

6.3 Florecimientos algales nocivos en aguas australes

Georgina Lembeye

Departamento de Acuicultura. Subsecretaría de Pesca
E-mail: glembeje@subpesca.cl

Los florecimientos algales nocivos (FAN), también conocidos como fenómenos de marea roja, constituyen eventos naturales en todos los océanos del mundo. En Chile, los FAN se han presentado con frecuencia y amplitud geográfica crecientes en las últimas décadas, desde su primer reporte en Magallanes en 1972, hasta el de 2002 en el sur de Chiloé. Debido a la alta toxicidad de las FAN, éstas han llegado a constituir un serio problema para la salud humana y la economía local.

Las microalgas, cuyas proliferaciones pueden causar eventos FAN, son constituyentes habituales de la microflora planctónica presente en ecosistemas acuáticos y su efecto nocivo puede ser provocado por la presencia de toxinas, como ocurre con los dinoflagelados responsables de los venenos paralizante (VPM), diarreico (VDM) y de las diatomeas responsables del amnésico (VAM). Estas toxinas son concentradas por algunos organismos marinos, filtradores de microalgas, como los mariscos bivalvos, los cuales al ser consumidos por seres humanos provocan daños serios a la salud e incluso la muerte. Además, las FAN también pueden afectar a los peces en cultivo, causando efectos dañinos y a veces mortales, debido a la presencia de espinas o estructuras silíceas de algunas microalgas que afectan las branquias y la respiración de peces, afectando por su impacto económico, al desarrollo de la acuicultura en la región austral.

Entre las microalgas productoras de toxinas, presentes en aguas chilenas, se encuentran los dinoflagelados *Alexandrium catenella* (Figs. 1a y 1b) causante del VPM, *Dinophysis acuta* (Fig. 2a) probable fuente primaria del complejo tóxico VDM y *D. acuminata* (Fig. 2b), especie de amplia distribución en el país y que se vincula también a la producción de VDM (Wright & Cembella, 1998). *Pseudo-nitzschia* spp. diatomeas causantes de VAM siendo *P. australis* (Fig. 3a) y *P. pseudodelicatissima*

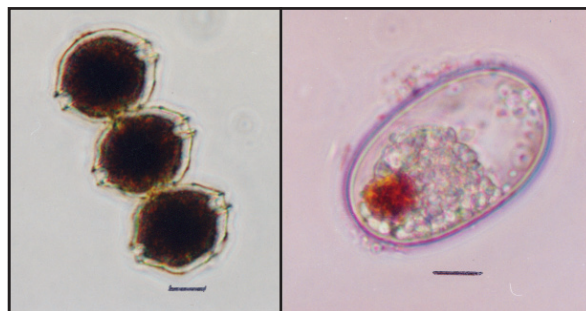


Figura 1: *Alexandrium catenella*. a) cadena de células fase mótil, b) quiste (escala de barra: 10 micrones).

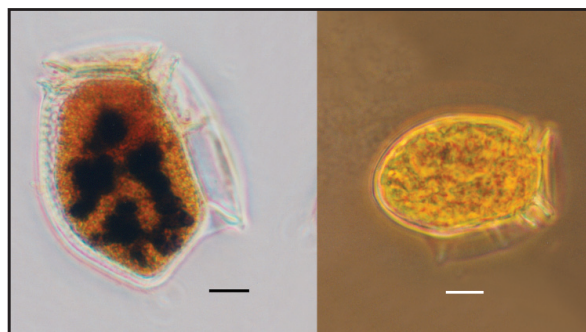


Figura 2: a) *Dinophysis acuta*, b) *Dinophysis acuminata* (escala de barra: 10 micrones)..

(Fig. 3b) las especies vinculadas a esta toxina en Chile (Guzmán *et al.*, 2002; Suárez *et al.*, 2002). Mientras que entre las microalgas causantes de mortalidades en peces en cultivo, particularmente salmónidos, se encuentran las diatomeas *Chaetoceros convolutus* y *Leptocylindrus minimus*, y el fitoflagelado *Heterosigma akashiwo* (Anderson *et al.*, 2001).

