

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/285479252>

Floraciones de algas tóxicas

Article · January 2008

CITATIONS

5

READS

6,039

3 authors:



José I Carreto

National Institute for Fisheries Research and Development

85 PUBLICATIONS 2,766 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Nora G Montoya

National Institute for Fisheries Research and Development

47 PUBLICATIONS 1,081 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Mario O Carignan

National Institute for Fisheries Research and Development

49 PUBLICATIONS 1,941 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Red Tide [View project](#)



HAB in Argentine [View project](#)

Florecimientos de algas nocivas

José I. Carreto
Nora G. Montoya
Mario O. Carignan

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Paseo Victoria Ocampo 1, Escollera Norte, 7600 Mar del Plata

Introducción

Las algas planctónicas constituyen la base de la cadena trófica marina y su crecimiento y multiplicación celular es de gran importancia en la economía del mar ya que dicho proceso regula en forma directa o indirecta la abundancia de los demás organismos marinos. Sin embargo, en ocasiones florecen algunas especies de microalgas que alteran los ecosistemas, causan mortandad de peces y/o contaminan los alimentos con toxinas produciendo serios problemas a la salud humana. Aunque popularmente conocidos por el nombre de "Mareas Rojas", la comunidad científica ha coincidido en denominar a estos eventos con el nombre genérico de "Florecimientos de Algas Nocivas" (FAN; o "HAB" en inglés, de "Harmful Algal Blooms").

En una primera clasificación suelen distinguirse dos grupos principales de organismos causantes de FAN: (1) Los que producen toxinas y por lo tanto pueden contaminar los alimentos marinos o producir mortandad de peces, y (2) Los que no producen toxinas pero causan otros efectos nocivos, tales como mortandad de organismos por anoxia, mortandad de peces por daño físico a sus branquias u otros órganos, producción de mucilagos que se acumulan en las playas o de otros metabolitos que afectan la calidad del ambiente. Entre los organismos fitoplanctónicos causales de FAN se incluyen los dinoflagelados, las cianobacterias, las diatomeas y otros grupos del fitoplancton (prymnesiophytas y raphidophytas) de menor importancia. No todos los eventos causados por algas nocivas están asociados al desarrollo de grandes acumulaciones de biomasa capaces de producir un cambio de color en la superficie del mar. Muchas especies son nocivas aún en muy bajas concentraciones. También debe señalarse que algunos FAN son causados por la proliferación de microalgas bentónicas capaces de producir toxinas que pueden ser transferidas a otros organismos a través de la trama alimentaria. Se ha estimado que de las 3000 a 4000 especies de microalgas reconocidas en el fitoplancton marino, sólo alrededor de 200 especies han producido florecimientos masivos. La

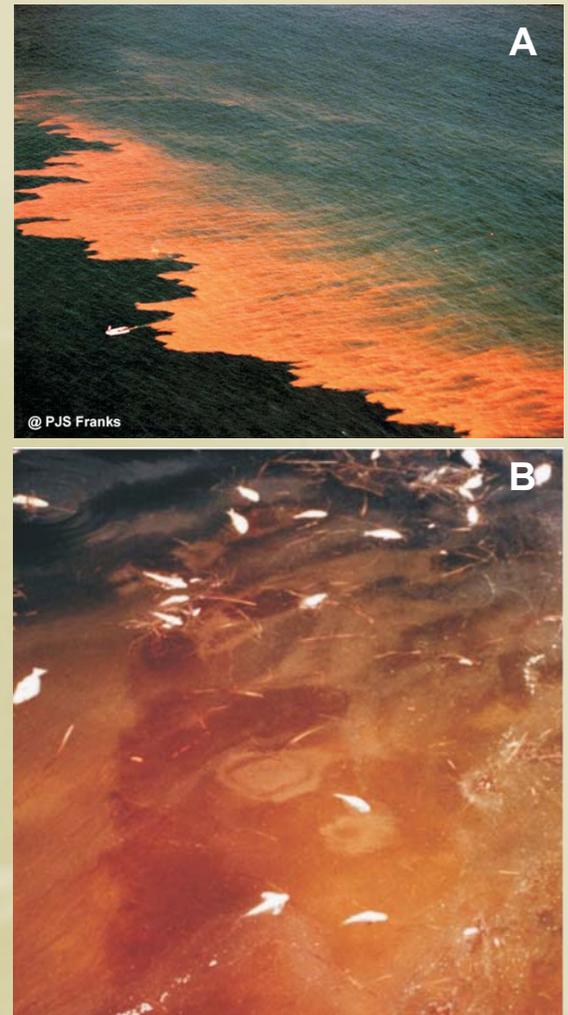


Fig. 1. Imágenes correspondientes a dos Florecimientos de Algas Nocivas: (A) dinoflagelado no tóxico *Noctiluca scintillans*, (B) dinoflagelado tóxico *Karenia brevis*.

capacidad de producir potentes toxinas es aún más reducida ya que sólo se han reconocido alrededor de unas 80 especies tóxicas, aunque este número se está incrementando rápidamente.

José I. Carreto
Nora G. Montoya
Mario O. Carignan



Los florecimientos de especies nocivas han producido efectos negativos y pérdidas económicas en muchas partes del mundo. De acuerdo con las especies involucradas pueden discernirse cuatro tipos de efectos nocivos: (1) riesgo a la salud humana, (2) pérdida de recursos marinos naturales o de cultivo, (3) daños al ecosistema marino, y (4) disminución de actividades de recreación y turismo. Aunque el florecimiento de una especie particular origina preponderantemente un determinado tipo de impacto, en muchos casos las consecuencias negativas incluyen más de una de las categorías señaladas.

Impacto en los ecosistemas marinos

Los intentos de cuantificar el valor económico de los ecosistemas marinos naturales son recientes. Sin embargo, resulta claro que las pérdidas de recursos marinos de valor no comercial tienen también severas consecuencias indirectas. En algunos ecosistemas los florecimientos de especies no tóxicas de elevada biomasa producen efectos deletéreos que afectan significativamente a todo el ecosistema. Un ejemplo de estos efectos al ecosistema es el daño producido a las comunidades de arrecifes coralinos y de praderas de plantas vasculares por la reducción de la penetración luminosa y la anoxia. La disminución de oxígeno que sigue a la degradación de la materia orgánica originada en los florecimientos masivos puede producir la

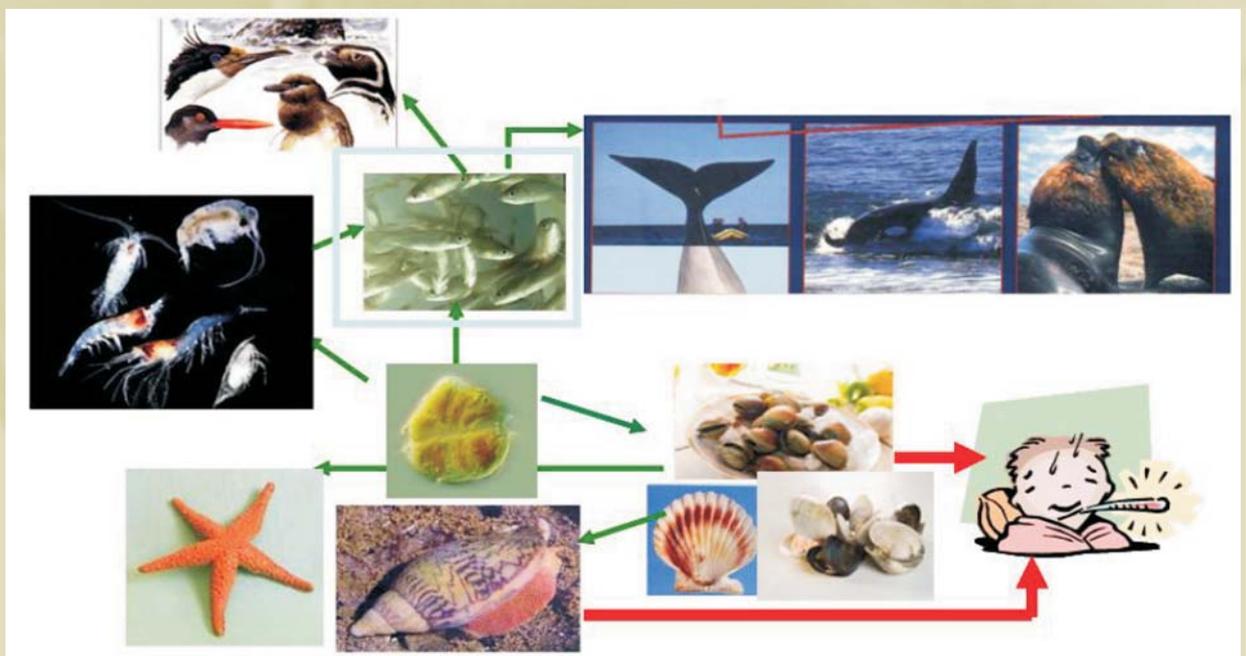


Fig. 2. Transferencia de las toxinas en la trama trófica y vectores involucrados en las intoxicaciones humanas.

muerte no sólo de especies comercialmente importantes sino también de otros animales y plantas.

