

## CAPÍTULO 13: FLORACIONES ALGALES NOCIVAS EN URUGUAY: ANTECEDENTES, PROYECTOS EN CURSO Y REVISIÓN DE RESULTADOS

**SILVIA MÉNDEZ & GRACIELA FERRARI**

Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, Constituyente 1497, CP11200, Montevideo, Uruguay.

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	271
<b>PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DE FLORACIONES ALGALES NOCIVAS Y TOXICIDAD EN MOLUSCOS</b> .....	271
Muestreos de fitoplancton y análisis de laboratorio .....	272
<b>FLORACIONES DE ALGAS NOCIVAS EN URUGUAY</b> .....	274
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech .....	274
<i>Gymnodinium catenatum</i> Graham .....	276
Toxinas producidas por cepas de <i>A. tamarense</i> y <i>G. catenatum</i> de Uruguay .....	278
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède Lachmann y <i>D. caudata</i> Saville Kent .....	280
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. ....	282
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing .....	282
<b>OTRAS ESPECIES POTENCIALMENTE NOCIVAS</b> .....	282
<i>Trichodesmium erythraeum</i> Ehrenberg .....	283
<i>Nodularia</i> sp. ....	283
<i>Alexandrium fraterculus</i> (Balech) Balech .....	283
<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller .....	283
<b>DISCOLORACIONES</b> .....	283
<b>QUISTES DE MICROALGAS EN LOS SEDIMENTOS COSTEROS</b> .....	283
<b>PRINCIPALES CONSIDERACIONES SOBRE LA PROBLEMÁTICA DE FLORACIONES ALGALES NOCIVAS EN URUGUAY</b> .....	286
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	286



## FLORACIONES ALGALES NOCIVAS EN URUGUAY: ANTECEDENTES, PROYECTOS EN CURSO Y REVISIÓN DE RESULTADOS

**SILVIA MÉNDEZ & GRACIELA FERRARI**

Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, Constituyente 1497, (CP11200), Montevideo, Uruguay.

### INTRODUCCIÓN

Si bien existen floraciones de microalgas que causan discoloraciones en el agua, los principales problemas relacionados con ellas en Uruguay, se deben a especies, que sin necesidad de alcanzar elevadas concentraciones, producen potentes toxinas que se transmiten a niveles superiores de la cadena trófica e incluso al hombre.

En Uruguay se registró la primera floración de microalgas tóxicas en 1980, cuando se determinó por primera vez la causa de intoxicaciones humanas con sintomatología de toxinas paralizantes (PSP). En esa ocasión, 60 personas resultaron intoxicadas, y 25 de ellas requirieron asistencia médica u hospitalización (Davison & Medina, 1982, 1986; Davison & Yentsch, 1985). No se llegó a la determinación taxonómica de la especie causante de ese episodio aunque se citó la presencia de *Gonyaulax* sp. y *Gymnodinium* sp. Como consecuencia de este primer registro de PSP, se estableció el «Programa Nacional de Monitoreo de Floraciones Algas Nocivas y Toxicidad en Moluscos» en Uruguay en 1980.

Desde entonces, la costa uruguaya y el Frente Marítimo del Río de la Plata, han sido afectados en forma reiterada por floraciones de algas nocivas, con sus consecuentes efectos sanitarios en algunos recursos pesqueros, la salud pública, la economía de las comunidades que viven de la pesca artesanal, las actividades turísticas, e incluso en la gastronomía de la zona costera (Medina *et al.*, 1993; Méndez, 1993; Méndez *et al.*, 1993).

Las áreas afectadas por las floraciones de dinoflagelados tóxicos se sitúan en la margen norte del Río de la Plata y en la costa Atlántica uruguaya, que mide aproximadamente 250 km, mientras que el Río de la Plata interior y los cuerpos de agua continentales están afectados fundamentalmente por floraciones de cianofíceas.

En este trabajo se presenta una síntesis de las floraciones de microalgas que han producido episodios tóxicos en Uruguay, contemplando los aspectos taxonómicos, ecológicos y toxicológicos más relevantes de las principales especies.

### PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DE FLORACIONES ALGALES NOCIVAS Y TOXICIDAD EN MOLUSCOS

El Programa Nacional de Monitoreo de Floraciones Algas Nocivas y Toxicidad en Moluscos está a cargo de la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA ex INAPE), del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP) de Uruguay, e incluye análisis simultáneos de la toxicidad de los moluscos bivalvos costeros y del fitoplancton.

Por otra parte, la Base Aeronaval Carlos Curbelo brinda su apoyo para el avistamiento de manchas o discoloraciones del agua en la zona costera, y alerta a la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) sobre la presencia de discoloraciones, a fin de realizar las investigaciones pertinentes. El esquema de funcionamiento de este programa de monitoreo se describe en la Fig. 1. Ante la detección de una floración de algas tóxicas cerca de bancos de moluscos de explotación comercial, se establece una veda preventiva mientras dura la floración. Si se detectan niveles de toxicidad por toxina paralizante (PSP) o por toxina diarreica (DSP) en moluscos, superiores a los límites permitidos para el consumo humano, se establece una veda hasta que dos muestreos consecutivos den resultados aptos para consumo. Inmediatamente tras la implantación de la veda, se comunica a las prefecturas locales de Piriápolis, Punta del Este, La Paloma y Barra del Chuy, al Ministerio de Salud Pública y al Centro de Información y Asesoramiento Toxicológico (CIAT), para que estén alertas ante la situación y brinden colaboración dentro de sus competencias.

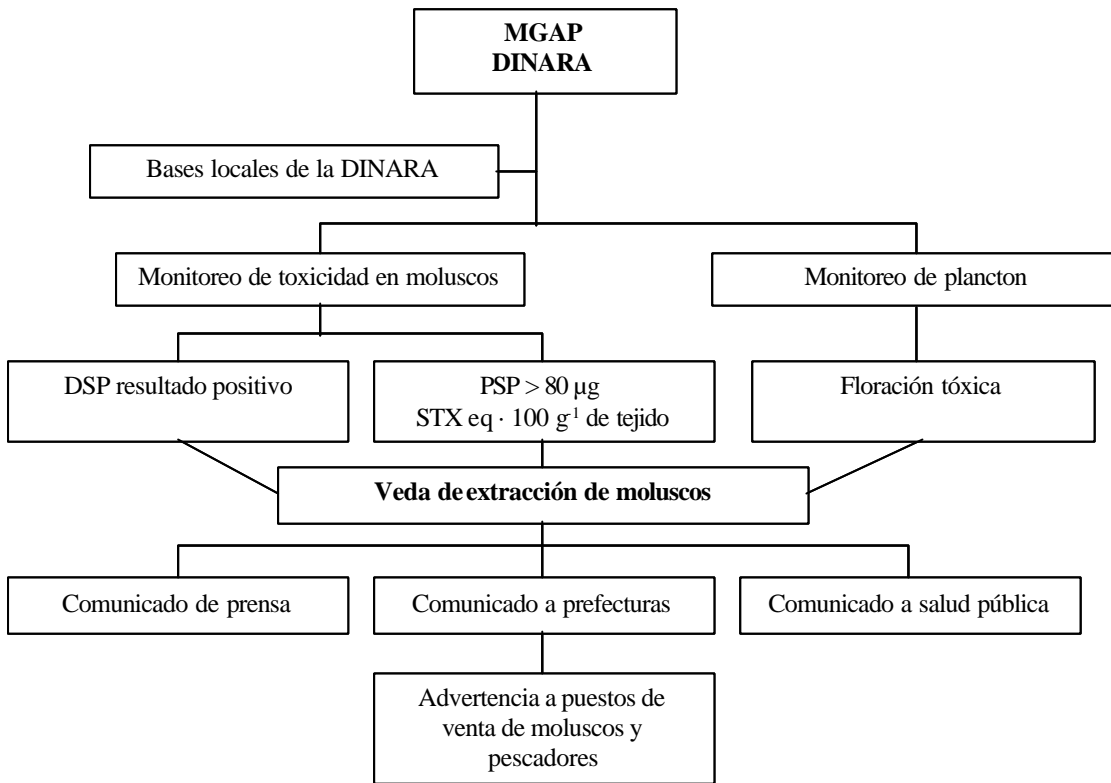


Fig. 1. Esquema del funcionamiento del programa de Monitoreo de Floraciones Algas Nocivas y Toxicidad en Moluscos en Uruguay.

El monitoreo se realiza sobre la base de muestreos periódicos de plancton y de moluscos durante todo el año, a lo largo de la costa, en las áreas de extracción de moluscos para consumo humano. Las estaciones de muestreo que se mantienen fijas, son Piriápolis, Punta del Este y La Paloma (Fig. 2). Cercano a Punta del Este se agrega en verano una estación en el balneario José Ignacio y se monitorean



Fig. 2. Estaciones de muestreo en el Programa de Monitoreo de Floraciones Algas Nocivas y Toxicidad en Moluscos de Uruguay.

moluscos procedentes de la Isla de Lobos y de la Isla Gorriti, durante todo el año, excepto en las épocas en que la extracción del recurso está vedada para su conservación. Los monitoreos de Punta del Diablo y Barra del Chuy a partir de 1998 son esporádicos debido a que no se están extrayendo comercialmente mejillones ni almejas de esa zona. A partir del año 2000 DINARA comenzó un programa de monitoreo de fitoplancton y toxinas PSP, DSP y ASP en bivalvos, en un área situada a 30-40 millas de la costa atlántica uruguaya donde la flota comercial se dedica a la extracción de la almeja *Pitar rostrata* ante la ocurrencia de una floración algal nociva y/o la detección de toxicidad en moluscos se alerta también a los países vecinos a través de los puntos focales del «Grupo de Trabajo Regional COI-FANSA sobre Floraciones Algas Nocivas en Sudamérica».