Las causas de las proliferaciones algales nocivas han sido atribuidas a condiciones físicas y químicas particulares, incluyendo corrientes marinas, nutrientes, temperatura y luminosidad que favorecen la reproducción y concentración de estas microalgas. Las razones del aumento de la frecuencia de FAN, de su extensión a áreas geográ-

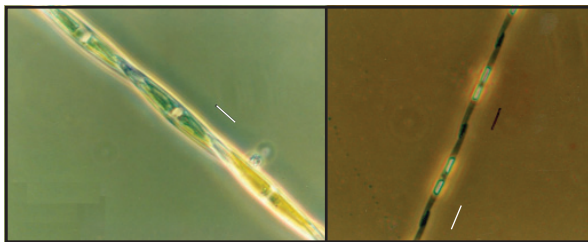


Figura 3: a) *Pseudo-nitzschia australis* y b) *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (escala de barra: 10 micrones).

ficas previamente no afectadas, así como de la aparición de nuevas especies, son numerosas y se atribuyen, principalmente al transporte y liberación de aguas de lastre provenientes de otras áreas oceánicas afectadas (Hallegraeff & Bolch, 1991), a efectos antropogénicos que causan variaciones en la disponibilidad de nutrientes (Nixon, 1995) y a la posibilidad de alteraciones en la dinámica de parámetros oceanográficos atribuidas al “cambio climático global”, que potencialmente afectaría la diversidad y abundancia de organismos (Smayda, 1990; Hallegraeff, 1993). Por otra parte, el aumento sistemático de centros de investigación, laboratorios de salud regionales y programas privados, que realizan actividades de monitoreo permanentes, han permitido registrar una mayor cantidad de estos eventos, que antes pasaban desapercibidos.

Las investigaciones efectuadas en la zona Puerto Montt a laguna San Rafael (Zona Norte; Fig. 4a) se han centrado en la detección de áreas de distribución y abundancia de las especies tóxicas presentes en el fitoplancton, mientras que en las zonas golfo de Penas a estrecho de Magallanes (Zona Central; Fig. 4b) y estrecho de Magallanes a cabo de Hornos (Zona Sur; Fig. 4c), se han enfocado al estudio de los quistes de dinoflagelados, particularmente en la distribución y abundancia de quistes de *A. catenella* (Lembeye, 2004), responsable del VPM. En este aspecto, el interés radica en conocer el rol ecológico de los quistes en los mecanismos de dispersión, sobrevivencia y recombinación genética de las diferentes especies (Anderson *et al.*, 1995). En *A. catenella*, esto sería muy importante pues la toxicidad de los quistes sería mayor que en la célula vegetativa (Lirdwitayaprasit *et al.*, 1990). En áreas marinas donde no

se registra la fase mótil, la detección de VPM en mariscos se ha atribuido a los quistes (Dale *et al.*, 1978; White & Lewis, 1982) y podría ser una de las causas de toxicidad en algunos filtradores como almeja y culengue, registrada durante el invierno en la XI Región, en ausencia de la fase mótil (Lembeye, 1998).

Los resultados obtenidos en la Zona Norte (Clément *et al.*, 1996), muestran la distribución de los dinoflagelados tóxicos *A. catenella* y *D. acuta*, y la presencia de diatomeas nocivas incluyendo *C. convolutus* y *L. minimus*. En esta área se registraron bajas concentraciones de *A. catenella* y *D. acuta* en cinco y tres estaciones del área de estudio, respectivamente. Mientras que en el análisis de toxinas VPM y VDM presentes en moluscos mitílidos colectados en 11 estaciones, solo se detectaron concentraciones mínimas de VPM en una estación ubicada en el canal Costa.