Las toxinas producidas por algunas especies pueden ser transferidas en la cadena trófica marina de manera similar al flujo de carbono o nitrógeno, por lo que el impacto de dichas toxinas puede extenderse a todo el ecosistema. Se han señalado influencias negativas sobre la viabilidad, fecundidad, reclutamiento y crecimiento de diversos organismos marinos entre los que se incluyen los primeros estadios de peces de valor comercial. Las toxinas pueden ser transferidas a lo largo de la cadena trófica produciendo morbilidad y mortalidad de mamíferos marinos tales como ballenas, delfines, leones marinos y manatíes. Además, mortalidades masivas de aves marinas tales como cormoranes y pelícanos han sido asociados con el consumo de peces planctívoros contaminados con toxinas provenientes de un florecimiento de algunas especies de diatomeas tóxicas.

Turismo y actividades recreativas

El turismo y la recreación son dependientes de la disponibilidad de aguas de calidad relativamente alta, libre de cúmulos o de material orgánico, olores desagradables, irritantes de la piel, y desde luego toxinas disueltas. Muchas áreas del mundo son afectadas por florecimientos de algas que producen esos efectos. Por ejemplo el cambio de color del agua y la acumulación de mucilagos son fenómenos recurrentes en muchas costas del Mediterráneo durante la estación turística, y en el Mar Báltico los florecimientos masivos de cianobacterias durante los meses cálidos impiden el uso recreativo de sus costas. Las pérdidas causadas por declinación del turismo también pueden ser cuantiosas como ocurrió en el estado de Florida (EEUU) durante la temporada de 1973-1974 donde la acumulación de peces muertos en las playas fue de gran magnitud y el aire contenía aerosoles muy irritantes.

Recursos marinos naturales y de cultivo

Algunas algas producen toxinas que afectan en forma directa a los peces e invertebrados de ambientes naturales y especialmente a los organismos en cultivo. Aunque los principales efectos son producidos por la acción de toxinas específicas, otros mecanismos tales como el taponamiento mecánico de branquias, lesiones branquiales y anoxia, han sido documentados. Varias especies ictiotóxicas de dinoflagelados (*Gymnodinium* spp., *Pfiesteria piscicida*, etc) y algunas especies de prymnesioficeas (*Prymnesium* spp, *Chrysochromulina*) y rafidoficeas (*Heterosigma akashivo* y *Chattonella* spp.), han producido mortalidades masivas de peces. El florecimiento de *Chrysochromulina polylepis* ocurrido en 1998 en el Mar del Norte causó la muerte de 90.000 toneladas de peces entre los que se incluyeron el bacalao, salmones y truchas. El flagelado

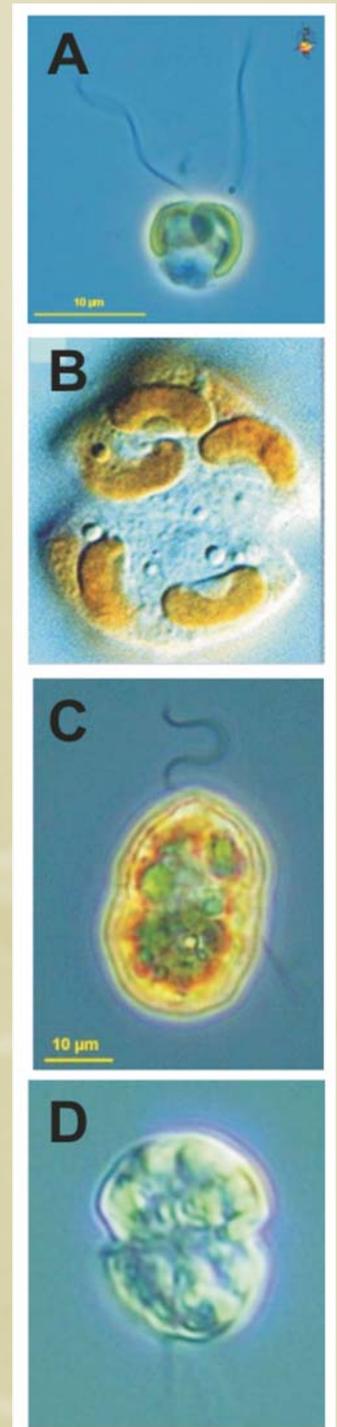


Fig. 3. Algunas especies ictiotóxicas.
A) *Chrysochromulina polylepis*, B) *Karenia* (= *Gymnodinium*) *mikimotoi*,
C) *Heterosigma akashivo*, D) *Pfiesteria piscicida*.

ictiotóxico *Heterosigma akashivo* ("marea café") causó una catástrofe en la próspera industria salmonera de Chile en 1988, con pérdidas superiores a 2000 toneladas de salmón. Recientemente una floración del dinoflagelado ictiotóxico *Gymnodinium* sp., produjo estragos en esa región.

Un buen ejemplo de mareas rojas producidas por especies no tóxicas pero potencialmente nocivas lo constituyen las floraciones de diatomeas tales como *Leptocylindrus minimus* y *Chaetoceros convolutus*. Estas especies aún encontrándose en concentraciones no muy elevadas, con las afiladas espinas de sus setas pueden dañar seriamente las branquias de los peces produciendo hemorragia capilar, excesiva producción de mucus e infección bacteriana secundaria y han sido la causa de grandes mortandades en los cultivos de salmón en la X Región Chilena.

Las condiciones anóxicas que acompañaron el decaimiento de un florecimiento de dinoflagelados no tóxicos en la bahía de Elands (Sud Africa) fueron las responsables de la muerte de 2000 toneladas de langosta de roca, lo que produjo una pérdida estimada en los 50 millones de dólares. Las "mareas marrones" producidas por la pelagofícea *Aureococcus anophagefferens* en algunas bahías de la costa atlántica de EEUU produjo mortalidad, disminución del reclutamiento e inhibición del crecimiento de varias especies de moluscos bivalvos filtradores, entre los que se incluyen el mejillón y la vieira de la bahía.

Efectos sobre la salud humana

Algunas especies producen potentes toxinas que pueden ser acumuladas por los organismos marinos filtradores, especialmente por los moluscos bivalvos. También los gasterópodos, cangrejos y ciertos peces tienen capacidad de acumular toxinas por la vía trófica. Su ingestión ha originado y es la causa de intoxicaciones humanas de suma gravedad que pueden llevar en algunos casos a la muerte. Las especies más tóxicas se encuentran entre los dinoflagelados tales como *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* y varias especies del género *Alexandrium*, capaces de producir efectos dramáticos aún cuando sus concentraciones celulares sean escasas (10^2 - 10^3 cel l^{-1}). Varias especies de diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* también producen potentes neurotoxinas que afectan la salud humana. Los principales síndromes tóxicos causados por los FAN asociados con el consumo de mariscos son: (1) Intoxicación Paralizante de Mariscos (IPM), (2) Intoxicación Amnésica de Moluscos (IAM), (3) Intoxicación Diarreica de Moluscos (IDM), (4) Intoxicación Neurotóxica de Moluscos (IDM), (5) Ciguatera, y (6) la recientemente aparecida Intoxicación Azaspirácida de Moluscos (IAZM).

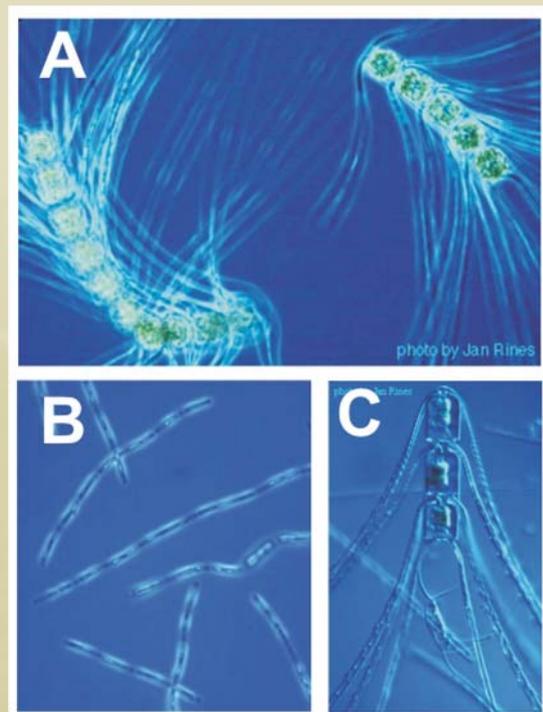


Fig. 4. A) *Chaetoceros convolutus*, B) *Chaetoceros concavicornis*, C) *Leptocylindrus minimus*. Diatomeas nocivas no productoras de toxinas.

Adicionalmente, se presentan problemas respiratorios ligados al transporte hacia las costas de aerosoles marinos conteniendo neurotoxinas, así como problemas de tipo alérgico tales como la irritación de los ojos que han sido reportados en algunas áreas costeras como resultado de florecimientos de cianobacterias.