### Muestreos de fitoplancton y análisis de laboratorio

Las muestras para estudio cuantitativo del plancton se toman en superficie, en envases plásticos y se fijan inmediatamente con lugol. Para el estudio cualitativo de la comunidad planctónica se to-

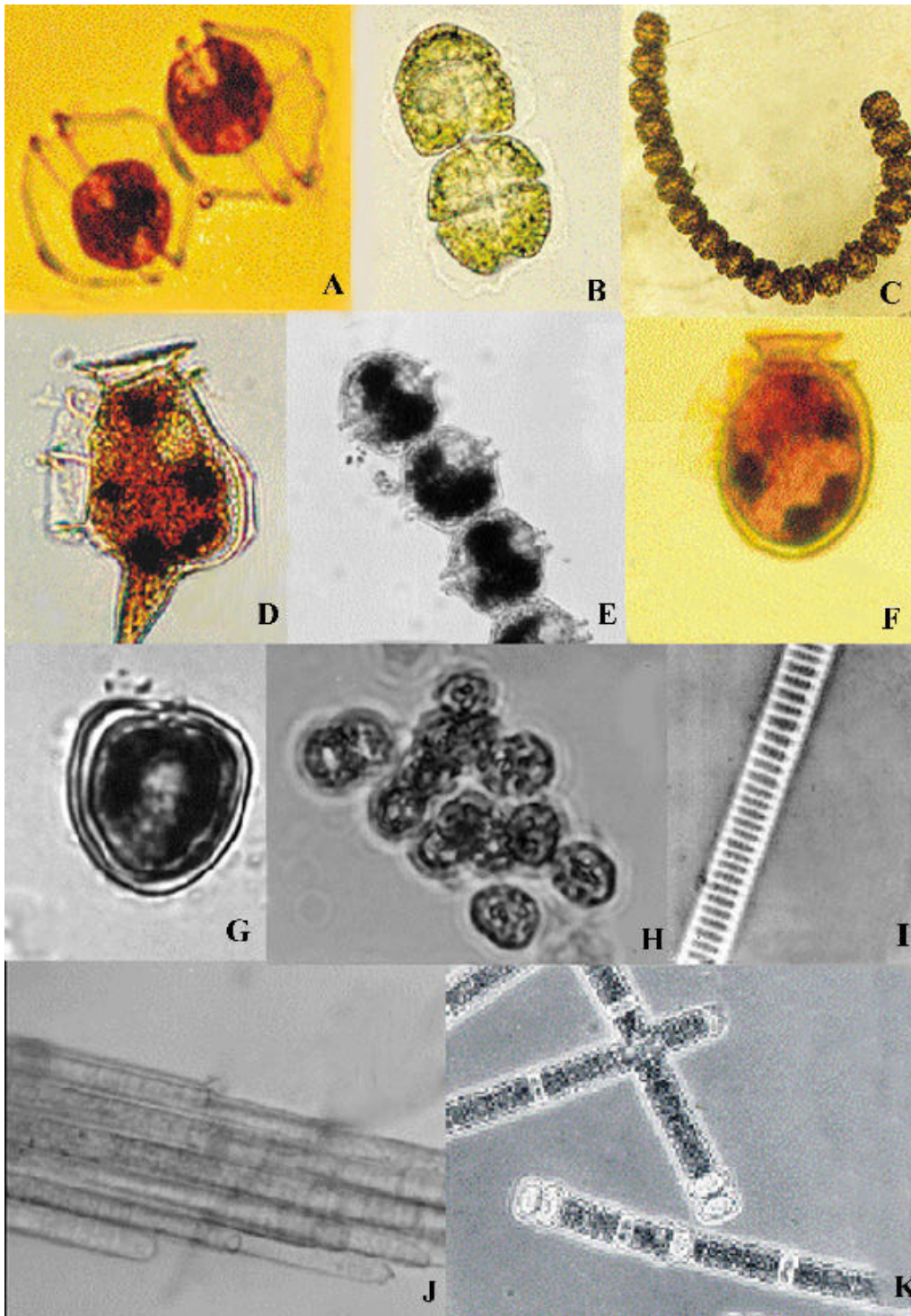


Fig. 3. Imágenes de microalgas de las costas de Uruguay: A) *Alexandrium tamarense*. B-C) *Gymnodinium catenatum*. D) *Dinophysis caudata*. E) *Alexandrium fraterculus*. F) *Dinophysis acuminata*. G) *Prorocentrum minimum*. H) *Microcystis aeruginosa*. I) *Pseudo-nitzschia pungens*. J) *Trichodesmium erythraeum*. K) *Nodularia* grupo *baltica spumigena*.

man muestras integradas de la columna de agua mediante arrastre vertical con red de malla de 25  $\mu\text{m}$  y se fijan con formol neutro. La frecuencia de muestreo de plancton es semanal. Una vez llegadas al Laboratorio de Fitoplancton de la DINARA, las muestras se examinan al microscopio invertido, según el método de Utermöhl (1958), tras sedimentar un volumen de 10 o 25 ml dependiendo de la concentración de células presente.

Los datos de temperatura, salinidad, dirección del viento y turbidez del agua así como del estado y color del mar se registran en cada estación de muestreo.

Para el monitoreo de las zonas de explotación de *Pitar rostrata* las muestras destinadas a estudios cuantitativos de fitoplancton nocivo, se toman con una manguera integradora de 15 m de longitud y 2.5 cm de diámetro.

La toxicidad se determina en mejillones, berberchos y almejas colectados desde la costa en las estaciones fijas, con una frecuencia semanal en verano-otoño y quincenal en invierno-primavera. Las muestras se transportan vivas al laboratorio de Control y Certificación de la DINARA para determinar su toxicidad.

Para determinar la cantidad de toxina PSP presente en la muestra, se utiliza toda la pulpa del molusco y se realiza el bioensayo de ratón descrito en los Métodos Oficiales de Análisis por la Asociación de Químicos Analíticos (AOAC, Association of Analytical Chemists, 1984).

El programa de monitoreo de toxicidad en Uruguay está dedicado fundamentalmente al control de PSP. Se controla DSP desde febrero de 1992 para lo cual se extrae del animal sólo la glándula digestiva y se realiza el bioensayo de ratón según el método de Yasumoto modificado (Yasumoto *et al.*, 1984). Se consideran muestras tóxicas aquellas que producen la muerte del ratón en menos de 24 horas. Se analiza DSP en moluscos de consumo interno durante las proliferaciones de *Dinophysis* spp. y rutinariamente en todos los moluscos destinados a exportación.

Desde el año 2000 se inició el monitoreo por métodos analíticos de toxina amnésica (ASP) en moluscos.

El bioensayo para determinación de microcystinas se realizó en concentrados de plancton durante episodios de floraciones de cianobacterias,

en colaboración con otras instituciones nacionales. Sin embargo, DINARA está interesado en poner a punto las técnicas para detectar toxicidad por microcystinas en productos pesqueros.

Hasta la fecha existían registros de aparición de toxinas paralizantes, diarreicas y microcystinas de origen microalgal en Uruguay (Medina *et al.*, 1993; Méndez *et al.*, 2001; Ferrari *et al.*, 2000; de León, 1999). Recientemente, en diciembre de 2001, se registró ácido domoico por primera vez en el país (Medina *et al.*, 2002).

## FLORACIONES DE ALGAS NOCIVAS EN URUGUAY

Gracias al programa de monitoreo, se ha hecho un seguimiento de las especies de microalgas asociadas a eventos tóxicos o nocivos en las aguas costeras uruguayas.

Han podido constatarse floraciones de diversas especies, las cuales alcanzan densidades celulares muy elevadas que en algunos casos provocan discoloraciones del agua (ver Tabla 5). Otras especies no producen discoloraciones, y sin necesidad de alcanzar elevadas densidades, producen toxinas que se transmiten a otros organismos acuáticos filtradores, los cuales actúan como vector de intoxicación hacia el hombre.

### *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech

El primer registro de floración de *A. tamarense* (Fig. 3A) en la costa uruguaya fue en el año 1991 y desde esa fecha se han reportado floraciones periódicas. Dado que la especie se observa en el plancton casi exclusivamente a fines del invierno y principios de primavera (agosto-septiembre) (Fig. 4), y teniendo en cuenta la hidrodinámica del área, se cree que ésta se desarrolla fuera de la zona costera uruguaya y el acceso a la costa depende de factores oceánicos, y del caudal y deriva de la descarga del Río de la Plata. El ciclo de vida incluye un estadio de quiste de resistencia que ha sido encontrado en sedimentos de la costa uruguaya en bajas concentraciones. Hipótesis generadas sobre la dinámica de esta especie en el área, permiten suponer que se desarrolla en el sur, asociada a aguas subantárticas de la plataforma bonaerense y es transportada por las corrientes hacia aguas uruguayas (Brazeiro *et al.*, 1997; Carreto *et al.*, 1998).

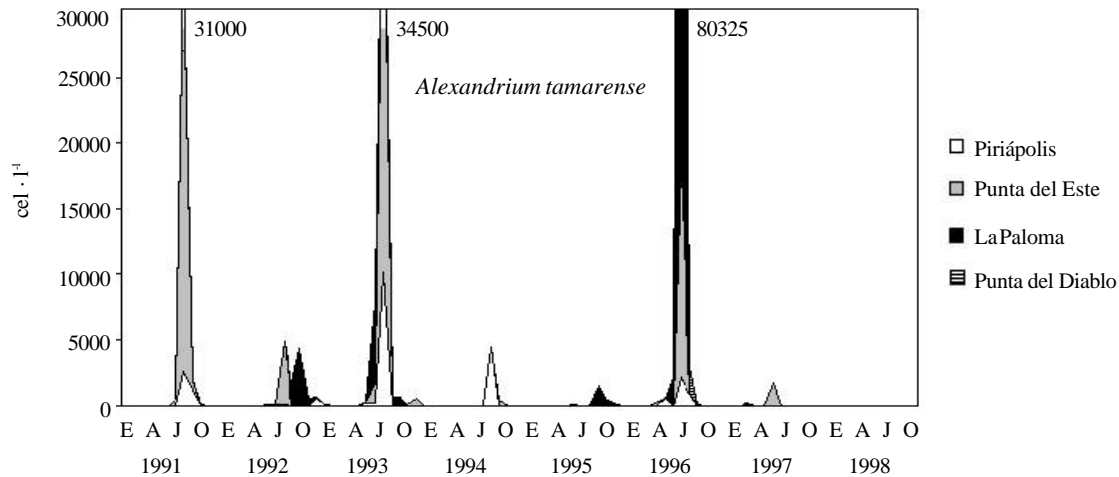


Fig. 4. Abundancia máxima mensual de *A. tamarense* en la costa uruguaya entre 1991 y 1998 en las localidades de Piriápolis, Punta del Este, La Paloma y Punta del Diablo.

Durante la floración de 1991 se alcanzaron niveles de PSP de 8285  $\mu\text{g STX eq.} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de pulpa de mejillones (Medina *et al.*, 1993; Méndez, 1993; Brazeiro *et al.*, 1997). En la figura 5 se muestran los niveles de toxicidad detectados durante las floraciones de *A. tamarense* en el período 1991-1998.

