

---

# BASES para la CONSERVACIÓN y el MANEJO de la COSTA URUGUAYA

R. Menafrá  
L. Rodríguez-Gallego  
F. Scarabino  
D. Conde  
(editores)



---

La referencia correcta de este libro es:

**Menafra R Rodríguez-Gallego L Scarabino F & D Conde (eds)** 2006 Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. VIDA SILVESTRE URUGUAY, Montevideo. i-xiv+668pp

**Armado y diagramación:** Javier González

**Fotografía de portada:** Faro de Cabo Polonio (Rocha)  
Diego Velazco - Aguaclara Fotostock,  
[www.aguaclara.com.uy](http://www.aguaclara.com.uy)

Impreso en GRAPHIS Ltda, en el mes de octubre de 2006  
Nicaragua 2234, Montevideo, Uruguay  
Tels.: 409 6821-409 9168. E-mail: [graphis@adinet.com.uy](mailto:graphis@adinet.com.uy)  
Depósito legal: 339.537/06

ISBN: 9974-7589-2-0

Las opiniones e informaciones contenidas en este libro son exclusiva responsabilidad de sus autores, y no reflejan necesariamente aquellas de VIDA SILVESTRE URUGUAY, US Fish and Wildlife Service, Facultad de Ciencias, o de las instituciones a las cuales los autores están vinculados.

---

---

## Índice

<b>LISTA DE AUTORES PARTICIPANTES</b> .....	<b>i</b>
<b>PRÓLOGO</b>	
<i>OSCAR IRIBARNE</i> .....	<b>v</b>
<b>PRÓLOGO</b>	
<i>ULRICH SEELIGER</i> .....	<b>vii</b>
<b>PREFACIO</b> .....	<b>viii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>x</b>
<b>Mapa general de la costa platense-atlántica</b> .....	<b>xi</b>
<b>Mapa de la costa Oeste del Río de la Plata</b> .....	<b>xii</b>
<b>Mapa del sector centro-Sur de la costa platense-atlántica</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Mapa del sector Este de la costa atlántica</b> .....	<b>xiv</b>
<b>COSTA PLATENSE-ATLÁNTICA</b>	
<b>Evolución paleogeográfica y dispersión de los sedimentos del Río de la Plata</b> <i>RICARDO N. AYUP-ZOUAIN</i> .....	<b>1</b>
<b>Geología de la costa uruguaya y sus recursos minerales asociados</b> <i>CÉSAR A. GOSO AGUILAR &amp; ROSSANA MUZIO</i> .....	<b>9</b>
<b>Dinámica y fuentes de sedimentos de las playas uruguayas</b> <i>DANIEL PANARIO &amp; OFELIA GUTIÉRREZ</i> .....	<b>21</b>
<b>Geomorfología y procesos erosivos en la costa atlántica uruguaya</b> <i>MARÍA ALEJANDRA GÓMEZ PIVEL</i> .....	<b>35</b>
<b>Fitoplancton de la zona costera uruguaya: Río de la Plata y Océano Atlántico</b> <i>GRACIELA FERRARI &amp; LETICIA VIDAL</i> .....	<b>45</b>
<b>El impacto de las floraciones algales nocivas: origen, dispersión, monitoreo, control y mitigación</b> <i>SILVIA M. MÉNDEZ</i> .....	<b>57</b>
<b>Flora y vegetación de la costa platense y atlántica uruguaya</b> <i>EDUARDO ALONSO-PAZ &amp; MARÍA JULIA BASSAGODA</i> .....	<b>71</b>
<b>Fauna parasitaria del lobo fino <i>Arctocephalus australis</i> y del león marino <i>Otaria flavescens</i> (Mammalia, Otariidae) en la costa uruguaya</b> <i>DIANA MORGADES, HELENA KATZ, OSCAR CASTRO, DINORA CAPELLINO, LOURDES CASAS, GUSTAVO BENÍTEZ, JOSÉ MANUEL VENZAL &amp; ANTONIO MORAÑA</i> .....	<b>89</b>
<b>Zooplancton gelatinoso de la costa uruguaya</b> <i>MARÍA GABRIELA FAILLA SIQUIER</i> .....	<b>97</b>
<b>Zooplancton de ambientes costeros de Uruguay: añadiendo piezas al rompecabezas</b> <i>GUILLERMO CERVETTO, DANILO CALLIARI, LAURA RODRÍGUEZ-GRAÑA, GISSELL LACEROT &amp; RAFAEL CASTIGLIONI</i> .....	<b>105</b>
<b>Faunística y taxonomía de invertebrados bentónicos marinos y estuarinos de la costa uruguaya</b> <i>FABRIZIO SCARABINO</i> .....	<b>113</b>