En la Zona Central se ha observado la presencia de quistes de dinoflagelados en la mayoría de las estaciones analizadas (Lembeye, 2004). La mayor abundancia (> 100 quistes·mL⁻¹) se determinó en las estaciones localizadas entre los 49° y 51° S. (Fig. 4b). Los quistes de *A. catenella* se detectaron en bajas concentraciones (< 3 quistes·mL⁻¹) solo en las estaciones de Puerto Edén, punta Entrada en canal Kirke, punta Don Pedro en canal Sarmiento y en isla Cedomir en canal Pitt. Además de *A. catenella*, se observaron quistes pertenecientes a otras 30 especies de dinoflagelados, confirmándose la identificación de *Protoperidinium excentricum*, *P. conicoides*, *P. conicum*, *P. claudicans* y *P. denticulatum*.

En la Zona Sur se observaron quistes en la totalidad de las muestras (Fig. 4c). La mayor abundancia de quistes (> 100 quistes·mL⁻¹), así como la mayor diversidad (> 10 formas distintas), se registró en sedimentos obtenidos en el canal Ballenero.

Se detectaron quistes de *A. catenella* en bahía Borja y canal Ballenero. Además, se encontraron 27 formas de quistes, entre las cuales se registraron nueve formas que por sus características morfológicas se atribuyeron al género *Protoperidinium*. Las especies de *Protoperidium* identificadas fueron *P. conicoides*, *P. conicum*, *P. claudicans*, *P. denticulum* y *P. excentricum*. Otras especies con iden-