En invierno, la oscilación Norte/Sur (NS) de la convergencia subtropical y las aguas costeras subantárticas alcanzan nuestras latitudes. En esta época, durante el descenso de descarga del río, las aguas oceánicas invaden el estuario, permitiendo que *A. tamarense* tome contacto con los bancos costeros de moluscos bivalvos.

La figura 6 muestra la relación entre la aparición de floraciones de *A. tamarense*, la descarga del Río de la Plata y las fluctuaciones de salinidad en el período comprendido entre 1991 y 1994. Las floraciones de *A. tamarense* coincidieron con disminuciones en el caudal del Río de la Plata con el consiguiente aumento de salinidad (Méndez *et al.*, 1996).

Según estudios realizados en base a información de los años 1988 a 1994, el frente de convergencia oscila anualmente aproximadamente entre los 35 y 49° S (Fig. 7). La asociación de las floraciones de *A. tamarense* con los factores oceanográficos sugiere

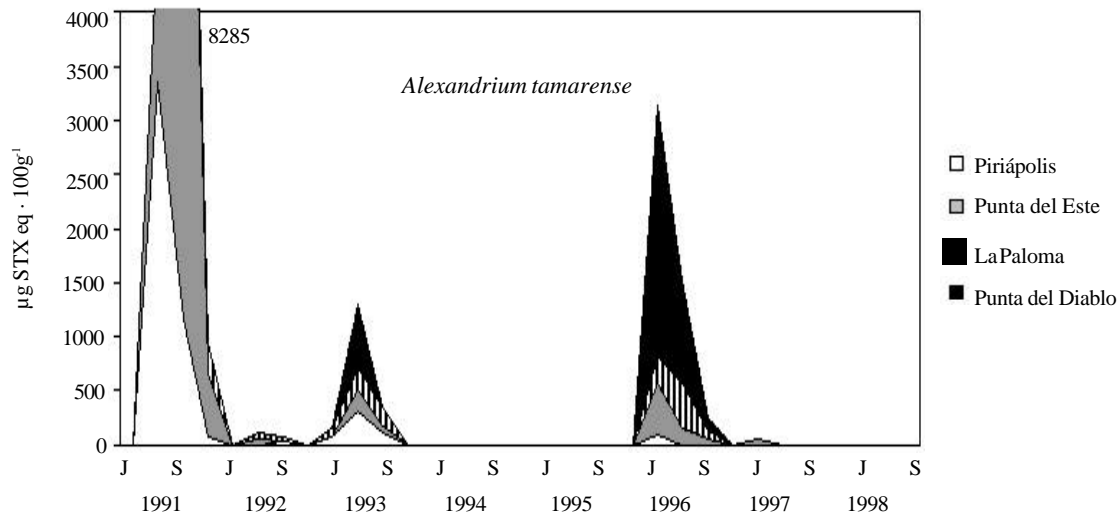


Fig. 5. Contenido de toxinas PSP en mejillones durante floraciones de *A. tamarense* en Uruguay en el período julio-octubre entre 1991 y 1998, en cuatro localidades de muestreo: Piriápolis, Punta del Este, La Paloma y Punta del Diablo.

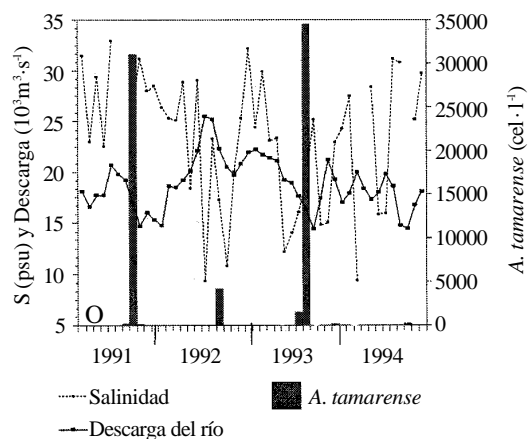


Fig. 6. Relación entre la descarga del Río de la Plata, la salinidad y la densidad de células de *A. tamarensis* en el área de estudio (de Méndez *et al.*, 1996).

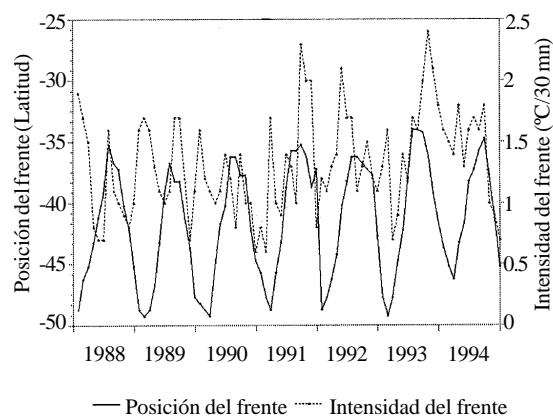


Fig. 7. Posición e intensidad del frente de convergencia entre 1988 y 1994 (de Méndez *et al.*, 1996).

Tabla 1. Floraciones tóxicas de *Alexandrium tamarensis* en el período 1980-1999 en Uruguay.

Período tóxico (dd/mm/aa)	PSP máximo <i>M. edulis</i>	PSP máximo <i>D. hanleyanus</i>	Densidad máxima ( $\text{cel} \cdot \text{l}^{-1}$ )	Localidad	Sal. (psu)	Temp. (°C)
27/08/91	8285	-	31000	Pta. del Este	29.8	12.5
15/10/91	0	97.6	4300	La Paloma	27.7	17.5
03/10/92	0	97.6	4300	La Paloma	27.7	17.5
27/10/92	0	97.6	4300	La Paloma	27.7	17.5
05/08/93	157.6	-	34500	Pta. del Este	22.6	11
24/09/93	157.6	-	34500	Pta. del Este	22.6	11
6/12/95	40	73	440	La Paloma	32.2	21
14/08/96	473.5	940	16360	Pta. del Este	22.2	12.7
23/10/96	473.5	940	16360	Pta. del Este	22.2	12.7
16/10/97	60.6	0	40	La Paloma	26.1	17

que éstas ocurrieron cuando la posición del frente de convergencia (tomando como referencia la isoterma de los 11°C), alcanzó la posición más septentrional en su oscilación anual. Las floraciones más intensas se produjeron cuando la intensidad del frente, medida como la diferencia de temperatura en 30 millas, fue entre 2 y 2.5 °C (Méndez *et al.*, 1996).

La capacidad de predicción de situaciones de máximo riesgo para la ocurrencia de una nueva floración y sus efectos potenciales en los recursos bentónicos, aumenta cuanto mayor es el conocimiento de las condiciones que propician el desarrollo de las microalgas tóxicas. En la Tabla 1 se presentan, en orden cronológico, las floraciones tóxicas de *A. tamarensis* que fueron registradas en Uruguay entre 1980 y 1999. Se incluye información sobre el lugar donde se registró la toxicidad, fecha, valor máximo

de toxicidad alcanzado, máxima densidad de células de la especie causante en ese período, salinidad y temperatura del agua.

#### *Gymnodinium catenatum* Graham

Se han registrado en aguas uruguayas cadenas de hasta 80 células de *G. catenatum* aunque lo más frecuente es encontrar cadenas de 4, 8 y 16 células. La ocurrencia de las floraciones de *G. catenatum* (Fig. 3 B,C) en Uruguay es estacional, de verano a otoño, tal como ocurre en otros países, como España (Bravo & Anderson, 1994), donde esta especie prolifera causando efectos nocivos. En la figura 8 se presentan los valores mensuales de abundancia ( $\text{cel} \cdot \text{l}^{-1}$ ) de *G. catenatum* en el período 1992-1998 y puede observarse que los máximos se registraron entre enero y abril.



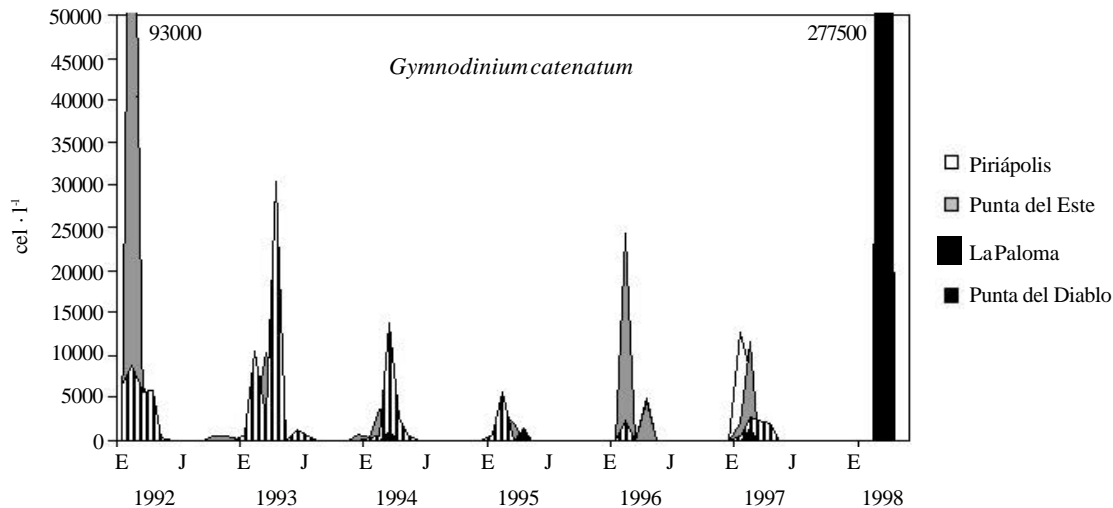


Fig. 8. Abundancia máxima mensual ( $\text{cel} \cdot \text{l}^{-1}$ ) de *G. catenatum* entre 1992 y 1998 en las estaciones costeras de Piriápolis, Punta del Este, La Paloma y Punta del Diablo.

En marzo de 1998, se observó la máxima densidad de *G. catenatum* ( $277500 \text{ cel} \cdot \text{l}^{-1}$ ) citada tanto para Uruguay como para toda la costa del Atlántico Sudoccidental (Tabla 2). Las condiciones ambientales en las que se desarrolla difieren en las distintas regiones, de ahí la importancia de registrar parámetros físico-químicos durante las floraciones de esta especie.

La temperatura del agua parece jugar un papel preponderante en la proliferación de esta especie en la costa oceánica uruguaya así como en otras partes del mundo. Se supone que los aportes del Río de la Plata influyen en la creación de un ambiente propicio para su crecimiento, ya que es la zona donde se registraron las mayores densidades y las primeras floraciones tóxicas del Cono Sur. Más recientemente *G. catenatum* se ha registrado en el sur de Brasil (Proença *et al.*, 1999).