---

---

<b>Gasterópodos marinos y estuarinos de la costa uruguaya: faunística, distribución, taxonomía y conservación</b> <i>FABRIZIO SCARABINO, JUAN CARLOS ZAFFARONI, ALVAR CARRANZA, CRISTHIAN CLAVIJO &amp; MARIANA NIN</i> .....	143
<b>Bivalvos marinos y estuarinos de la costa uruguaya: faunística, distribución, taxonomía y conservación</b> <i>FABRIZIO SCARABINO, JUAN CARLOS ZAFFARONI, CRISTHIAN CLAVIJO, ALVAR CARRANZA &amp; MARIANA NIN</i> .....	157
<b>Patrones geográficos de diversidad bentónica en el litoral rocoso de Uruguay</b> <i>ALEJANDRO BRAZEIRO, ANA INÉS BORTHAGARAY &amp; LUIS GIMÉNEZ</i> .....	171
<b>Comunidades bentónicas estuarinas de la costa uruguaya</b> <i>LUÍS GIMÉNEZ</i> .....	179
<b>Asociaciones de moluscos bentónicos cuaternarios en la costa uruguaya: implicancias paleoecológicas</b> <i>SERGIO MARTÍNEZ &amp; ALEJANDRA ROJAS</i> .....	189
<b>Los recursos pesqueros de la costa de Uruguay: ambiente, biología y gestión</b> <i>WALTER NORBIS, LAURA PAESCH &amp; OSCAR GALLI</i> .....	197
<b>Áreas de cría de peces en la costa uruguaya</b> <i>SUSANA RETTA, GUSTAVO MARTÍNEZ &amp; ADRIANA ERREA</i> .....	211
<b>Características biológicas de la corvina (<i>Micropogonias furnieri</i>) en el Río de la Plata y su Frente Marítimo</b> <i>ERNESTO CHIESA, OSCAR D. PIN &amp; PABLO PUIG</i> .....	219
<b>Abundancia, capturas y medidas de manejo del recurso corvina (<i>Micropogonias furnieri</i>) en el Río de la Plata y Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (1975-2003)</b> <i>OSCAR D. PIN, GUILLERMO ARENA, ERNESTO CHIESA &amp; PABLO PUIG</i> .....	225
<b>Herpetofauna de la costa uruguaya</b> <i>RAÚL MANEYRO &amp; SANTIAGO CARREIRA</i> .....	233
<b>Biología, ecología y etología de las tortugas marinas en la zona costera uruguaya</b> <i>MILAGROS LÓPEZ-MENDILAHARSU, ANDRÉS ESTRADES, MARÍA NOEL CARACCIO, VICTORIA CALVO, MARTÍN HERNÁNDEZ &amp; VERÓNICA QUIRICI</i> .....	247
<b>Conservación y manejo de tortugas marinas en la zona costera uruguaya</b> <i>MARTÍN LAPORTA, PHILIP MILLER, MARIANA RÍOS, CECILIA LEZAMA, ANTONIA BAUZÁ, ANITA AISENBERG, MARÍA VICTORIA PASTORINO &amp; ALEJANDRO FALLABRINO</i> .....	259
<b>Aves de la costa sur y este uruguaya: composición de especies en los distintos ambientes y su estado de conservación</b> <i>JOAQUÍN ALDABE, SEBASTIÁN JIMÉNEZ &amp; JAVIER LENZI</i> .....	271
<b>La franciscana <i>Pontoporia blainvillei</i> (Cetacea, Pontoporiidae) en la costa uruguaya: estudios regionales y perspectivas para su conservación</b> <i>CAROLINA ABUD, CATERINA DIMITRIADIS, PAULA LAPORTA &amp; MARILA LÁZARO</i> .....	289
<b>Revisión preliminar de registros de varamientos de cetáceos en la costa uruguaya de 1934 a 2005</b> <i>DANIEL DEL BENE, VIRGINIA LITTLE, RICARDO ROSSI &amp; ALFREDO LE BAS</i> .....	297