José I. Carreto
Nora G. Montoya
Mario O. Carignan



Incremento global aparente de los FAN

“Y toda el agua del Nilo se convirtió en sangre. Los peces del Nilo murieron y el río dio un olor tan pestilente que los egipcios ya no pudieron beber sus aguas. Entonces hubo sangre en todo el territorio de Egipto”, dice *La Biblia* (Exodo, 7, 20-21) y se convierte en el primer testimonio escrito acerca del cambio de color que puede sufrir la superficie de un cuerpo de agua. De acuerdo con los relatos de Alvar Nuñez Cabeza de Vaca (Naufragios) en el Méjico precolombino ya se conocía el peligro de ingerir moluscos extraídos al comienzo del año, época en que aparecían las "Mareas Rojas" y en que se prohibía comer mariscos. También merece citarse la descripción de una marea roja por Darwin en su relato a bordo del Beagle en las aguas de las costas chilenas, y por Sarmiento (Viajes) en las aguas del estuario del Río de la Plata. En el Mar Báltico los registros paleo-ecológicos han revelado la ocurrencia de florecimientos de cianobacterias hace más de 8000 años atrás. Luego, es probable que las mareas rojas se hayan producido mucho antes que existieran las palabras, hace ya cientos de millones de años, en los remotos tiempos en que aparecieron los organismos que las causan. Pero últimamente su frecuencia e intensidad parecen haber aumentado de manera significativa. Nuevas áreas se han visto afectadas y en los últimos veinte años se han detectado



Fig. 5. Distribución mundial de registros de eventos tóxicos asociados a la presencia de Toxinas Paralizantes de Moluscos.

fenómenos producidos por especies tóxicas inadvertidas hasta entonces por los planctólogos. Debemos decir que el incremento observado debe calificarse de "aparente", pues para probar científicamente que dicho incremento es real, se requieren series históricas de datos de fitoplancton, toxicidad de moluscos y condiciones ambientales, de las que se dispone en muy pocas partes del mundo.

La proliferación de las especies de algas nocivas está regulada por la interacción de diversos mecanismos físicos (estabilidad, turbulencia), químicos (concentración de nutrientes) y biológicos (fisiología de la especie causal, predación, etc.) cuya complejidad es poco conocida. Como las inundaciones, terremotos e incendios forestales, estas catástrofes naturales son inevitables y casi siempre impredecibles, pero sus efectos pueden minimizarse si se actúa con eficacia y serenidad en los casos de emergencia. Los problemas más graves acaecidos en Argentina pertenecen a los definidos como "floraciones de algas tóxicas" que han causado graves intoxicaciones humanas y prolongadas prohibiciones a la extracción y comercialización de los moluscos. Por esta razón y para alcanzar eficacia en las medidas de emergencia es que intentaremos analizar a continuación las características sobresalientes de estos fenómenos tóxicos.

José I. Carreto
Nora G. Montoya
Mario O. Carignan

Floraciones de algas tóxicas

Intoxicación Paralizante de Moluscos (IPM)

Probablemente la primera cita científica de envenenamiento por ingestión de moluscos conteniendo toxinas paralizantes sea la aparecida en "Ephémérides des curieux de la nature" (1698). Hoy en día presenta una distribución global incluyendo a Sudamérica donde se han detectado los niveles de toxinas más elevados. Los síntomas de esta intoxicación aparecen rápidamente luego de la ingesta y son principalmente de tipo neuromuscular: Parestesias, inestabilidad y trastornos en la pronunciación. En los casos más graves aparece una sensación constrictiva en la garganta, debilidad muscular y debilidad respiratoria que puede llegar a producir la muerte por parálisis respiratoria. No existen antídotos y en caso de intoxicación grave debe recurrirse a centros de complejidad que puedan practicar la respiración asistida.

En la actualidad se conocen más de 20 toxinas de estructura análoga a la de la saxitoxina, la primera toxina conocida de este grupo. Se distinguen tres grupos principales de toxinas: 1) carbamoiltoxinas, 2) decarbamoiltoxinas y 3) N-sulfocarbamoiltoxinas. La toxicidad específica de estos grupos de toxinas varía ampliamente siendo el grupo de las carbamoiltoxinas el más tóxico, intermedio el de las decarbamoiltoxinas y muy poco tóxico el de las N-sulfocarbamoiltoxinas. Estas toxinas son termoestables y no se destruyen durante el proceso de cocción.

Los dinoflagelados son los principales productores de estas toxinas y sus florecimientos son la principal fuente de la que los organismos filtradores las toman y acumulan. Hasta el presente se conocen varias especies de dinoflagelados pertenecientes a los géneros *Alexandrium*, *Pyrodinium* y *Gymnodinium* responsables de brotes de IPM. *Alexandrium* ha producido brotes tóxicos principalmente en aguas templadas y frías de ambos hemisferios, mientras que *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* lo hace con frecuencia en el sudeste de Asia y las costas del Pacífico. *Gymnodinium catenatum* ha sido responsable de brotes tóxicos en diferentes áreas geográficas.

Intoxicación Paralizante de Moluscos en el Mar Argentino

Floraciones de *Alexandrium tamarense*

En Argentina, el primer registro de intoxicaciones humanas por ingestión de moluscos fue producido por el Dr. P. Segers en 1886. La precisa descripción, de los síntomas que padecen cientos de indígenas de la región del Canal de Beagle (Ushuaia) no deja dudas que se trató de un brote de Intoxicación Paralizante de Moluscos (IPM). Desde

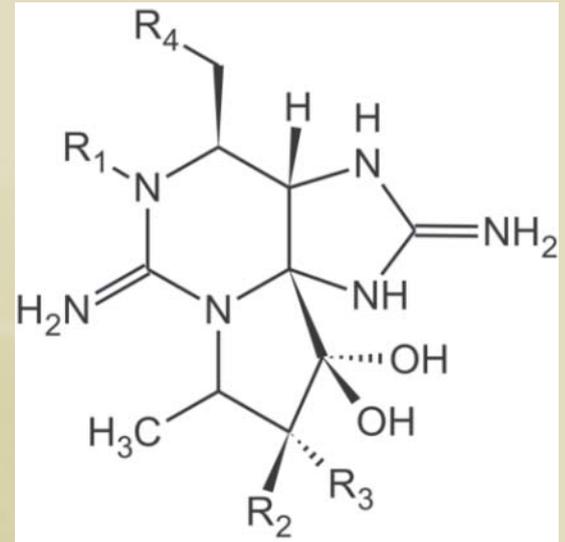


Fig. 6. Estructura química de saxitoxina. R₁, R₂, R₃ y R₄ representan diferentes sustituyentes que dan origen a los derivados análogos que constituyen el grupo de Toxinas Paralizantes de Moluscos.

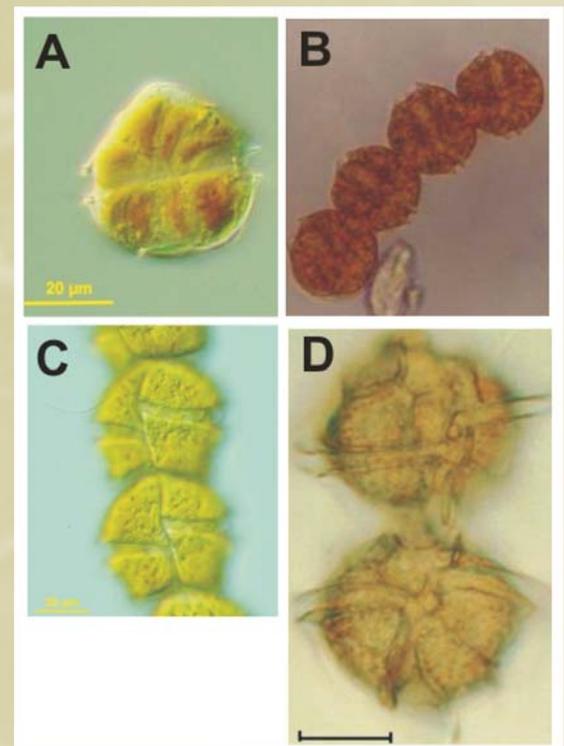


Fig. 7. Algunas especies de dinoflagelados productores de Toxinas Paralizantes de Moluscos. A) *Alexandrium tamarense*, B) *Alexandrium catenella*, C) *Gymnodinium catenatum*, D) *Pyrodinium bahamense*.

entonces no se detectaron nuevos brotes de IPM hasta el año 1980, en que se produce la intoxicación y muerte de dos marineros del buque Constanza que operaba en la región patagónica frente a Península de Valdés. La presencia del dinoflagelado *Alexandrium tamarense* en el sistema frontal de Península de Valdés su cultivo y posterior análisis toxicológico, permitieron identificarlo como el organismo productor de las mencionadas toxinas. Los mayores valores de toxicidad detectados en los mejillones del área 50 000 microgramos de equivalentes de saxitoxina cada 100 gramos de tejido (g STX eq./100 g de tejido) fueron los más elevados hasta entonces conocidos en el mundo y se encuentran muy por encima del límite de seguridad internacionalmente establecido para el consumo humano (80 g STX eq./100 g de tejido).