Si bien los datos experimentales indican que el crecimiento óptimo de esta especie se da entre los  $22$  y  $28$  °C (Bravo & Anderson, 1994), las poblaciones naturales en Japón se producen en un rango de temperaturas entre  $6$  y  $15$  °C, en Tasmania entre  $12$  y  $18$  °C y en Filipinas entre  $26$  y  $29$  °C (Hallegraeff & Fraga, 1998).

El mayor desarrollo de *G. catenatum* en Uruguay está asociado a aguas cálidas de verano y principios de otoño y las densidades superiores a  $5000 \text{ cel} \cdot \text{l}^{-1}$  se han registrado a temperaturas del agua entre  $17$  y  $25$  °C (Fig. 9). Hallegraeff & Fraga (1998)

han considerado a *G. catenatum* como un complejo de especies, no sólo por las diferencias encontradas en la composición química de las toxinas que producen sino también por lo infructuoso del cruzamiento entre algunas cepas.

La primera floración tóxica por PSP producida por *G. catenatum* en la costa uruguaya se registró en febrero de 1992. Durante ésta, los berberechos (*Donax hanleyanus*) alcanzaron niveles de toxicidad de hasta  $1478 \mu\text{g STX eq} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de pulpa, y los mejillones (*Mytilus edulis*) hasta  $387 \mu\text{g STX eq} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de pulpa (Méndez & Brazeiro, 1993; Méndez *et al.*, 2001). Nuevos picos de toxicidad por PSP fueron registrados durante floraciones de *G. catenatum* en abril de 1993, marzo de 1994, abril de 1996 y marzo de 1998 (Méndez & Ferrari, en prensa).

Estos fueron los primeros registros de floraciones tóxicas de *G. catenatum* en el Atlántico Sudoccidental a pesar de que esta especie ya había sido citada tiempo atrás por Balech (1964). Los eventos de toxicidad en moluscos asociados a floraciones de esta especie en la costa uruguaya tienen lugar entre febrero y abril (Fig. 10).

Considerando la ausencia de *G. catenatum* en el plancton durante el resto del año, y la presencia de quistes en los sedimentos (Méndez, 1995a; Méndez *et al.*, 2001), se ha hipotetizado que el inicio de las floraciones se puede desencadenar por la resuspensión de quistes en momentos de adecuada temperatura y nutrientes para su desarrollo.

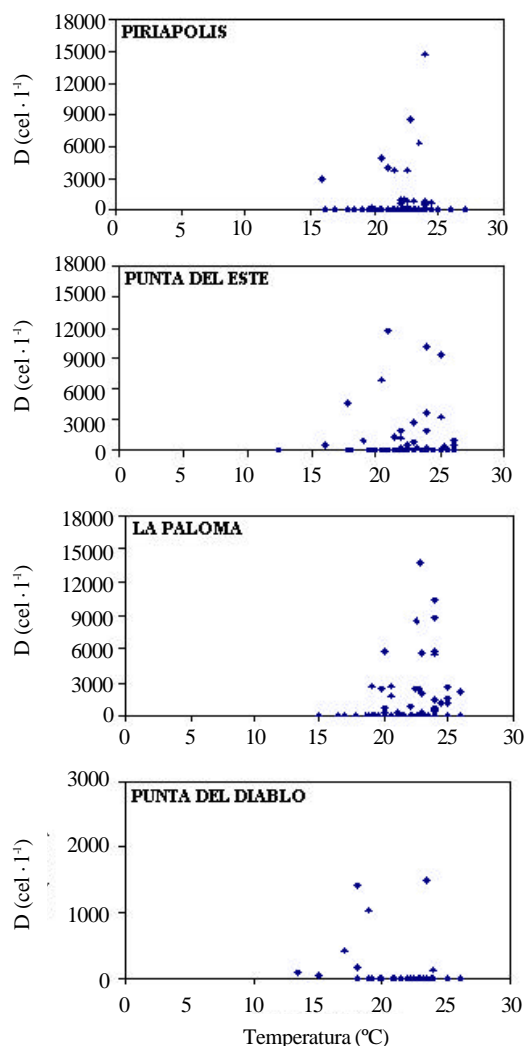


Fig. 9. Dispersión de la concentración de *G. catenatum* en función de la temperatura del agua en Uruguay, entre 1992 y 1998.

### Toxinas producidas por cepas de *A. tamarense* y *G. catenatum* de Uruguay

Los estudios realizados en extractos de cinco cultivos establecidos a partir de quistes colectados en sedimentos de Uruguay, muestran que el contenido intracelular de toxinas de *G. catenatum* es mayor (153 y 233  $\mu\text{M}$ ) que el de *A. tamarense* (59, 44 y 106  $\mu\text{M}$ ). Sin embargo, la toxicidad de los cultivos de *A. tamarense* (10014; 9697 y 26332 fg STX eq.  $\cdot$  cel $^{-1}$ ) fue igual o mayor que la de *G. catenatum* (9801 y 15189 fg STX eq.  $\cdot$  cel $^{-1}$ ) (Méndez *et al.*, 2001).

Los bajos valores de toxicidad asociados a altas concentraciones molares de toxinas en los cultivos de *G. catenatum* resultan de la gran proporción (> 96% molar) de derivados N-sulfocarbamoylados, como C1-4, GTX5 y GTX6. Las toxinas más potentes, como GTX1,4 y GTX2,3 son detectadas en niveles muy bajos (Fig. 11 A).

El perfil de toxinas en cultivos de *A. tamarense* presenta niveles significativos de Gonyautoxinas (24% - 47% molar), pero está dominado por toxinas de baja potencia, como la C1 y C2 (49-67 %).

Los extractos de cultivos de *G. catenatum*, sometidos a hidrólisis ácida, presentaron concentraciones más elevadas (50597 y 102723 fg STX eq.  $\cdot$  cel $^{-1}$ ) de derivados carbamatos tóxicos, que los cultivos de *A. tamarense* (20681, 13875 y 29108 fg STX eq.  $\cdot$  cel $^{-1}$ ). Los extractos hidrolizados de *G. catenatum* presentan altas proporciones de GTX1,4 y GTX2,3 y NEO (Fig. 11 B) mientras que las Gonyautoxinas 1-4 constituyen entre el 83% y 95% de los extractos ácidos de *A. tamarense* (Méndez *et al.*, 2001).

Tabla 2. Floraciones tóxicas de *Gymnodinium catenatum* registradas en el período 1980-1999 en Uruguay.

Período tóxico (dd/mm/aa)	PSP máximo <i>M. edulis</i>	PSP máximo <i>D. hanleyanus</i>	Densidad máxima (cel $\cdot$ l $^{-1}$ )	Localidad	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)
17/02/92	387	1478	40000	Punta del Este	31.1	24.5
16/03/92			93000	La Paloma		
12/03/93	290	150	10400	Punta del Este	26.7	24
13/04/93			26000	La Paloma		
25/02/94						
17/03/94		125	3600	Punta del Este	22.6	24
14/02/96	67.3		24000	Punta del Este	31.9	23
23/04/96	60		4800	La Paloma	16.2	20
17/03/98	167		277000	Punta del Diablo	19	23
23/04/98						

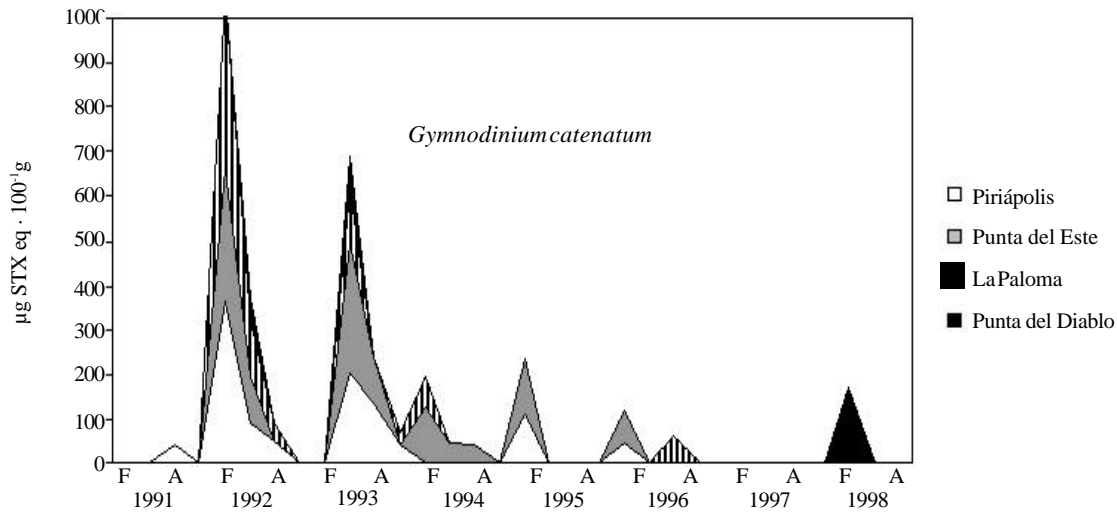


Fig. 10. Concentración de toxinas PSP en moluscos durante el verano y otoño (febrero-mayo) entre 1991 y 1998 en Piriápolis, Punta del Este, La Paloma y Punta del Diablo.