---

---

<b>Distribución, reproducción y alimentación del lobo fino <i>Arctocephalus australis</i> y del león marino <i>Otaria flavescens</i> en Uruguay</b> <i>ALBERTO PONCE DE LEÓN &amp; OSCAR D. PIN</i> .....	305
<b>Tuberculosis en pinnípedos (<i>Arctocephalus australis</i> y <i>Otaria flavescens</i>) de Uruguay</b> <i>MIGUEL CASTRO RAMOS, HELENA KATZ, ANTONIO MORAÑA, MARÍA INÉS TISCORNIA, DIANA MORGADES &amp; OSCAR CASTRO</i> .....	315
<b>Interacciones entre lobos marinos y pesca artesanal en la costa de Uruguay</b> <i>DIANA SZTEREN &amp; CECILIA LEZAMA</i> .....	321
<b>Mamíferos terrestres no voladores de la zona costera uruguaya</b> <i>ENRIQUE M. GONZÁLEZ</i> .....	329
<b>Vertebrados fósiles de la costa uruguaya</b> <i>ANDRÉS RINDERKNECHT</i> .....	343
<b>Especies acuáticas exóticas en Uruguay: situación, problemática y manejo</b> <i>ERNESTO BRUGNOLI, JUAN CLEMENTE, GUSTAVO RIESTRA, LUCÍA BOCCARDI &amp; ANA INÉS BORTHAGARAY</i> .....	351
<b>Ecología de playas arenosas de la costa uruguaya: una revisión de 25 años de investigación</b> <i>OMAR DEFEO, DIEGO LERCARI, ANITA DE ÁLAVA, JULIO GÓMEZ, GASTÓN MARTÍNEZ, ELEONORA CELENTANO, JUAN PABLO LOZOYA, SEBASTIÁN SAUCO, DANIEL CARRIZO &amp; ESTELA DELGADO</i> .....	363
<b>Estado actual, propuestas y perspectivas de manejo de las Áreas Protegidas Costeras</b> <i>JUAN CARLOS GAMBAROTTA</i> .....	371
<b>Bases ecológicas y metodológicas para el diseño de un Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas en Uruguay</b> <i>ALEJANDRO BRAZEIRO &amp; OMAR DEFEO</i> .....	379
<b>COSTA del RÍO de la PLATA</b>	
<b>Evolución de la desembocadura del Arroyo Pando (Canelones, Uruguay): ¿tendencias naturales o efectos antrópicos?</b> <i>OFELIA GUTIÉRREZ &amp; DANIEL PANARIO</i> .....	391
<b>La Bahía de Montevideo: 150 años de modificación de un paisaje costero y subacuático</b> <i>PIERRE GAUTREAU</i> .....	401
<b>Monitoreo de cianobacterias en la costa de Montevideo (Uruguay)</b> <i>DANIEL SIENNA &amp; GRACIELA FERRARI</i> .....	413
<b>Comunidad componente de tremátodos larvales de <i>Heleobia australis</i> (Mollusca, Cochliopidae) en la costa uruguaya del Río de la Plata</b> <i>OSCAR CASTRO, DANIEL CARNEVIA, ALEJANDRO PERRETTA &amp; JOSÉ MANUEL VENZAL</i> .....	421
<b>Composición y ecología de la fauna epígea de Marindia (Canelones, Uruguay) con especial énfasis en las arañas: un estudio de dos años con trampas de intercepción</b> <i>FERNANDO G. COSTA, MIGUEL SIMÓ &amp; ANITA AISENBERG</i> .....	427
<b>Ictioplancton costero de la zona de transición estuarina del Río de la Plata (Uruguay)</b> <i>GABRIELA MANTERO, SUSANA RETTA &amp; MARCELO RODRÍGUEZ</i> .....	437