Los estudios realizados permitieron detectar grandes cantidades de “semillas” o quistes de resistencia en los sedimentos (ver Figura 11), lo que permitió adelantar la hipótesis de la repetición del fenómeno en esa misma área, mediada por la germinación de los quistes en la primavera siguiente. Posteriormente el área tóxica se expandió en pasos sucesivos para finalmente afectar en la actualidad a casi todos los ecosistemas costeros de Argentina, Uruguay y el Sur de Brasil.

Los estudios realizados han indicado que las mayores concentraciones de quistes de esta especie se presentan en los sedimentos de la Plataforma Norpatagónica (42-47°S). Los Golfos Norpatagónicos, por sus características hidrológicas disímiles, han mostrado un comportamiento dispar. El Golfo San José y en la mitad sur del Golfo San Matías hidrológicamente relacionados con el frente de Península Valdés, presentó toxicidad durante el primer brote ocurrido en 1980. En el Golfo Nuevo la primera detección ocurrió en el verano de 1987/1988. Similarmente a lo ocurrido en Golfo Nuevo, la zona norte del Golfo San Matías se mantuvo libre de toxicidad hasta la primavera de 1990, cuando se produjo una floración inusual de *A. tamarense*.

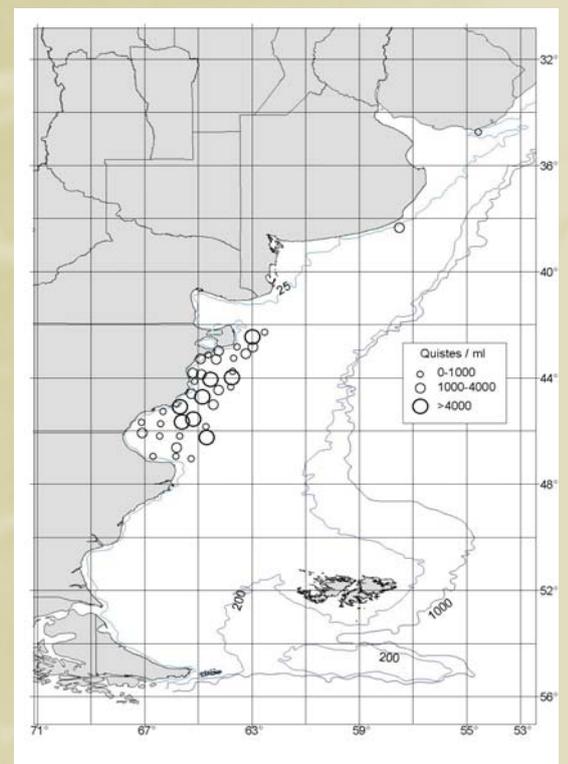
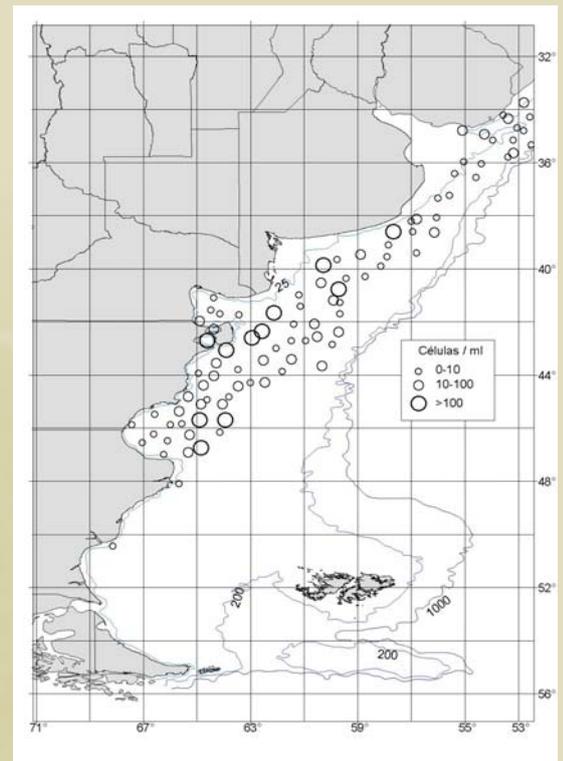


Fig. 8. Mapas de distribución de células vegetativas de *Alexandrium tamarense* (arriba) y quistes de reposo de la misma especie (abajo).

Actualmente los brotes de *A. tamarens* son eventos recurrentes que afectan durante la primavera-verano a la mayoría de las áreas que han sido colonizadas por esta especie. Hoy sabemos por los estudios realizados que el fenómeno tiene su iniciación a comienzos de la primavera, y que existe una elevada variabilidad interanual en la intensidad de su desarrollo que se manifiesta en los niveles de toxicidad. Aunque se ha estudiado el efecto de algunas variables ambientales que regulan el crecimiento de esta especie tóxica no se ha desarrollado aún la capacidad de predecir la magnitud y extensión de sus florecimientos.

Aunque los mayores valores de toxicidad han sido detectados en moluscos bivalvos, varias especies de gasterópodos (por ejemplo, *Zidona dufresnei*) de gran importancia comercial también presentan toxicidad, especialmente en sus vísceras, y su consumo ha sido causa de intoxicaciones humanas. Los resultados observados sugieren que dichos organismos obtienen las toxinas por consumo de mejillones tóxicos. Durante la transferencia trófica diversos procesos metabólicos producen cambios en la composición de las toxinas. Estos cambios tienen lugar tanto en los consumidores primarios (mejillones), como en los secundarios (caracoles marinos), donde el compuesto principal es la muy tóxica saxitoxina. Sin embargo, recientemente se ha señalado que durante la etapa lenta de detoxificación los mejillones también se encuentran enriquecidos en saxitoxina.

Entre los peces se ha observado que la caballa (*Scomber japonicus*) que habita la región costera de la provincia de Buenos Aires, presenta cierta capacidad de acumular toxinas paralizantes de moluscos. Sin embargo, durante un gran brote de toxicidad, se detectó una elevada mortandad de caballas conteniendo TPM, en un área de la plataforma bonaerense conocida como “El Rincón”. En este evento el zooplancton gelatinoso actuó como organismo vector de las toxinas de *A. tamarens*. Los estudios realizados han mostrado que la anchoíta (*Engraulis anchoíta*), también ha presentado toxicidad en sus vísceras, aunque en una escala mucho menor. Durante las floraciones de *A. tamarens* se ha observado grandes mortandades de aves, entre las que se incluye el pingüino *Spheniscus magellanicus*, tanto en la región bonaerense como en las costas de Chubut. Recientemente, en las Islas Malvinas se registró la mortandad de un elevado número de pingüinos (*Pygoscelis papua*, *Spheniscus magellanicus* y *Eudyptes chrysocome*).

Floraciones de *Gymnodinium catenatum*

A pesar que *Gymnodinium catenatum* ya había sido citada tiempo atrás, la primera floración de esta especie asociada con la presencia de toxinas paralizantes de moluscos, se

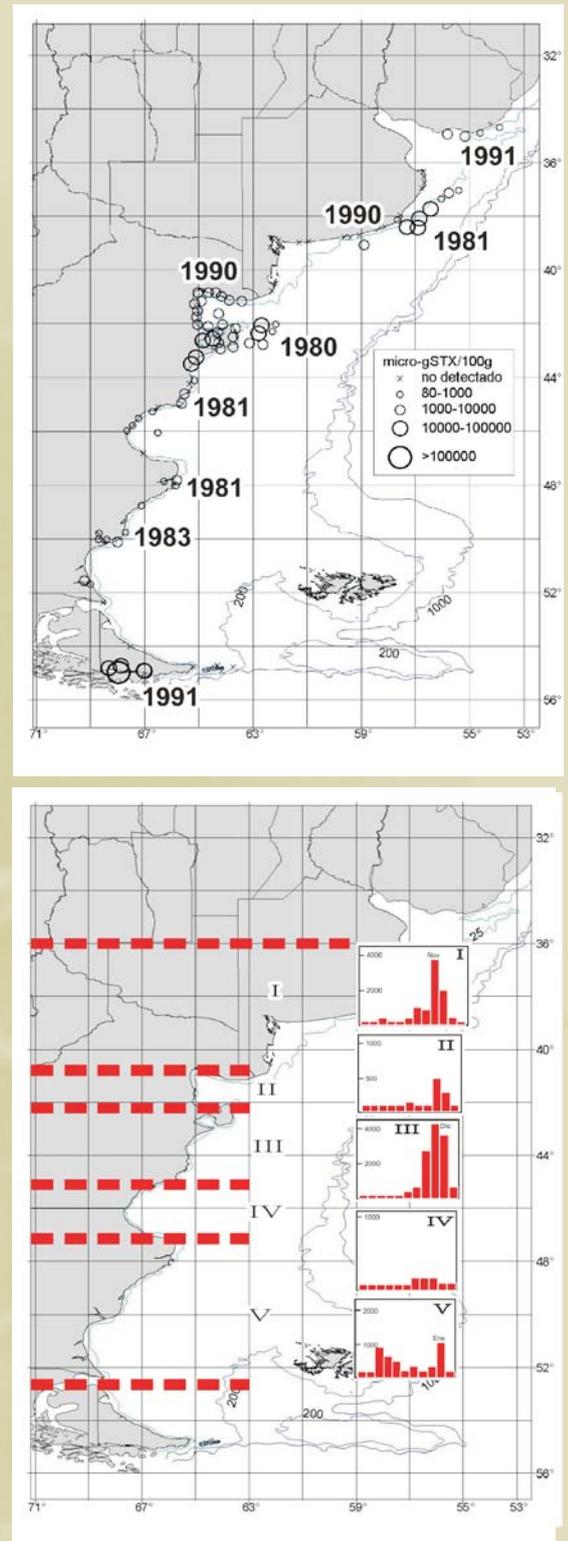


Fig. 9. Máximos niveles de Toxinas Paralizantes de Moluscos registrados en el litoral marítimo y el año de su ocurrencia (arriba), y valores promedio interanuales de toxicidad ($\mu\text{gSTXeq}/100\text{ gr}$) para cada mes del año en las áreas indicadas en el mapa (I, II, III, IV, V) (abajo).