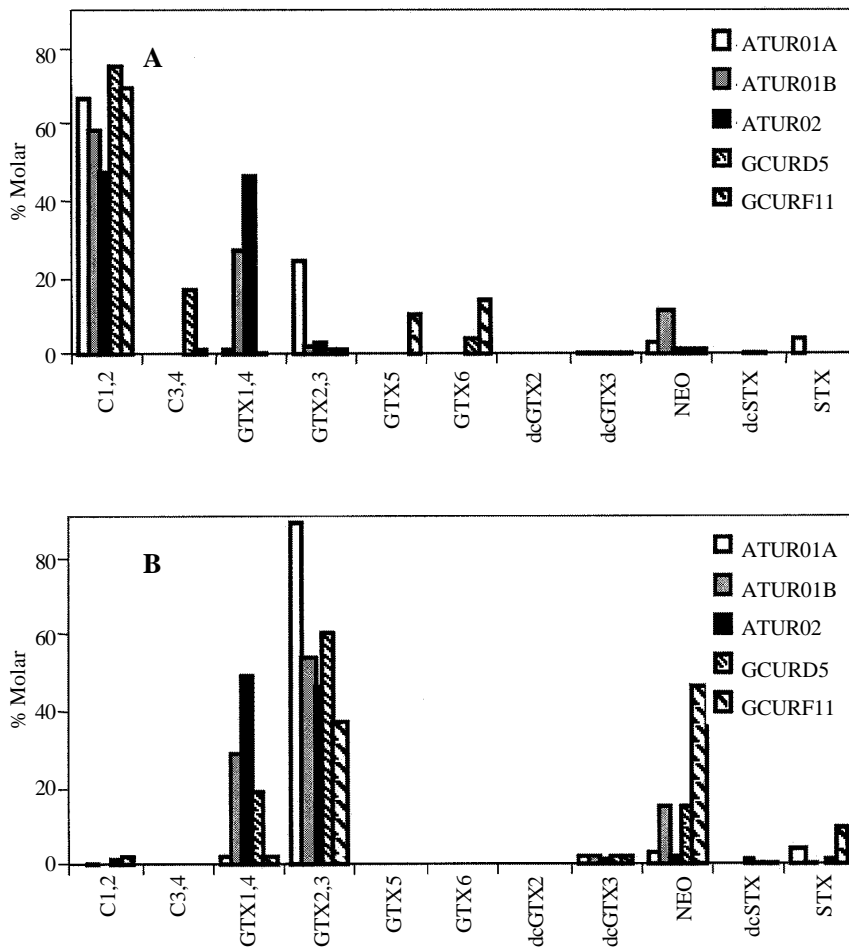


Fig. 11. Composición de toxinas de cepas de dinoflagelados de Uruguay. A) Extractos de cultivos de *A. tamarense* (ATUR01A, ATUR01B Y ATUR02) y de *G. catenatum* (GCURD5 y GCURF11) en ácido acético. B) Extractos de los cultivos en ácido hidrocórico.

***Dinophysis acuminata*** Claparède Lachmann y  
***D. caudata*** Saville Kent

Existen varias especies del género *Dinophysis* potencialmente capaces de producir toxinas diarreicas (DSP). En Uruguay se ha detectado en el plancton la presencia de *D. acuminata*, *D. caudata*, *D. rotundata*, *D. sacculus* y *D. acuta*, pero sólo dos de ellas, *D. caudata* y *D. acuminata* (Fig. 3D,F), han sido asociadas a episodios de DSP en moluscos en Uruguay (Ferrari *et al.*, 2000).

Aunque la presencia de *D. acuminata*, *D. fortii* y *D. rotundata* había sido citada por Balech (1988) para esta región del Atlántico Sudoccidental, no se habían registrado floraciones, ni veneno diarreico en la región previos a los de Uruguay. Durante los episodios de DSP en aguas uruguayas, en los años 1992, 1994 y 1996, se detectaron toxinas diarreicas en almejas (*Mesodesma mactroides*), berberechos (*Donax hanleyanus*) y mejillones (*Mytilus edulis*), en varias localidades de la costa (Tabla 3).

*D. acuminata* se detectó en distintas épocas del año, aunque su presencia en el plancton no es permanente. La densidad celular aumenta notablemente durante los períodos de verano y otoño (enero a mayo), asociada a condiciones oceanográficas caracterizadas por alta temperatura del agua (22 °C-25 °C) y alta salinidad (25-30 ‰) (Fig. 12). Esta mayor abundancia estacional verano-otoño se ha observado en otros países, como Italia (Sidari *et al.*, 1995), España (Reguera *et al.*, 1993), Noruega (Dahl *et al.*, 1996) y Holanda (Peperzak, 1996).

Las proliferaciones de *D. acuminata* son habitualmente precedidas por una comunidad dominada por diatomeas, tales como *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus* spp. y *Ditylum brightwellii*. Denominamos «proliferaciones» de *D. acuminata* a los aumentos notables de la densidad de células, pero las especies del género *Dinophysis* casi nunca son dominantes en la comunidad fitoplanctónica. Normalmente están acompañadas por floraciones de otras especies, como *Mesodinium rubrum*, *Gymnodinium sanguineum*, *G. catenatum*, *Polykrikos kofoidii*, *Scrippsiella trochoidea*, *Trichodesmium erythraeum* y *Pyramimonas* sp. La asociación de proliferaciones de *D. acuminata* con dominancia de otros dinoflagelados fue reportada en otros países como Francia, Suecia, Holanda y Portugal (Reguera *et al.*, 1995).

En Piriápolis, estación con aguas de carácter estuarino (salinidad, 7-33 ‰; temperaturas, 9-27 °C), no se registraron concentraciones de *D. acuminata* mayores que 5000 cel · l<sup>-1</sup> en este período, mientras que las concentraciones más elevadas, entre 5 y 15.5 · 10<sup>3</sup> cel · l<sup>-1</sup> ocurrieron en condiciones más restrictas de salinidad (15-31 ‰) y temperatura (15-25 °C).

En el año 1994 se registró una mortalidad masiva de almejas y berberechos en la costa este de Uruguay sobre la playa de Barra del Chuy. Este evento coincidió con una proliferación de *D. acuminata*, *D. caudata* y resultados positivos de bioensayo en ratones para toxina diarreica (Méndez, 1995 b). No se considera que la presencia de DSP haya sido la causa de dicha mortandad sino una coincidencia, dado

Tabla 3. Floraciones de *Dinophysis acuminata* y *D. caudata* asociadas a episodios tóxicos de DSP registrados en el período 1980-1999 en Uruguay.

Localidad	Fecha (dd/mm/aa)	Molusco	DSP	Especies asociadas	Densidad (cel · l <sup>-1</sup> )	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)
Piriápolis	07/02/92	<i>M. edulis</i>	+	<i>D. acuminata</i>	1500	31.3	25
P. del Este	07/02/92	<i>M. edulis</i>	+	<i>D. caudata</i>	40	30.2	26
La Paloma	07/02/92	<i>M. edulis</i>	+	<i>D. acuminata</i>	2000	26.8	25
P. del Diablo	21/01/92 07/02/92	<i>M. edulis</i>	+	<i>D. acuminata</i>	4480	31.5	22
Chuy	13/12/94	<i>M. mactroides</i>	+	<i>D. caudata</i>	4600	26.8	22
La Paloma	16/02/96 08/03/96	<i>D. hanleyanus</i>	+	<i>D. acuminata</i>	80	31.4	22.7
La Paloma	18/02/96	<i>D. hanleyanus</i>	+	<i>D. acuminata</i>	80	32.3	24

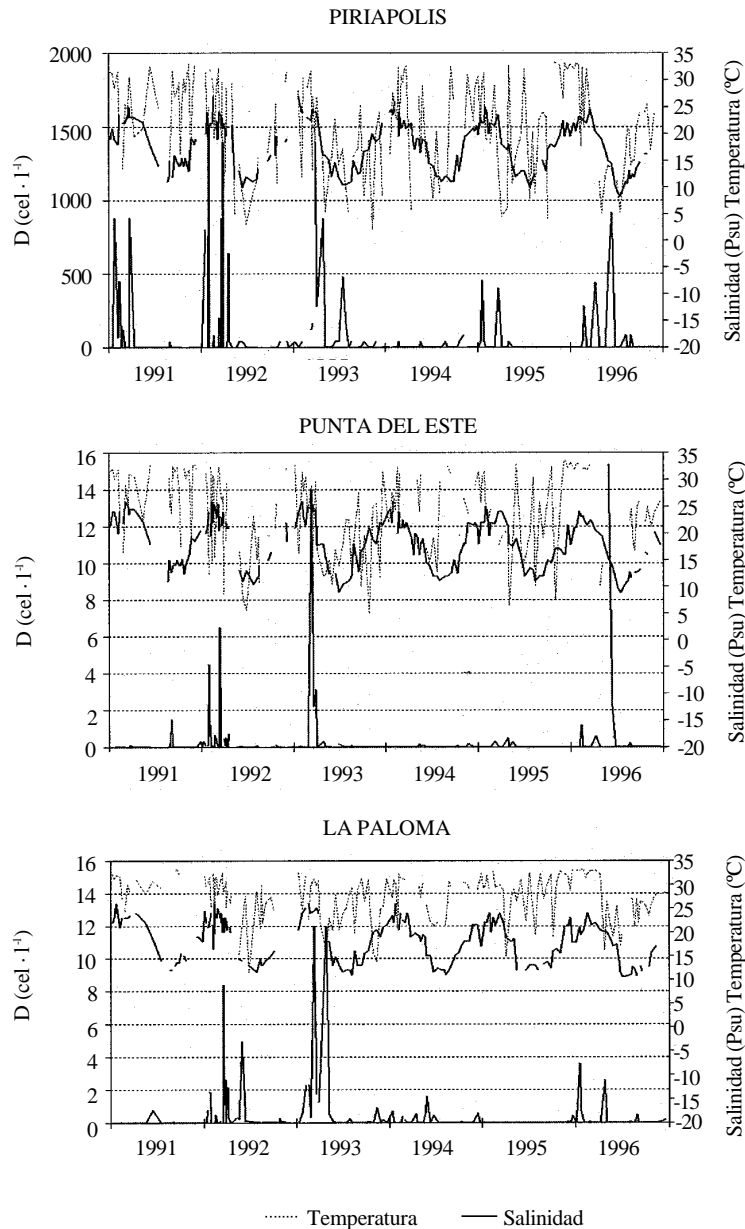


Fig. 12. Variación anual de la densidad de *Dinophysis acuminata* ( $\text{cel} \cdot \text{l}^{-1}$ ) la salinidad y la temperatura del agua en tres localidades de la costa Uruguaya: Piriápolis, Punta del Este y La Paloma (de Ferrari *et al.*, 2000).

que posteriormente se han vuelto a registrar mortandades de almejas sin relación con toxicidad. El mismo fenómeno de mortandad masiva ocurrió ese año en las playas contiguas de Brasil, y al año siguiente en Argentina (Fiori, 1996).

Hasta el momento no se han cultivado ninguna de estas dos especies en Uruguay, y existen grandes dificultades a nivel mundial para mantenerlas en cul-

tivo. No obstante, resultados preliminares parecen confirmar su toxicidad. Durante una proliferación de *D. acuminata* y *D. caudata* en la costa uruguaya, que alcanzó niveles de  $7000 \text{ cel} \cdot \text{l}^{-1}$  de *Dinophysis* spp., en el invierno de 1998, se obtuvieron concentrados celulares multiespecíficos mediante arrastres de red de fitoplancton. En los cromatogramas obtenidos de los análisis por HPLC (con detección fluorimétrica) de los extractos de estos concentra-

dos, se observó un pequeño pico con el mismo tiempo de retención que el del ácido okadaico (M.L. Fernández, com. pers.).