---

---

<b>Ecología de un ensamble de anuros en un humedal costero del sudeste de Uruguay</b> <i>INÉS DA ROSA, ARLEY CAMARGO, ANDRÉS CANAVERO, DANIEL E. NAYA &amp; RAÚL MANEYRO</i> .....	447
<b>Aves de la costa de Montevideo urbano: variación espacial y estacional</b> <i>MACARENA SARROCA, MATILDE ALFARO, JAVIER LENZI, SEBASTIÁN JIMÉNEZ, CAROLINA ABUD &amp; DIEGO CABALLERO-SADI</i> .....	457
<b>Contaminación de la Bahía de Montevideo y zona costera adyacente y su relación con los organismos bentónicos</b> <i>PABLO MUNIZ, NATALIA VENTURINI &amp; LETICIA BURONE</i> .....	467
<b>La pesca artesanal en el Río de la Plata: su presente y una visión de futuro</b> <i>PABLO PUIG</i> .....	477
<b>COSTA ATLÁNTICA</b>	
<b>Paleolimnología: desarrollo de las lagunas costeras del sudeste de Uruguay durante el Holoceno</b> <i>FELIPE GARCÍA-RODRÍGUEZ, PETER SPRECHMANN, HUGO INDA, LAURA DEL PUERTO, ROBERTO BRACCO, ADRIANA RODRÍGUEZ, PETER ESTOL &amp; VIRGINIA ACEVEDO</i> .....	487
<b>Fisonomía y composición florística de Cabo Polonio (Rocha, Uruguay)</b> <i>SILVANA MASCIADRI, ELOISA FIGUEREDO &amp; LILIANA DELFINO</i> .....	495
<b>Estructura y regeneración del Bosque de Ombúes (<i>Phytolacca dioica</i>) de la Laguna de Castillos (Rocha, Uruguay)</b> <i>MARÍA GABRIELA RODRÍGUEZ-GALLEGO</i> .....	503
<b>Estructura poblacional y reproducción del tatucito <i>Emerita brasiliensis</i> (Decapoda: Hippidae) en playas de Cabo Polonio (Rocha, Uruguay)</b> <i>ENRIQUE PELUFFO</i> .....	513
<b>Invertebrados bentónicos de La Paloma (Rocha, Uruguay)</b> <i>MARIO DEMICHELI &amp; FABRIZIO SCARABINO</i> .....	523
<b>Ecología de comunidades de playas de Cabo Polonio (Rocha, Uruguay)</b> <i>LUIS GIMÉNEZ &amp; BEATRIZ YANNICELLI</i> .....	535
<b>Transgresiones y regresiones marinas en la costa atlántica y lagunas costeras de Uruguay: efectos sobre los peces continentales</b> <i>MARCELO LOUREIRO &amp; GRACIELA GARCÍA</i> .....	545
<b>Las pesquerías en las lagunas costeras salobres de Uruguay</b> <i>GRACIELA FABIANO &amp; ORLANDO SANTANA</i> .....	557
<b>La pesca artesanal en la Paloma (Rocha, Uruguay): período 1999-2001</b> <i>ELIZABETH DELFINO, GRACIELA FABIANO &amp; ORLANDO SANTANA</i> .....	567
<b>Situación de la administración del recurso lobos y leones marinos en Uruguay</b> <i>ENRIQUE PÁEZ</i> .....	577
<b>Ballena franca (<i>Eubalaena australis</i>) en la costa atlántica uruguaya</b> <i>MARIANA PIEDRA, PAULA COSTA, PAULA FRANCO FRAGUAS &amp; RAFAEL ÁLVAREZ</i> .....	585
<b>Evaluación del turismo de observación de ballenas como una herramienta para la conservación y el manejo de ballena franca austral (<i>Eubalaena australis</i>)</b> <i>RODRIGO GARCÍA &amp; UZI SABAH</i> .....	591