registró en las costas uruguayas a fines del verano de 1992. Desde entonces, las floraciones de esta especie parecen ser un fenómeno recurrente que se presenta durante el verano y principio del otoño en la región estuarial del Río de la Plata y que por un mecanismo de transporte llegan ocasionalmente hasta la latitud de Mar del Plata. Inversamente a lo señalado para *A. tamarense*, en la región bonaerense no se ha detectado la presencia de quistes de reposo de *G. catenatum*. Estas formas de resistencia de *G. catenatum* son sin embargo abundantes en los sedimentos costeros de Uruguay y Brasil. Estas observaciones y la circulación preponderante en el estuario del Río de la Plata durante el verano/otoño, fortalece la hipótesis de su transporte hacia la región bonaerense.

A pesar que *Gymnodinium catenatum* ya había sido citada tiempo atrás, la primera floración de esta especie asociada con la presencia de toxinas paralizantes de moluscos, se registró en las costas uruguayas a fines del verano de 1992. Desde entonces, las floraciones de esta especie parecen ser un fenómeno recurrente que se presenta durante el verano y principio del otoño en la región estuarial del Río de la Plata y que por un mecanismo de transporte llegan ocasionalmente hasta la latitud de Mar del Plata. Inversamente a lo señalado para *A. tamarense*, en la región bonaerense no se ha detectado la presencia de quistes de reposo de *G. catenatum*. Estas formas de resistencia de *G. catenatum* son sin embargo abundantes en los sedimentos costeros de Uruguay y Brasil. Estas observaciones y la circulación preponderante en el estuario del Río de la Plata durante el verano/otoño, fortalece la hipótesis de su transporte hacia la región bonaerense.

Floraciones de *Alexandrium catenella*

En la región de los canales fueguinos se producen florecimientos de otro dinoflagelado productor de TPM, *Alexandrium catenella*. Aunque conocidos desde 1972, estos eventos parecen haberse incrementado en extensión geográfica, persistencia temporal y magnitud de los niveles de toxicidad. Como en el caso de *A. tamarense*, la expansión geográfica se advirtió luego de una intensa marea roja de este organismo en la que se alcanzaron niveles de toxicidad extremadamente elevados (hasta 127200 µg de STXeq/100 g) que siguen siendo los mayores observados en el mundo. Este brote de toxicidad produjo un gran impacto social y económico en la región, además de causar varias muertes y numerosas intoxicaciones humanas y de organismos marinos.

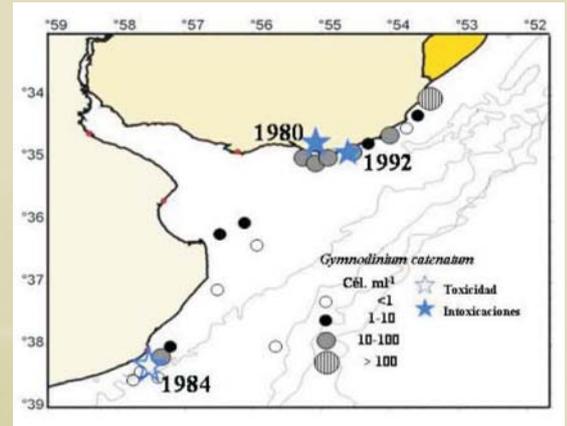


Fig. 10. Distribución de células vegetativas de *Gymnodinium catenatum* (por rango de abundancia), registro de toxicidad y de intoxicaciones humanas asociadas

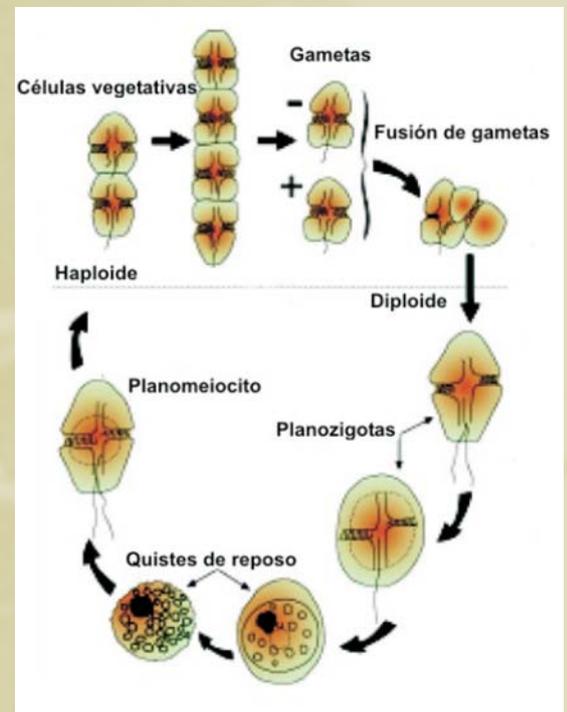


Fig. 11. Diagrama del ciclo de vida del dinoflagelado tóxico *Gymnodinium catenatum*.

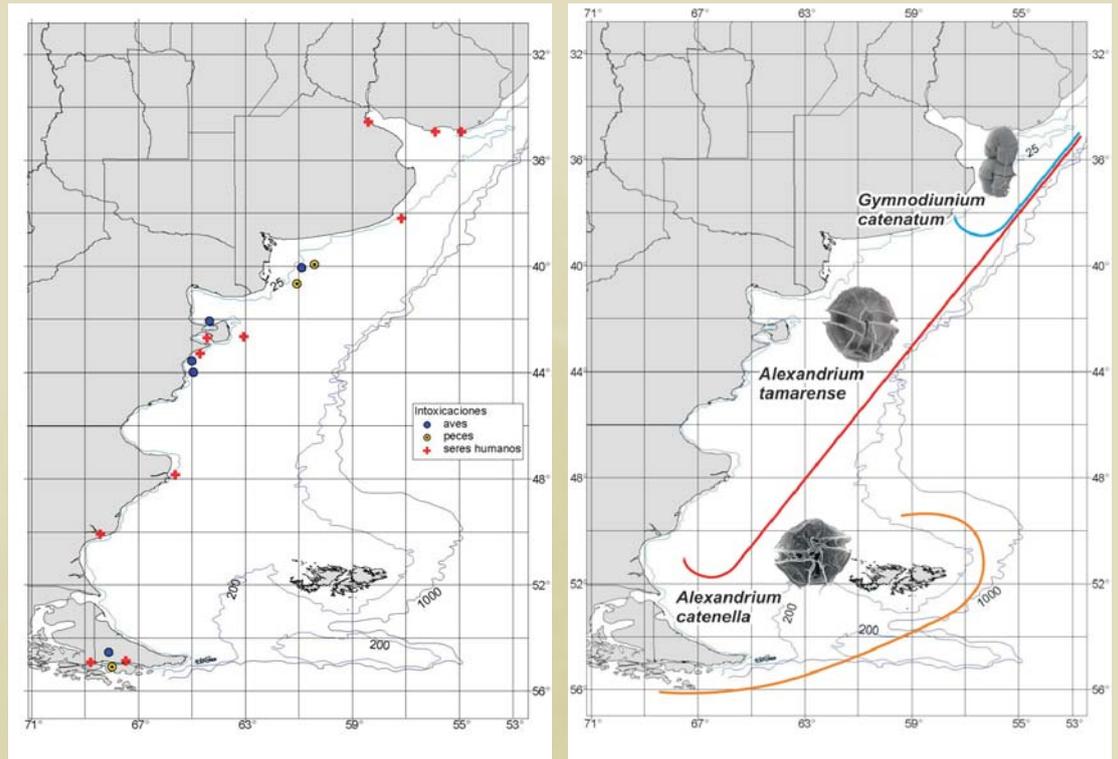


Fig. 12. Registros de intoxicaciones humanas y de mortandad de peces y de aves marinas (izquierda) ocurridas en las áreas de distribución de *Gymnodinium catenatum*, *Alexandrium tamarense* y *Alexandrium catenella* (derecha).