### *Pseudo-nitzschia* spp.

Varias especies del género han sido citadas por producir toxina amnésica y ocasionar daños a la salud humana en varias partes del mundo. Aunque la presencia de *P. australis*, *P. delicatissima* y *P. pungens* (Fig. 3I) había sido reportada en la región en varias oportunidades (Machado, 1976; Burone, 1984; Ferrario & Galván, 1989), la presencia de toxina amnésica (ácido domoico) en moluscos de Uruguay, en concentraciones por debajo de las admitidas para consumo humano, no fue registrada hasta diciembre de 2001 (Medina *et al.*, 2002).

### *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing

*Microcystis aeruginosa* es una especie de cianobacteria característica de agua dulce, pero ocasionalmente aparece en aguas de estuario. En el Río de la Plata las floraciones de cianobacterias, especialmente las de *M. aeruginosa* (Fig. 3H), se han registrado frecuentemente en verano, extendiéndose desde Colonia hasta la costa oceánica produciendo extensas manchas color verde brillante.

Durante el verano de 1997, en enero y marzo, se tomaron muestras de una floración de *M. aeruginosa* en Piriápolis y Punta del Este y se analizaron por

bioensayo en ratón, gracias a la colaboración del laboratorio de la Fundación Universidad de Río Grande (FURG- Brasil), detectándose resultados positivos con una Dosis Letal  $DL_{50}$  de 233 y 203  $mg \cdot kg^{-1}$  de ratón respectivamente, lo que equivale a valores de toxicidad medios.

Otra floración de *M. aeruginosa* fue registrada durante febrero de 1999 en la costa del Departamento de Colonia. El Departamento de Limnología de la Facultad de Ciencias realizó un seguimiento en el transcurso de la floración. La toxicidad, determinada por bioensayo de ratón en DINARA, dio resultados positivos. Los niveles de microcystina se estimaron entre 100 y 1000  $\mu g \cdot l^{-1}$  (de León, 1999).

Estos episodios constituyen los primeros registros de toxicidad de floraciones de cianobacterias en Uruguay.

### OTRAS ESPECIES POTENCIALMENTE NOCIVAS

Las proliferaciones masivas de cianobacterias se han registrado en todas partes del mundo y se conocen al menos veinte géneros productores de toxinas y responsables de frecuentes envenenamientos de animales y de efectos nocivos para la salud humana por el uso de agua para consumo o recreación.

En Uruguay suelen proliferar en el período de verano, entre enero y marzo, como lo muestra la Tabla 4.

Tabla 4. Registro de Floraciones de Cianobacterias (n/d= no determinado).

Especie	Fecha (dd/mm/aa)	Toxicidad	Localidad	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)
<i>Microcystis aeruginosa</i>	16/3/92	n/d	Montevideo	n/d	n/d
	27/1/94	n/d	Montevideo - Punta del Este	2	23
	30/1/97	$DL_{50}$ 233,3 mg Kg/ratón	Colonia - Punta del Este	n/d	n/d
	29/3/97	$DL_{50}$ 203,1 mg Kg/ratón	Portezuelo Punta del Este		
	2/99	100-1000 $\mu g/l$	Colonia	n/d	n/d
<i>Trichodesmium erythraeum</i>	30/1/95	n/d	La Paloma	29.2	23.5
<i>Nodularia baltica-spumigena</i>	30/1/96	n/d	35° 40' Lat S 54° 26' Long W	n/d	18
	3/1990	n/d	Laguna de Castillos	n/d	n/d

### ***Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg**

*Trichodesmium erythraeum* es una especie de amplia distribución geográfica. Si bien es considerada como potencial productora de neurotoxinas, en Uruguay se han registrado floraciones, que causaron discoloración del agua, sin registro de toxicidad en moluscos, ni afecciones respiratorias en humanos (Fig. 3J, Tablas 4 y 5). Las floraciones de esta especie ocurrieron en la costa oceánica de nuestro país en verano. Un nuevo registro de discoloración rojiza por una floración de esta especie se produjo en febrero de 2002, en La Paloma, en condiciones de 23 °C de temperatura y 30.6 psu de salinidad.

### ***Nodularia* sp.**

En el verano de 1990 se registró una floración de *Nodularia* sp. (Pérez *et al.*, 1999) en una laguna costera, con características morfológicas intermedias entre *N. baltica* y *N. spumigena* (Fig. 3K). Las floraciones de *N. spumigena* Mertens son bien conocidas en el Mar Báltico y en estuarios de Australia donde sus efectos hepatotóxicos, causados por la nodularina, producen mortandades de animales, pero en nuestro país no se han hecho estudios sobre la toxicidad de la especie.

### ***Alexandrium fraterculus* (Balech) Balech**

El primer episodio tóxico registrado en el Uruguay (1980) fue atribuido a *Gonyaulax* sp. y *Gymnodinium* sp. (Yentsch, 1982; Davison & Yentsch, 1985). En la revisión de este episodio se reidentificó a *Gonyaulax* sp. como *Alexandrium fraterculus* (Balech, 1995).

*A. fraterculus* ha proliferado durante el verano en aguas uruguayas co-ocuriendo con *Gymnodinium catenatum*, asociado a toxicidad tipo PSP en los moluscos (Méndez & Brazeiro, 1993). Sin embargo, aún no se han establecido cultivos monoespecíficos de esta especie para determinar su toxicidad. Recientemente ha sido registrada en Santa Catarina, en la costa sur de Brasil y se sospecha sobre su toxicidad (Proença, 1999).

### ***Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller**

En las costas uruguayas se han registrado altas concentraciones de *P. minimum* ( $10^6$  cel · l<sup>-1</sup>), pero en ninguna oportunidad se registró toxicidad en los moluscos del área de la floración, ni efecto en los

consumidores. No obstante en Argentina se registró toxicidad por bioensayo de ratón, en extractos de plancton y de mejillones durante una floración de *P. minimum* en 1998 (Montoya *et al.*, 1999).

## **DISCOLORACIONES**

Existen varios registros de especies de microalgas que han producido cambios en el color del agua (discoloraciones) en aguas uruguayas, como es el caso de varias especies de diatomeas (*Asterionellopsis glacialis* y *Skeletonema costatum*), dinoflagelados (*Gymnodinium sanguineum*, *Noctiluca scintillans*, *Polykrikos kofoidii*, *P. schwartzii*, *Prorocentrum minimum*, *P. scutellum*, *Scrippsiella trochoidea*), cianobacterias (*Microcystis aeruginosa*, *Trichodesmium erythraeum*) y ciliados (*Mesodinium rubrum*).

La mayoría de ellas son dinoflagelados que florecen en verano-otoño en condiciones de mar calmo y vientos suaves (Ferrari & Méndez, 2000) (Tabla 5). Punta del Este y La Paloma son las áreas más afectadas por estas floraciones, que si bien no son tóxicas, provocan alarma social al presentarse cerca de la costa en los meses de mayor afluencia turística.

## **QUISTES DE MICROALGAS EN LOS SEDIMENTOS COSTEROS**

El ciclo de vida de los dinoflagelados presenta una alternancia de estadios vegetativos móviles y estadios inmóviles o quistes de resistencia. Se han observado dinoflagelados que producen quistes o esporas de resistencia cuando las células vegetativas son expuestas a condiciones desfavorables y también los forman tras la fusión de los gametos, como parte de su ciclo reproductivo sexual.

Es sabido que los quistes pueden desempeñar un papel crucial en la dispersión, iniciación y finalización de la floración algal. Por ello, la información sobre la distribución y abundancia de quistes en sedimentos es esencial para comprender la ecología y la dinámica de las floraciones de dinoflagelados tóxicos. La zonas de mayor concentración de quistes podrían considerarse como áreas de mayor riesgo para la iniciación de futuras floraciones de microalgas tóxicas.

Durante el ciclo de vida, *G. catenatum* se divide vegetativamente por mitosis, formando cadenas. En

Tabla 5. Registro de discoloraciones en la costa uruguaya (1991-1997), temperatura, salinidad y densidad de células del organismo causante (n/d= no determinado).

Especie	Fecha (dd/mm/aa)	Color	Densidad (cel · l <sup>-1</sup> )	Localidad	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	15/03/91	Púrpura	18.8x10 <sup>6</sup>	Piriápolis	28	25
<i>Gyrodinium</i> spp. <i>Gymnodinium catenatum</i>	20-23/02/94	Rojo	4x10 <sup>7</sup> y 3.6x10 <sup>2</sup>	Punta del Este	22.5	24
<i>Polykrikos schwartzii</i> y <i>P. kofoidii</i>	24/2/92	Marrón	10 <sup>6</sup>	Punta del Este	25	25
<i>Noctiluca scintillans</i>	24/10/92	Rosado	1.26x10 <sup>4</sup>	La Paloma	16	24
	04/12/92		9.6x10 <sup>6</sup>	La Paloma	-	-
	16/08/96		55.6x10 <sup>3</sup>	La Paloma	12.6	-
<i>Scripsiella trochoidea</i>	08/01/93	Marrón	1.4x10 <sup>7</sup>	Piriápolis	28	21
<i>Protoperidinium</i> sp.	28/04/93	Rojo	N/d	Punta del Este	17	17.8
<i>Prorocentrum scutellum</i>	14/05/94	Marrón	4.6x10 <sup>5</sup>	Chuy	-	19
<i>Prorocentrum minimum</i>	15/08/95	Verde	10 <sup>7</sup>	Piriápolis	20.4	11.5
<i>Chaetoceros</i> spp. <i>S. costatum</i> , <i>T. erythraeum</i>	12/11/92	Beige	n/d	La Paloma	27.5	18
	05/02/93			La Paloma	32	25
	11-17/03/93			La Paloma	31	24.5
<i>Thalassiothrix</i> sp.	23/09/93	Marrón	n/d	Piriápolis	25	13
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	24/09/93 - 14/03/94	Marrón	n/d	Chuy	18-30	14-23
<i>Mesodinium rubrum</i>	02/05/95	Marrón	2.5x10 <sup>6</sup>	La Paloma	29.1	18.5

la fase sexual de su ciclo produce gametos de signo contrario, que al fusionarse forman una célula móvil y diploide, el planozigoto, que poco después pierde

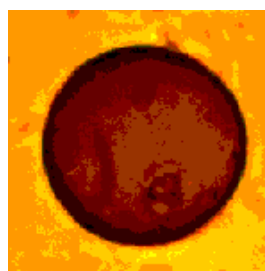


Fig. 13. Quiste de *Gymnodinium catenatum* de Uruguay.

movilidad, desarrolla nuevas cubiertas celulares y da lugar a un quiste de resistencia (hipnozigo). Al germinar el quiste, da lugar a un planomeiocito, de aspecto similar al planozigoto, que se divide por meiosis y produce células vegetativas (Blackburn *et al.*, 1989). Las células solitarias mi-

den 34-65 µm de largo y 27-43 µm de ancho, mientras que las células que forman parte de cadenas son más cortas (Taylor *et al.*, 1995).