---

---

<b>Biodiversidad y calidad de agua de 18 pequeñas lagunas en la costa sureste de Uruguay</b> <i>CARLA KRUK, LORENA RODRÍGUEZ-GALLEGO, FEDERICO QUINTANS, GISELL LACEROT, FLAVIO SCASSO, NÉSTOR MAZZEO, MARIANA MEERHOFF &amp; JUAN CÉSAR PAGGI</i> .....	599
<b>Procesos estructuradores de las comunidades biológicas en lagunas costeras de Uruguay</b> <i>SYLVIA BONILLA, DANIEL CONDE, LUIS AUBRIOT, LORENA RODRÍGUEZ-GALLEGO, CLAUDIA PICCINI, ERIKA MEERHOFF, LAURA RODRÍGUEZ-GRAÑA, DANILO CALLIARI, PAOLA GÓMEZ, IRENE MACHADO &amp; ANAMAR BRITOS</i> .....	611
<b>Efectos del Canal Andreoni en playas de Rocha: deterioro ambiental y su efecto en la biodiversidad</b> <i>DIEGO LERCARI &amp; OMAR DEFEO</i> .....	631
<b>Interfase de conflictos: el sistema costero de Rocha (Uruguay)</b> <i>DANIEL DE ÁLAVA</i> .....	637
<b>Importancia de los procesos participativos en la planificación: percepciones de naturaleza y áreas a proteger en Castillos (Rocha, Uruguay) y su zona de influencia costera</b> <i>DIEGO MARTINO &amp; ANDREA SCHUNK</i> .....	651
<b>Aprovechamiento prehistórico de recursos costeros en el litoral atlántico uruguayo</b> <i>HUGO INDA, LAURA DEL PUERTO, CAROLA CASTIÑEIRA, IRINA CAPDEPONT &amp; FELIPE GARCÍA-RODRÍGUEZ</i> .....	661

---

## Impacto de las floraciones algales nocivas en Uruguay: origen, dispersión, monitoreo, control y mitigación

SILVIA M. MÉNDEZ

smendez@dinara.gub.uy



### RESUMEN

Las floraciones algales nocivas (FANs) afectan la salud humana, la economía pesquera, el turismo y los ecosistemas acuáticos. Dado que el problema de las FANs es mundial, para minimizar sus efectos se han implementado programas de monitoreo en más de 50 países. El registro de especies de fitoplancton tóxico ha ido creciendo y cada vez se conoce más diversidad de toxinas producidas por estos microorganismos. En Uruguay, la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) dependiente del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP) lleva a cabo el monitoreo simultáneo de las FANs y la toxicidad en los moluscos. Esta modalidad de monitoreo y la confirmación de la toxicidad de algunas especies de microalgas, permite establecer la relación de causalidad entre la floración de éstas y la toxicidad en los moluscos en la costa uruguaya. Existen mecanismos para combatir las FANs aunque presentan algunas limitaciones en su aplicabilidad. La dispersión geográfica de las especies de microalgas nocivas y tóxicas puede producirse por factores naturales como las corrientes oceánicas o por actividades humanas como el tránsito marítimo y en especial barcos de carga que trasiegan aguas de lastre. Para disminuir el riesgo de introducción de éstas y otras especies nocivas por actividades humanas, varios países están implementando protocolos de control. El manejo adecuado de los episodios de floraciones algales nocivas involucra a varias instituciones y organizaciones a escala nacional y el seguimiento de normativas y compromisos internacionales.