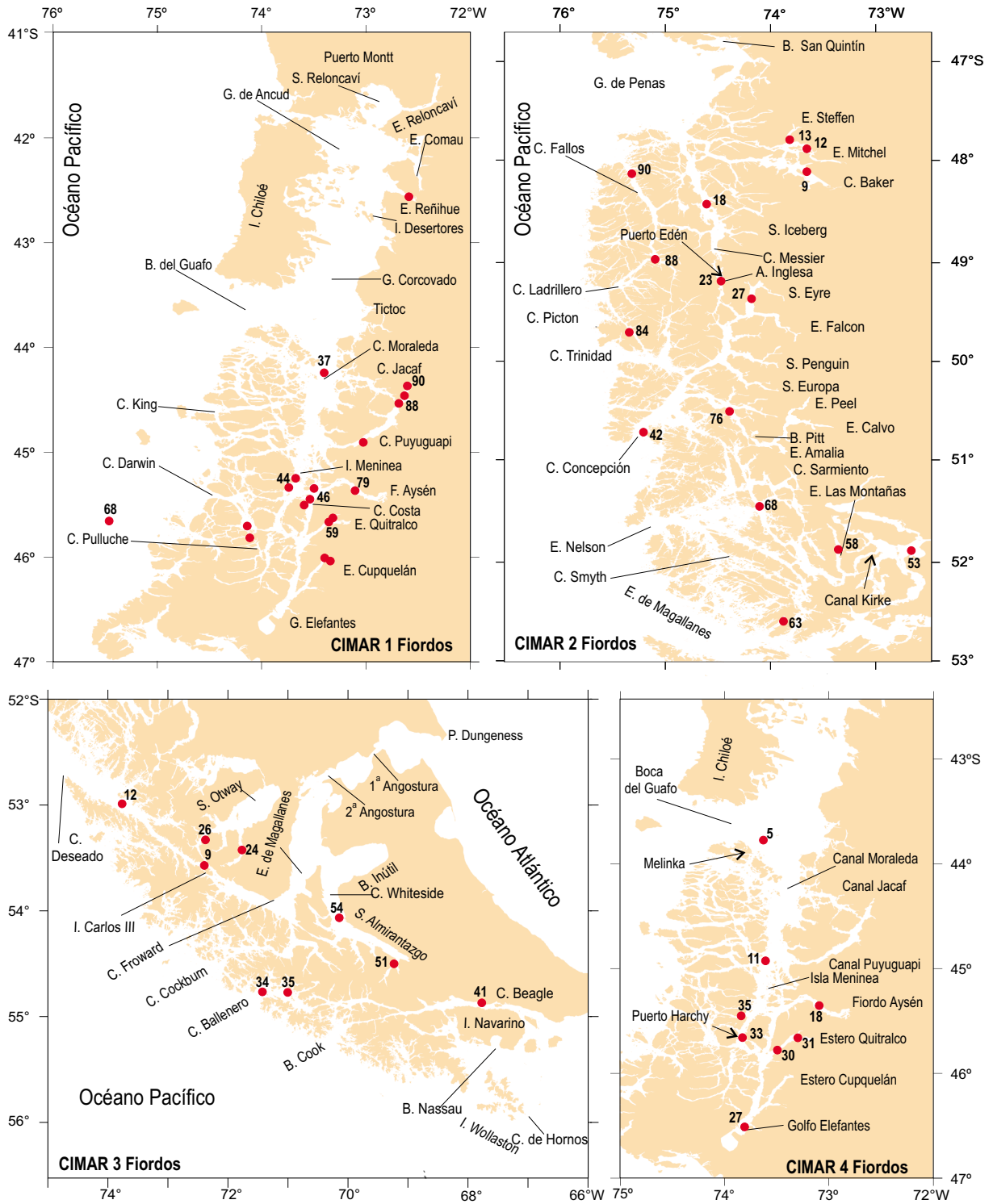


Figura 4: Posición geográfica de las estaciones de muestreo de agua y/o sedimento superficial para el análisis de algas y/o quistes algales FAN, crucesos CIMAR 1, 2, 3 y 4 Fjords.

tividad confirmada por germinación de sus quistes fueron *Protoceratium reticulatum*, *Scrippsiella trochoidea* y *S. sweeneyae*. Los quistes de ambas especies de *Scrippsiella* son morfológicamente iguales, lo que se pudo comprobar después de su germinación en cultivo. En las muestras de bahía Parry, también se detectó *Alexandrium ostenfeldii* por germinación de muestras de cultivo de sedimentos, pero no se detectó ningún quiste que pudiese ser atribuido a esta especie.

Durante el crucero CIMAR 4 Fiordos efectuado en el sector sur de la Zona Norte, desde la boca del Guafo a estero Elefantas (Fig. 4d), se observaron quistes en la totalidad de las muestras, registrándose las mayores concentraciones en Melinka, puerto Harchy y estero Quitralco (Lembeye, 2004). La mayor abundancia de quistes (> 100 quistes·mL⁻¹) estuvo asociada a una mayor diversidad (> 10) de formas distintas.

El quiste de *A. catenella* se detectó en el 50% de las localidades estudiadas, pero las mayores concentraciones se registraron en el estero Quitralco y Puerto Archy. Además, se reconocieron a lo menos 34 formas distintas de quistes, identificándose *Protoperdinium conicoides*, *P. conicum*, *P. claudicans*, *P. denticulum*, *P. excentricum*, *Protoceratium reticulatum* y *Scrippsiella* spp. La identidad de los dos últimos géneros se confirmó mediante la germinación de sus quistes.

El estudio realizado por Córdova *et al.* (2003) utilizando inhibidores de proteasa demostró que es posible causar daño intracelular y muerte, a células y quistes de *A. catenella*. El mecanismo de acción de los inhibidores de proteasa estaría en el efecto disruptor de actividades proteolíticas a nivel de vacuolas citoplasmáticas y en proteosomas del núcleo, que afectarían la estructura de los cromosomas. Estos estudios abren opciones y futuras posibilidades de aplicación de estos compuestos para la eliminación de quistes en sedimentos de agua de lastre de embarcaciones y prevenir así, la dispersión de quistes y proliferación de especies de microalgas tóxicas.

Por otra parte, el estudio de Villarroel (2004) se orientó a la detección de las toxinas de VPM y VDM, que han sido frecuentemente detecta-

das en la zona austral y por primera vez, a mediciones de VAM para determinar su presencia en muestras obtenidas en la XI Región. Además, se realizaron análisis en cromatografía HPLC líquida de alta resolución para la toxina paralizante, contribuyendo al conocimiento de los derivados de saxitoxina que conforman el VPM.

Todos estos estudios han permitido incrementar el conocimiento sobre la biodiversidad de las microalgas presentes en los canales y fiordos australes, y sobre la distribución geográfica de las especies tóxicas, en esta extensa región austral.