El quiste de *G. catenatum* (Fig. 13), es de color marrón oscuro, superficie microreticulada, mide 38-60 µm de diámetro (Bravo, 1986; Anderson *et al.*, 1988) y es fácilmente reconocible en los sedimentos de la costa uruguaya. Estos quistes han sido encontrados en elevadas concentraciones en el área de la Bahía de Maldonado (Méndez, 1995a).

En 1998 se realizó un mapeo de quistes en dos zonas de la costa: Punta del Este (Bahía de Maldonado), área cercana al lugar de mayor extracción comercial de mejillones, y La Paloma, zona don-



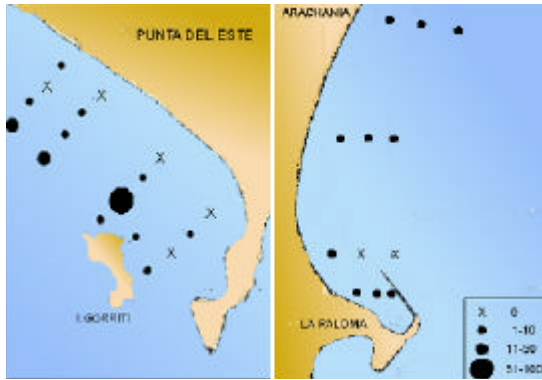


Fig. 14. Distribución de quistes en los sedimentos.

de hasta entonces se desarrollaba la mayor explotación de caracoles de Uruguay (Méndez *et al.*, en prensa).

Es importante destacar que la presencia de quistes es mayor en sedimentos finos como limos o arcillas y casi inexistente en las áreas arenosas, dado que las zonas de depósito de sedimentos finos son áreas más protegidas que facilitan la acumulación. El área de Punta del Este, presenta mayor densidad de quistes que el área comprendida entre el Puerto de La Paloma y Arachania.

En la localidad de Punta del Este, la densidad de quistes alcanzó valores de  $60 \text{ q} \cdot \text{ml}^{-1}$  y en La Paloma, no superó en ninguna de las estaciones los  $10 \text{ q} \cdot \text{ml}^{-1}$  (Fig. 14). Cabe señalar que las concentraciones de quistes encontradas en otoño de 1988, son sensiblemente menores que las registradas en muestras

piloto tomadas en el área de Punta del Este en mayo de 1994 ( $817 \text{ q} \cdot \text{ml}^{-1}$ , Méndez, 1995a).

Entre las especies de dinoflagelados atecados similares a *Gymnodinium catenatum*, se han descrito hasta la fecha tres especies formadoras de quistes microreticulados en rangos bien diferenciados: *Gymnodinium microreticulatum* ( $17\text{-}28 \mu\text{m}$ ), *G. nolleri* ( $28\text{-}38 \mu\text{m}$ ), y *G. catenatum* ( $36\text{-}62 \mu\text{m}$ ) (Bolch *et al.*, 1999), y otra especie, *Gymnodinium impudicum*, formadora de quistes similares a los de las tres anteriores pero no reticulados (Kobayashi *et al.*, 2001). La distribución de tallas (diámetros) de los quistes *G. cf. catenatum* encontrados en Uruguay dio lugar a una curva multimodal, con dos modas principales de  $39$  y  $20 \mu\text{m}$  respectivamente, aunque se observaron otras modas con valores intermedios que podrían indicar la presencia de quistes de varias de estas especies (Fig. 15).

Los quistes de menor talla podrían pertenecer a *Gymnodinium microreticulatum*, especie que ha germinado de quistes procedentes de sedimentos de esta zona (Bolch *et al.*, 1999), aunque se sospecha que podría haber quistes de *G. impudicum* entre éstos. Los tamaños de los quistes de ambas especies se solapan y la última especie ha producido floraciones en varias ocasiones en nuestras costas. Dado que se registró un gradiente de tallas de quistes, se aplicó una prueba no paramétrica de Mann-Whitney. Los resultados de este análisis sugieren claramente la existencia de dos poblaciones diferentes ( $U=0.00$ ;  $p<0.001$ ) Méndez *et al.*, en prensa).

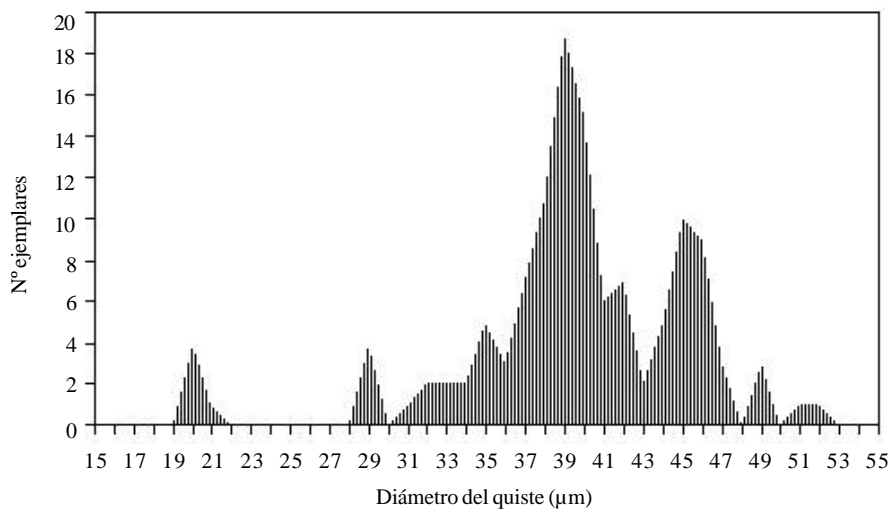


Fig. 15. Quistes de *G. cf. catenatum* encontrados en los sedimentos costeros de Uruguay.

## PRINCIPALES CONSIDERACIONES SOBRE LA PROBLEMÁTICA DE FLORACIONES ALGALES NOCIVAS EN URUGUAY

La mayor parte de los resultados que se presentan en este trabajo sobre floraciones algales nocivas tiene aspectos que son fácilmente aplicables y que aumentan notablemente la capacidad de predicción de estos fenómenos.

La descripción de las condiciones ambientales en que se produjeron las floraciones de las diferentes especies tóxicas registradas hasta el momento y el conocimiento de la época más probable de aparición de éstas, son datos que facilitan enormemente la tarea de monitoreo y previenen al administrador de recursos bentónicos de los riesgos potenciales, tanto en lo que respecta a áreas geográficas, como a épocas del año. A modo de ejemplo, algunos datos relacionados con las microalgas asociadas con la producción de toxinas DSP en Uruguay indican que la especie *D. acuminata* se ha registrado en concentraciones mayores en aquellos lugares de la costa cuyo rango de salinidades y temperatura es más restringido. Por ello en Piriápolis, donde se producen grandes variaciones de salinidad, sería menos probable que proliferara esta especie.

Las máximas concentraciones celulares de *G. catenatum* se registraron en un ambiente caracterizado por un rango de temperaturas entre 17 y 25 °C, mientras que *A. tamarense* ha proliferado a temperaturas entre 11 y 14 °C. Ello nos brinda una posibilidad de predicción de momentos críticos cuando debería intensificarse el control de plancton y detección de toxinas PSP en Uruguay.

*G. catenatum*, que prolifera normalmente en los meses de verano y principios de otoño, y *A. tamarense*, a finales de invierno y primavera, aparecen ligadas directamente a los ciclos de temperatura del agua de esta zona templada.

La época estival es la de mayor riesgo para la aparición de floraciones tóxicas, cuando aumenta el consumo de moluscos en Uruguay, debido a que constituye uno de los platos típicos para la gran cantidad de turistas que visitan sus costas.

De acuerdo al conocimiento actual se genera la hipótesis de que la proliferación de *A. tamarense* es transportado hacia la costa uruguaya por las corrientes frías del sur, en momentos en que desciende el

caudal del Río de la Plata, mientras que *G. catenatum* podría proliferar a partir de la resuspensión de depósitos de quistes en los sedimentos locales.

Siendo la zona costera un área de escasa profundidad (10-15 m), el viento desempeñaría dos funciones importantes en la dinámica de *G. catenatum*:

- el transporte, acumulación y disgregación del florecimiento, dado que se trata de una especie con capacidad de formar cadenas que le permiten mantenerse en flotación en la capa superficial de agua,
- la resuspensión de los quistes por efecto del oleaje, que permitiría el ingreso de los mismos en las capas superficiales del agua donde las condiciones de luz y temperatura en la temporada estival serían propicias para su germinación e inicio de nuevas floraciones tóxicas.

El Programa Nacional de Monitoreo de Floraciones Algales Nocivas y Toxicidad en Moluscos ha permitido prevenir intoxicaciones, conocer las principales especies de microalgas tóxicas y realizar investigaciones complementarias, teniendo como meta mejorar la capacidad de predecir estos episodios y disminuir los riesgos.

Se ha corroborado la capacidad de algunas especies para producir toxinas. No obstante, existe mucha incertidumbre sobre la taxonomía y toxicidad de algunas especies potencialmente nocivas presentes en el área por lo cual se considera necesario ampliar las líneas de investigación actuales paralelamente al programa de monitoreo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D.M., D.M. Jacobson, I. Bravo & J.H. Wrenn, 1988. The unique, microreticulate cyst of the naked dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*. *J. Phycol.* 24: 255-262.
- AOAC, 1984. Mouse bioassay for PSP toxins. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, secs 18086-18092.
- Balech, E., 1964. El plancton de Mar del Plata durante el período 1961-1962. *Bol. Inst. Biol. Mar., Mar del Plata* 4: 1-49.
- Balech, E., 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.* 1: 1-310.
- Balech, E., 1995. The genus *Alexandrium* Halim (Dinoflagellata). Sherkin Island Marine Station, Special Publication. Cork, Ireland, 151 pp.
- Blackburn, S.I., G.M. Hallegraeff & C.J. Bolch, 1989.