Intoxicación Amnésica de Moluscos (IAM)

El primer episodio de IAM ocurrió en Canadá en el año 1987 cuando se detectó un brote de intoxicación alimentaria de gran severidad y origen desconocido asociado a la ingestión de mejillones. Los estudios realizados permitieron identificar rápidamente en los mejillones tóxicos la presencia de un raro aminoácido tricarbóxico, el ácido domoico. Además se demostró su origen biosintético en la diatomea *Pseudo-nitzschia multiseries*. Con posterioridad, aunque no se reportaron nuevas intoxicaciones humanas, la presencia de ácido domoico en diversos organismos marinos ha sido detectada en muchas partes del mundo, incluyendo a Sudamérica.

En una etapa temprana, los síntomas de esta intoxicación se caracterizan por vómitos y diarrea seguidos en la mayoría de los casos por confusión, pérdida de memoria y desorientación, pudiendo llegar en los casos más graves al coma. En ciertos casos, la pérdida de memoria persiste en forma indefinida.

El ácido domoico (AD), responsable de estas intoxicaciones, es un raro aminoácido tricarbóxico soluble en agua que presenta las propiedades típicas de un aminoácido secundario.

Aunque esta neurotoxina es la principal toxina presente en el plancton y en los organismos contaminados, varios isómeros han sido también aislados en pequeñas proporciones. Se ha demostrado que varias especies de diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* tienen la capacidad de producir ácido domoico. Muchos estudios de campo han demostrado que en ocasiones se presentan densos florecimientos de estas especies de diatomeas consideradas tóxicas, sin que se evidencie la presencia de ácido domoico en las muestras de plancton. Se ha señalado que aunque algunas especies son capaces de producir ácido domoico en cultivos axénicos, su producción se incrementa en presencia de bacterias.

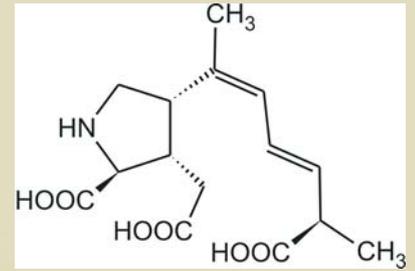


Fig. 13. Estructura química del principal isómero del ácido domoico.

Intoxicación Amnésica de Moluscos en el Mar Argentino

En la mayoría de los ecosistemas del Mar Argentino han sido observadas varias especies de diatomeas del género *Pseudo-nitzschia*, potenciales productoras de ácido domoico: *Pseudo-nitzschia australis*, *P. pseudodelicatissima*, *P. multiseries*, *P. fraudulenta*, *P. turgidula* y *P. pungens*.

Sin embargo, a pesar de que en algunos casos su importancia cuantitativa fue relativamente elevada nunca se detectaron intoxicaciones humanas por toxina amnésica de moluscos. No obstante se ha confirmado que las poblaciones naturales de *Pseudo-nitzschia australis* producen cantidades significativas de ácido domoico. Recientemente se ha confirmado que otra especie (*Pseudo-nitzschia multiseries*) componente importante del fitoplancton marino de la región, presenta la capacidad de producir ácido domoico.

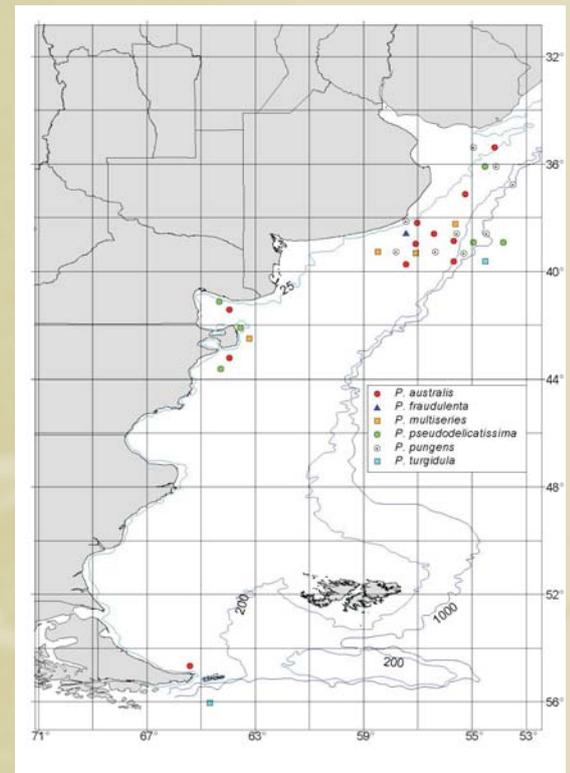


Fig. 14. Mapa con la distribución de los registros de la presencia de diferentes especies potencialmente tóxicas de diatomeas del género *Pseudonitzschia*.



Fig. 15 Algunas especies de diatomeas productoras de toxina amnésica de moluscos, A) *Pseudo-nitzschia australis*, B) *Pseudo-nitzschia pungens* y C) *Pseudo-nitzschia multiseries*.

La presencia de ácido domoico también fue detectada en el mejillón *Mytilus edulis* y en el contenido gastrointestinal y el tejido muscular de las poblaciones de la anchoíta *Engraulis anchoita*, de la región bonaerense. Los máximos valores detectados en los mejillones (7,7 $\mu\text{g/g}$ de tejido) son relativamente pequeños y se encuentran por debajo del límite de seguridad internacionalmente establecido para el consumo humano (20 $\mu\text{g/g}$). Por el contrario, en los contenidos gastrointestinales de la anchoíta, la concentración de ácido domoico fue muy elevada (76,6 $\mu\text{g/g}$).

Intoxicación Diarreica de Moluscos (IDM)

La intoxicación diarreica de moluscos es una enfermedad descrita por primera vez en Japón en el año 1976, causada por la ingestión alimentaria de varias toxinas producidas por algunas especies de dinoflagelados que son acumuladas en los moluscos bivalvos. En la actualidad la enfermedad tiene distribución mundial, aunque es más frecuente en Europa, Japón y en regiones en que se practica el cultivo intensivo de moluscos. En Sudamérica se han detectado brotes de IDM en Chile, Uruguay, Brasil y Argentina.

Los pacientes que sufren esta intoxicación presentan diarrea, náuseas e inflamación intestinal, recuperándose sin secuelas dentro de los tres días que siguen a la ingesta. Estos síntomas clínicos son similares a los que presentan otras afecciones originadas por infecciones gástricas de origen bacteriano, por lo que suelen confundirse muy fácilmente. Es importante hacer notar que algunas toxinas de este grupo (por ejemplo el ácido okadaico) presentan una potente actividad promotora de tumores, por lo que su incorporación crónica en dosis sub-agudas debe prevenirse.

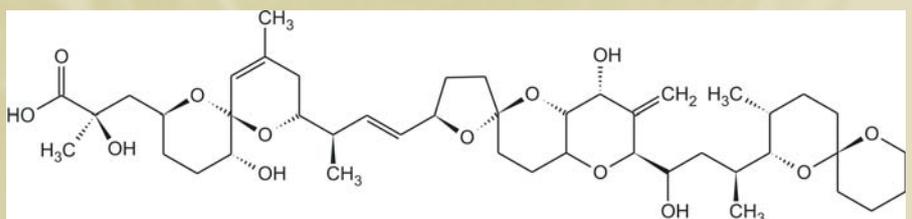


Fig. 16. Estructura química del ácido okadaico, una de las principales toxinas del complejo denominado Toxinas Diarreicas de Moluscos.

Las toxinas del complejo causal de IDM son sustancias liposolubles, resistentes al calor, que de acuerdo a su esqueleto básico pueden clasificarse en tres grupos principales. El primer grupo incluye al ácido okadaico (OA) y sus derivados. El segundo grupo está formado por una serie de compuestos poliéteres-macrocíclicos, aislados originalmente del hepatopáncreas de la vieira *Platinopecten*

yessoensis que produce efectos hepatotóxicos. El tercer grupo está formado por la yessotoxina y la 45-hidroxiyessotoxina. La característica de su estructura es la presencia de varios anillos éter continuamente fusionados.

Varios dinoflagelados del género *Dinophysis* presentan la capacidad de producir estas toxinas. La presencia del ácido okadaico y sus derivados ha sido también confirmada en varias especies de dinoflagelados bentónicos: *Prorocentrum concavum*, *Prorocentrum hoffmanianum* y *Prorocentrum lima*. Aunque *P. lima* es un organismo bentónico también se lo ha señalado como responsable de brotes de IDM por consumo de moluscos en Irlanda, Canadá y Argentina.

