000. Vectorial transport of toxins from the dinoflagellate *Gymnodinium breve* through copepods to fish. *J. Plank. Res.* 22: 47-61.
- Thomas W.H. & C.H. Gibson. 1990. Quantified small-scale turbulence inhibits a red tide dinoflagellate, *Gonyaulax polyedra* Stein. *Deep Sea Res.* 17(10): 1583-1593.
- Viquez R. & P.E. Hargraves. 1995. Annual cycle of red tide dinoflagellates in the Gulf of Nicoya. *Bull. Mar. Sci.* 57(2): 467-475.
- Yasumoto T. & M. Satake. 1998. New toxins and their toxicological evaluation. p. 381-401. *In:* Reguera, B., J. Blanco, M.L. Fernández & T. Wyatt (eds). *Harmful Algae*. Xunta de Galicia, IOC, UNESCO.