- Vegetative reproduction and sexual life cycle of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* from Tasmania, Australia. *J. Phycol.* 25: 577-590.
- Bolch, C.J.S., A.P. Negri & G.M. Hallegraeff, 1999. *Gymnodinium microreticulatum* sp. nov. (Dinophyceae): a naked, microreticulate cyst-producing dinoflagellate, distinct from *Gymnodinium catenatum* and *Gymnodinium nolleri*. *Phycologia* 38 (4):301-313.
- Bravo, I. 1986. Germinación de quistes, cultivo y enquistamiento de *Gymnodinium catenatum* Graham. *Invest. Pesq.* 50: 313-321.
- Bravo, I. & D.M. Anderson, 1994. The effects of temperature, growth medium and darkness on excystment and growth of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* from northwest Spain. *J. Plankton Res.* 16: 513-525.
- Brazeiro, A., S.M. Méndez & G. Ferrari, 1997. First toxic bloom of *Alexandrium tamarense* in Uruguay: associated environmental factors. *Rev. Atlántica, Río Grande* 19: 19-29.
- Burone, F.S., 1984. Estudio taxonómico de las Bacillariophyceae de la Bahía de Maldonado (República Oriental del Uruguay). Tesis Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, 227 pp.
- Carreto, J.I., N. Montoya, A.D. Cucchi Colleoni & R. Akselman, 1998. *Alexandrium tamarense* blooms and shellfish toxicity in the Argentine Sea: a retrospective view. In Reguera, B., J. Blanco, M.L. Fernández & T. Wyatt (eds.), *Harmful algae*. Xunta de Galicia and IOC of UNESCO Publishers: 131-134.
- Dahl, E., T. Aune & B. Aase, 1996. Reddish water due to mass occurrence of *Dinophysis* spp. In Yasumoto, T., Y. Oshima & Y. Fukuyo (eds.), *Harmful and Toxic Algal Blooms*. IOC of UNESCO: 265-267.
- Davison, P. & D. Medina, 1982. Control de la toxina paralizante de los moluscos en el Uruguay. In III Congreso Nacional de Veterinaria. Montevideo, Actas: 997-1007.
- Davison, P. & D. Medina, 1986. Control de la Toxina Paralizante de los Moluscos en el Uruguay. FAO FI 811/RLAC/37, Chile: 157-174.
- Davison, P. & C.M. Yentsch, 1985. Occurrence of toxic dinoflagellate and shellfish toxicity along the Uruguayan coast, South America. In Anderson, D.M., A.W. White & D.G. Baden (eds.), *Toxic Dinoflagellates*. Elsevier, New York: 153-158.
- De León, L., 1999. Floraciones tóxicas de la cianobacteria *Microcystis aeruginosa* Kützting en el Río de la Plata. In XIV Simposio Científico-Tecnológico de la Com. Tec. Mix. Frente Marit. Montevideo, Resúmenes: 61-62.
- Ferrario, M. & N.M. Galván, 1989. Catálogo de las diatomeas marinas citadas entre los 36° y los 60° S con especial referencia al mar argentino. Dirección Nacional del Antártico, Instituto Antártico Argentino. Publ. N° 20, 327 pp.
- Ferrari, G., S.M. Méndez & A. Brazeiro, 2000. *Dinophysis acuminata* associated to diarrhetic shellfish poisoning reports in Uruguay. *Publ. Com. Tec. Mix. Frente Marit.* 8: 91-95.
- Ferrari, G. & S.M. Méndez. 2000. Report of phytoplankton species producing coastal water discoloration in Uruguay. *Iheringia Sér. Bot., Porto Alegre*, N° 54. 3-18.
- Fiori, S.M., 1996. Massive mortality of yellow clams, *Mesodesma mactroides* in Monte Hermoso Beach, Argentina. *Harmful Algae News* 15, IOC of UNESCO: 9.
- Hallegraeff, G.M. & S. Fraga, 1998. Bloom dynamics of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*, with emphasis on Tasmanian and Spanish coastal waters. In Anderson, D.M., A.D. Cembella & G.M. Hallegraeff (eds.), *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. NATO ASI Series, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, G (41): 59-80.
- Machado, M.T., 1976. Observaciones sobre el plancton del Océano Atlántico Sudoccidental a través de Campañas Oceanológicas (abril de 1965 y abril de 1967). *Inf. Tec. INAPE* 5, 14 pp.
- Kobayashi, S., A. Kojima, I. Shigeru, I. Imai & K. Matsuoka, 2001. Cyst morphology of a chain-forming unarmored dinoflagellate *Gyrodinium impudicum* Fraga et Bravo. *Phycol. Res.* 49: 61-65.
- Medina D., G. Inocente & C. López, 1993. PSP in bivalve along the Uruguayan coast. In Smayda, T.J. & Y. Shimizu (eds.), *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*. Elsevier, Amsterdam: 425-428.
- Medina, D., G. Ferrari, S.M. Méndez, G. Inocente, H. Giudice, E. Méndez, M. Salhi, M. Odizzio & D. Otero, 2002. Shellfish monitoring program in Uruguay. Abstracts of the 4<sup>th</sup> International Conference on Molluscan Shellfish Safety. Santiago de Compostela, España.
- Méndez, S., 1993. Uruguayan red tide monitoring programme: preliminary results (1990-1991). In Smayda, T.J. & Y. Shimizu (eds.), *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*. Elsevier, Amsterdam: 287-291.
- Méndez, S., 1995 a. Altas concentraciones de quistes del dinoflagelado tóxico *Gymnodinium catenatum* en los sedimentos costeros de Uruguay. *INFOPESCA CC&I*, Montevideo 1: 3.
- Méndez, S., 1995 b. Bivalve mortality on southwest Atlantic shore. *Harmful Algae News* 10/11, IOC of UNESCO: 12.
- Méndez, S. & A. Brazeiro, 1993. *Gymnodinium catenatum* and *Alexandrium fraterculus* associated with a toxic period in Uruguay. In VI International Conference on Toxic Marine Phytoplankton. Nantes, Abstracts: 139.
- Méndez, S., A. Brazeiro, G. Ferrari, D. Medina & G. Inocente, 1993. Mareas Rojas en el Uruguay. Programa de control y actualización de resultados. *Inf. Tec. INAPE* 46, 31 pp.
- Méndez, S., D. Severov, G. Ferrari & C. Mesones, 1996. Early spring *Alexandrium tamarense* toxic blooms in

- the uruguayan waters. In Yasumoto, T., Y. Oshima & Y. Fukuyo (eds.), Harmful and Toxic Algal Blooms. IOC of UNESCO: 113-116.
- Méndez, S., M. Gómez & G. Ferrari, 1997. Plankton studies in the Río de la Plata and its oceanic front. In Wells, P.G. & G.R. Daborn (eds.), The Rio de la Plata. An environmental overview. An EcoPlata project Background Report. Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia: 85-112.
- Méndez, S., D. Kulis & D.M. Anderson, 2001. PSP toxin production of Uruguayan isolates of *Gymnodinium catenatum* and *Alexandrium tamarense*. In Hallegraeff, G., S. Blackburn, R. Lewis & C. Bolch (eds.), Harmful Algal Blooms. IOC of UNESCO. 352-355.
- Méndez, S., G. Ferrari & S. Svenson, en prensa. Primer mapeo de quistes de *Gymnodinium catenatum* en sedimentos de la costa uruguaya. Publ. Com. Tec. Mix. Frente Marit. Vol 19.
- Méndez, S. & G. Ferrari, en prensa. Floraciones tóxicas de *Gymnodinium catenatum* en aguas uruguayas. Publ. Com. Tec. Mix. Frente Marit. Vol 19.
- Montoya, N.G., R. Akselman, D. Cucchi Colleoni & J.I. Carreto, 1999. Primer evento tóxico en coincidencia con un florecimiento de *Prorocentrum minimum* en Argentina. In XIV Simposio Científico-Tecnológico de la Com. Tec. Mix. Frente Marit. Montevideo, Resúmenes: 18.
- Peperzak, L., G.J. Snoeijer, R. Dijkema, W.W.C. Gieskes, J. Joordens, J.C.H. Peters, C. Schol, E.G. Vrieling & W. Zevenboom, 1996. Development of a *Dinophysis acuminata* bloom in the River Rhine plume (North Sea). In Yasumoto, T., Y. Oshima & Y. Fukuyo (eds.), Harmful and Toxic Algal Blooms. IOC of UNESCO: 273-276.
- Pérez, M. del C., S. Bonilla, L. De León, J. Smarda & J. Komarek, 1999. A bloom of *Nodularia baltica-spumigena* group (Cyanobacteria) in a shallow coastal lagoon of Uruguay, South America. Algological Studies 93: 91-101.
- Proença, L.A.O., N. Lagos, L.R. Rorig, M. Silva & S.P. Guimarães, 1999. Occurrence of paralytic shellfish toxins – PST in southern Brazilian waters. Ciencia y Cultura 55 (1): 16–21.
- Reguera, B., J. Mariño, J. Campos, I. Bravo, S. Fraga & A. Carbonell, 1993. Trends in the occurrence of *Dinophysis* spp. in Galician waters. In Smayda, T.J. & Y. Shimizu (eds.), Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Elsevier, Amsterdam: 559-564.
- Reguera, B., I. Bravo & S. Fraga, 1995. Autoecology and some life history stages of *Dinophysis acuta* Ehrenberg. J. Plankton Res. 17: 999-1015.
- Sidari, L., S. Cook, M. Cabrini, A. Tubaro & G. Honsell, 1995. Temporal distribution of toxic phytoplankton in the gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea) in 1991 and 1992. In Lassus, P., G. Arzul, E. Erard-Le Denn, P. Gentien & C. Marcaillou-Le Baut (eds.), Harmful Marine Algal Blooms. Lavoisier, París: 231-236.
- Taylor, F.J.R., Y. Fukuyo & J. Larsen, 1995. Taxonomy of Harmful Dinoflagellates. In Hallegraeff, G.M., D.M. Anderson & A.D. Cembella (eds.), Manual on Harmful Marine Microalgae. IOC Manual Guides N° 33, UNESCO: 283-319.
- Utermöhl, H., 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. 9: 1-38.
- Yasumoto, T., M. Murata, Y. Oshima, G.K. Matsumoto & J. Clardy, 1984. Diarrhetic shellfish poisoning. In Ragelis, E.P. (ed.), Seafood Toxins. Am. Chem. Soc., Washington D.C.: 207-214.
- Yentsch, C.M., 1982. Control e investigación de dinoflagelados y toxina parálitica de moluscos. Proyecto URU/78/005 FAO/PNUD, Montevideo, 36 pp.