Intoxicación Diarreica de Moluscos (IDM) en el Mar Argentino

En casi todos los ecosistemas del Mar Argentino han sido observadas varias especies de dinoflagelados del género *Dinophysis* potencialmente productoras de toxinas diarreicas de moluscos: *D. acuminata*, *D. caudata*, *D. rotundata*, *D. saculus* y *D. acuta*. Sin embargo, sólo dos de ellas, *D. caudata* y *D. acuminata*, han sido asociadas con la presencia de toxinas diarreicas en almejas (*Mesodesma mactroides*), berberechos (*Donax hanleyanus*) y mejillones (*Mytilus edulis*) colectados en la costa uruguaya. Algunos estudios parecen confirmar la presencia de ácido okadaico en muy bajas concentraciones en *D. acuta* y *D. acuminata*. En los golfos norpatagónicos recientemente se detectó el primer episodio de Intoxicación Diarreica de Moluscos por consumo de cholgas colectadas en Golfo Nuevo y Golfo San José. En este incidente se detectaron alrededor de cuarenta individuos con sintomatología típica de esta intoxicación. El organismo causal identificado como el dinoflagelado *Prorocentrum lima*, fue observado tanto en el plancton como en forma epífita sobre macroalgas así como en el contenido estomacal de la cholga *Aulacomya atra*. Los análisis realizados confirmaron la presencia de estas toxinas.

Intoxicación Neurotóxica de Moluscos

El dinoflagelado formador de mareas rojas *Karenia brevis*, es responsable de grandes mortandades de peces en las costas de Florida (EEUU) (Ver Figura 1B) y es el origen de intoxicaciones humanas por consumo de moluscos bivalvos. Además, sus floraciones producen otros efectos secundarios (irritación en el aparato respiratorio) debido a la inhalación de aerosoles que contienen células tóxicas. En la actualidad se conocen al menos 9 toxinas de este grupo cuya estructura química es extremadamente compleja; sólo en 1981 pudo determinarse la estructura de una de ellas, la denominada brevetoxina-B. Aunque hasta hace poco tiempo esta intoxicación parecía restringida a las costas del Golfo de México, en 1993 más de 180 intoxicaciones humanas por

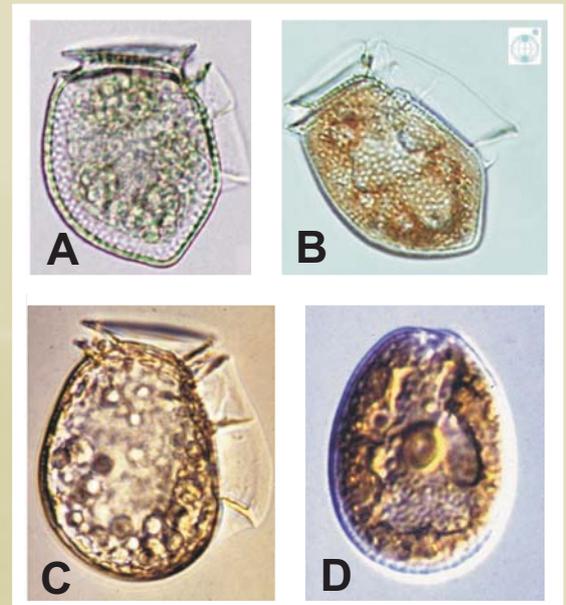


Fig. 17. Algunas especies de dinoflagelados productoras de Toxinas Diarreicas de Moluscos. A) *Dinophysis norvegica*, B) *Dinophysis acuta*, C) *Dinophysis fortii*, D) *Prorocentrum lima*.

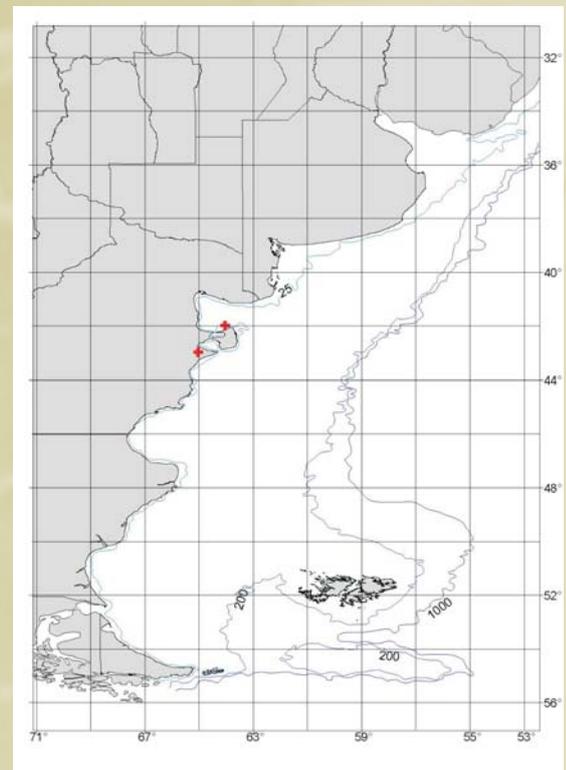


Fig. 18. Mapa de distribución de registros de intoxicaciones humanas por ingestión de moluscos conteniendo Toxinas Diarreicas.

consumo de moluscos conteniendo estas toxinas fue reportada en Nueva Zelandia. Este brote fue causado por la proliferación de una serie de especies similares a *Karenia brevis* (*K. bicuneiformis*, *K. brevisulcata*, *K. papilionacea* y *K. selliformis*). Los pacientes de esta intoxicación sufren dolor de cabeza, diarrea, flacidez muscular, náuseas y vómitos, recuperándose dentro de los tres días de la ingestión. En casos más severos se produce parestesia,

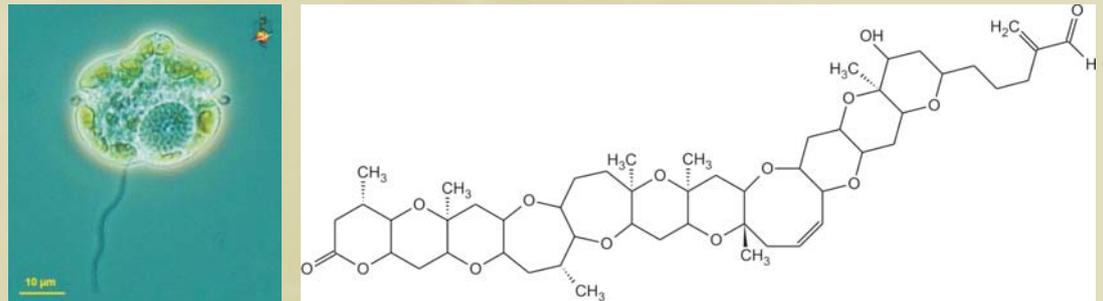


Fig. 19. Fotografía del dinoflagelado tóxico *Karenia brevis* y estructura química de una de sus principales toxinas (Brevetoxina BTX-2).

escalofrío, movimientos espasmódicos, visión doble y elevada presión sanguínea. En nuestro país no se ha registrado hasta el presente, la presencia de estas especies ni de sus toxinas.

Intoxicación por Ciguatera

El envenenamiento denominado **Ciguatera** fue reportado por primera vez por los historiadores del descubrimiento de América en 1595. Hoy en día el término se aplica para describir una intoxicación causada principalmente por el consumo de peces de arrecifes coralinos de áreas tropicales y subtropicales (Mar Caribe, Australia y especialmente la Polinesia francesa). Las toxinas involucradas son producidas por algunos dinoflagelados bentónicos (p.e. *Gambierdiscus toxicus*) que son ingeridos por peces herbívoros que retienen las toxinas y las propagan al ser presas de otros peces carnívoros. La sintomatología de la intoxicación presenta diversos efectos gastrointestinales, cardiovasculares y neurológicos, debido a que en esta intoxicación son varias y distintas las neurotoxinas involucradas (ciguatoxinas, gambiertoxina, maitotoxina, palytoxina, etc). En nuestro país hasta el presente, no se ha registrado la presencia de estas especie ni de sus toxinas.

Otras especies toxigénicas o potencialmente nocivas en el Mar Argentino

En las plataformas continentales de Uruguay y Argentina se ha registrado la presencia de dinoflagelados de los géneros

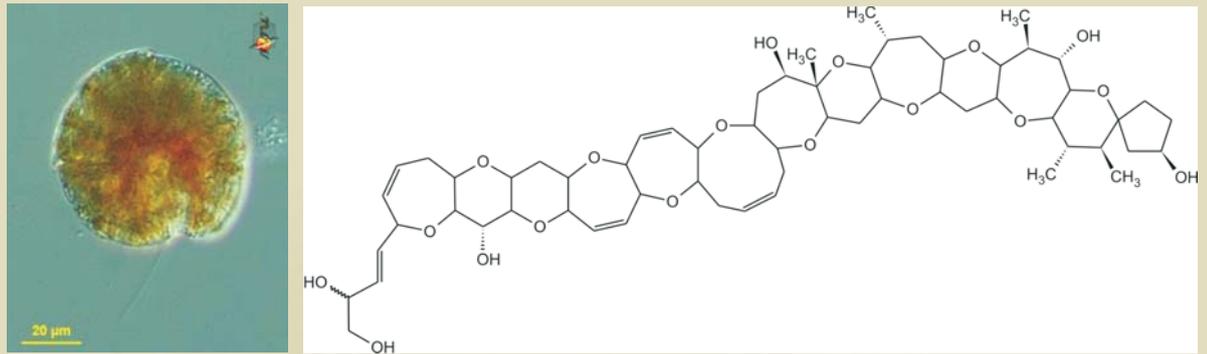


Fig. 20. Fotografía del dinoflagelado tóxico *Gambierdiscus toxicus* y estructura química de una de sus principales toxinas (Ciguatera P-CTX-1).