Referencias

- Anderson, D. M., P. Andersen, V. M. Bricel, J. J. Cullen & J. E. Rensel. 2001. Monitoring and management strategies for harmful algal blooms in coastal waters. APEC#201-ME-01.1, APEC Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission. Technical Series, 59: 268 pp.
- Anderson, D. M., F. Fukuyo & K. Matsuoka. 1995. Cyst methodologies. En: Manual on harmful marine microalgae. Manual and guides. IOC- UNESCO, 33: 229-249.
- Córdova, J. L., M. Pinto y G. Lembeye. 2003. Intracelular damage and death caused by protease inhibitors on *Alexandrium catenelle* natural cysts and vegetative cells. Harmful Algae 2:173-181.
- Clément, A., X. Rojas & G. Lembeye. 1996. Distribución y abundancia de fitoplancton: énfasis en especies nocivas. Resultados Crucero CIMAR-Fiordo 1. Comité Oceanográfico Nacional, Valparaíso, Resúmenes Ampliados, pp. 82-84.
- Dale, B., C. M. Yentsch & J. W. Hurst. 1978. Toxicity in resting cysts of the red-tide dinoflagellate *Gonyaulax excavata* from deeper water coastal sediments. Science, 201: 1223-1225.
- Guzmán L., H. Pacheco, G. Pizarro & C. Alarcón. 2002. *Alexandrium catenella* y veneno paralizante de los mariscos en Chile. En: E. A. Sar, M. E. Ferrario & B. Reguera (eds.). Floraciones algales nocivas en el cono sur americano. Instituto Español de Oceanografía, Madrid, pp. 237-256.

- Hallegraeff, G. M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32: 79-99.
- Hallegraeff, G. M. & C. J. Bolch. 1991. Transport of toxic dinoflagellate cysts via ships' ballast water. *Mar. Poll. Bull.*, 22: 27-30.
- Lembeye, G. 1998. Seguimiento de la toxicidad en recursos pesqueros de importancia comercial en la X y XI Región. Informe Final Proyecto FIP, 86 pp.
- Lembeye, G. 2004. Distribución de quistes de *Alexandrium catenella* y otros dinoflagelados en sedimentos de la zona sur-austral de Chile. *Cienc. Tecnol. Mar.* 27(2):21-31.
- Lirdwitayaprasit, T., S. Nishio, S. Montani & T. Okaichi. 1990. The biochemical processes during cyst formation in *Alexandrium catenella*. En: E. Graneli, B. Sundstrom, R. Edler & D. M. Anderson (eds.). *Toxic marine phytoplankton*. Elsevier, New York, pp. 294-298.
- Nixon, S. W. 1995. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, 41: 199-219.
- Smayda, T. J. 1990. Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea: evidence for global epidemic. En: E. Graneli, B. Sundstrom, R. Edler & D. M. Anderson (eds.). *Toxic marine phytoplankton*. Elsevier, New York, pp. 29-40.
- Suárez, B., A. López, C. Hernández, A. Clément & L. Guzmán. 2002. Impacto económico de las floraciones de microalgas nocivas en Chile y datos recientes sobre la ocurrencia de Veneno Amnésico de los mariscos. En: E. A. Sar, M. E Ferrario & B. Reguera (eds.). *Floraciones algales nocivas en el cono sur americano*. Instituto Español de Oceanografía, Madrid, pp. 259-268.
- Villarroel, O. 2004. Detección de toxinas paralizante, diarreica y amnésica en moluscos de la XI Región por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) y bioensayo en ratones. *Cienc. Tecnol. Mar.* 27(2): 33-42.
- White, A. W. & C. M. Lewis. 1982. Resting cysts of the toxic, red tide dinoflagellate *Gonyaulax excavata* in Bay of Fundy sediments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 1185-1194.
- Wright, J. L. C. & A. D. Cembella. 1998. Ecophysiology and biosintesis of polyether marine biotoxins. En: D. M. Anderson, A. D. Cembella & G. M. Hallegraeff (eds.). *Physiological Ecology of Harmful Algal Bloom*. NATO ASI Ser., 41: 427-451.