Gymnodinium y *Gyrodinium* que presentan afinidades con especies productoras de compuestos con actividad hemolítica que afectan a los peces. Algunas de estas especies, en concentraciones del orden de 10^5 y 10^7 células litro^{-1} , ocasionaron discoloraciones. Estas especies presentaron características morfológicas afines con las de *Karenia mikimotoi* que ocasiona mortandad de peces e invertebrados marinos en otras regiones del mundo.

Otro dinoflagelado potencialmente nocivo es *Prorocentrum minimum*, ocasionalmente señalado como causal de intoxicaciones humanas por consumo de bivalvos. Sin embargo su toxigenicidad es discutida y no se conoce la naturaleza de la toxina. La especie fue registrada en el litoral costero norte de la Provincia de Buenos Aires produciendo un intenso florecimiento asociado con mortandad de peces.

En el Río de la Plata se han registrado frecuentemente florecimientos de la cianobacteria tóxica *Microcystis aeruginosa*. Esta especie dulceacuícola es productora de una serie de toxinas denominadas microcistinas, cuya potente acción hepatotóxica puede llegar a producir efectos letales y en dosis subletales inducir la formación de tumores. En el Río de la Plata las floraciones de esta especie ocurren generalmente durante el verano. En la costa argentina, los registros se extienden desde la ciudad de Buenos Aires a la ciudad de Magdalena, siendo muy importantes los ocurridos en la costa de Punta Lara.

Recientemente en el Río de la Plata se ha mencionado la presencia de *Pfiesteria*, un complejo de especies de dinoflagelados no fotosintéticos que ocasiona mortandades masivas de peces. Sin embargo, *Pfiesteria* no ha sido asociada a ninguno de los numerosos reportes de mortandad de peces registrados en la región del Río de la Plata y en

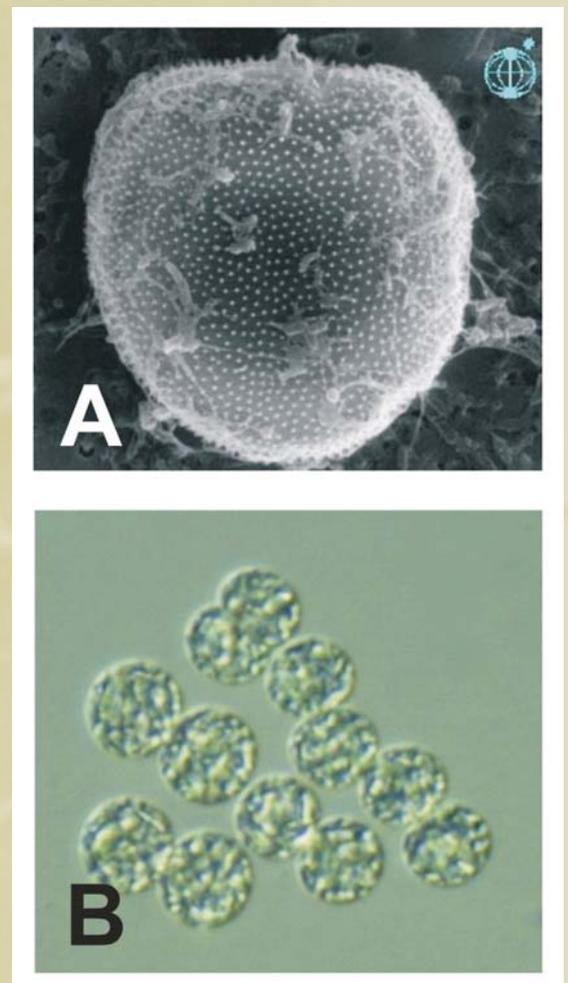


Fig. 21. Imágenes del dinoflagelado *Prorocentrum minimum* (A) y de la cianobacteria *Microcystis aeruginosa* (B).

sectores costeros y de plataforma de Argentina y Uruguay.

Debe señalarse, finalmente, que los florecimientos y episodios de mareas rojas no tóxicas y/o potencialmente nocivas producidos en el Mar Argentino por diversas especies de cianobacterias, diatomeas, dinoflagelados, microalgas de otros grupos taxonómicos y ciliados han sido numerosos tanto en aguas neríticas como costeras y se han registrado especialmente en áreas frontales.

José I. Carreto
Nora G. Montoya
Mario O. Carignan

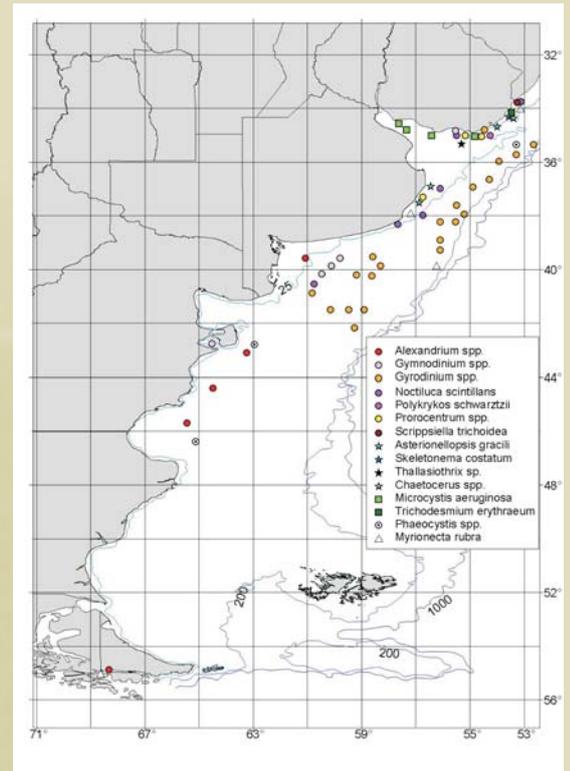


Fig. 22. Mapa mostrando la distribución de los registro de discoloraciones producidas por florecimientos masivos de varias especies de dinoflagelados, diatomeas, cianobacterias, haptofitas y ciliados en el Mar Argentino.

Consideraciones finales

La experiencia de los últimos 15 años nos enseña que no se debe considerar nunca cerrada la lista de especies tóxicas o la existencia de nuevos síndromes tóxicos en una determinada región. A finales de la década del 90, y en paralelo con grandes avances tecnológicos en la separación, identificación y cuantificación de toxinas, hemos sido sorprendidos con la identificación de *Gonyaulax grindleyi* como productor de yessotoxinas y de *Alexandrium ostendfeldii* como productor de un nuevo grupo de toxinas, los espirólidos. Los azaspirázidos, otro grupo de toxinas poliéteres fueron por primera vez detectados en mejillones irlandeses luego de un episodio de intoxicaciones humanas. La descripción reciente de nuevas toxinas causantes de episodios que se clasificaban como "toxicidad de origen desconocido" indican la necesidad de proseguir los estudios de las floraciones de algas tóxicas en el Mar Argentino.

José I. Carreto
Nora G. Montoya
Mario O. Carignan

Agradecimientos

Atlas de Sensibilidad Ambiental del Mar y la Costa
Florencia de algas nocivas
José I. Carreto, Nora G. Montoya y Mario O. Carignan

Algunas de las imágenes de las especies de algas nocivas han sido tomadas de 1) Plankton*Net Data Provider at the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research hdl:10013/de.awi.planktonnet , 2) thalassa.gso.uri.edu/HABChaet/index.html, 3) Dr. Y. Fukuyo, University of Tokyo: <http://dinos.anesc.u-tokyo.ac.jp/>

José I. Carreto
Nora G. Montoya
Mario O. Carignan



Bibliografía

- Hallegraeff G.M., Anderson, D.M: y Cembella, A.D. (Eds.).
2004. Manual on harmful marine microalgae.
Monographs on Oceanographic methodology. UNESCO
- Carreto, J.I, Akselman, R., Benavides, H., Montoya, N.G.,
Negri, R. 2002. El proyecto "Marea Roja" del Instituto
Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. En:
Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano.
Sar E.A., Ferrario M.E. & Reguera B.. Instituto Español
de Oceanografía. pp. 209-215.
- Carreto, J.I, Montoya, N.G, Akselman, R. 2004. Análisis
diagnóstico de la problemática de las floraciones algales
en el estuario del río de la plata y su frente marítimo.
Proyecto "Protección Ambiental del Río de la Plata y su
Frente Marítimo. Prevención y Control de la
Contaminación y Restauración de Hábitats" [http://
www.freplata.org](http://www.freplata.org)

José I. Carreto
Nora G. Montoya
Mario O. Carignan