**Palabras clave:** microalgas tóxicas, *Alexandrium*, *Gymnodinium*, *Dinophysis*, expansión geográfica

### ABSTRACT

Harmful algal blooms (HABs) affect human health, fishery's economy, tourism and aquatic ecosystems. Since HABs are a worldwide problem, monitoring programs have been implemented in more than 50 countries in order to minimize their effects. The reports of toxic phytoplankton species and the diversity of toxins produced by these microorganisms have increased. The National Directorate of Aquatic Resources (DINARA), Ministry of Livestock, Agriculture and Fishery (MGAP) carries on the simultaneous monitoring of HABs and mollusc toxicity. This monitoring approach and the confirmation of toxic microalgae species allows the DINARA to establish the causality between the bloom and the toxicity of molluscs along the Uruguayan coast. There exist some mechanisms for HABs control, although their applicability presents limitations. The geographic dispersion of harmful and toxic microalgae can be produced by natural factors like oceanic currents or human activities like maritime transit, particularly the discharge of ballast water by ships. To reduce the introduction of these or other noxious species by human activities, several countries are implementing control protocols. The suitable management of the harmful algal blooms events involves several national institutions and organizations and the follow up of international regulations and commitments.

**Key words:** toxic microalgae, *Alexandrium*, *Gymnodinium*, *Dinophysis*, geographic expansion

### INTRODUCCIÓN

"Floraciones Algales Nocivas" (FANs) es el término usado por la comunidad científica para referirse a fenómenos causados por microalgas que producen efectos nocivos. Las microalgas pueden aumentar la biomasa en un corto periodo de tiempo (floraciones algales o "blooms") lo que causa cambios visibles en la coloración del agua, dependiendo de sus pigmentos. Las floraciones de especies capaces de producir toxinas no necesariamente producen cambios en el color del agua. Se deduce entonces que el término popular "Mareas Rojas" con el que se conocen las floraciones algales nocivas es muy poco acertado, pues no se trata de una marea y no necesariamente cambia el color del agua.

La problemática de las FANs presenta un aparente incremento a nivel mundial (Hallegraeff 1993) lo que ha motivado la creación del Programa Internacional sobre FANs en el marco de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO. A partir de 1992 comienza a sesionar el Panel Intergubernamental sobre Floraciones Algales Nocivas (IOC-FAO IPHAB). Posteriormente, a partir de un taller de planificación científica realizado en Uruguay (1994), se constituyó un grupo de trabajo sobre Floraciones Algales Nocivas en Sudamérica (FANSA) que impulsa el intercambio de información y la generación de iniciativas regionales.

El monitoreo de algas nocivas se implementó en Uruguay por la necesidad de protección de los consumidores



de productos pesqueros, dado que las toxinas producidas por las microalgas pueden ser acumuladas en algunos organismos, principalmente en moluscos filtradores. Este programa de monitoreo permite a través del seguimiento de los cambios en la comunidad fitoplanctónica y la toxicidad en moluscos, prever situaciones del ecosistema acuático que puedan generar riesgos para la salud y establecer medidas precautorias.

El monitoreo del fitoplancton tóxico tiene como objetivo el registro y la alerta temprana del desarrollo de FANs. La investigación brinda la información básica para reforzar el monitoreo sobre nuevas especies, nuevas toxinas y prever épocas o zonas de mayor riesgo de ocurrencia de FANs. Los impactos de estos fenómenos han llevado a los países a implementar programas de monitoreo para mitigarlos, así como a desarrollar líneas de investigación para conocer su dinámica, mecanismos de control y de disminución del riesgo de introducción de nuevas especies por actividades antrópicas.

#### IMPACTO DE LAS FANs

Las FANs son capaces de producir efectos nocivos para el hombre afectando la salud pública, causar daños económicos al sector pesquero o turístico y asimismo provocar daños ecológicos por su toxicidad letal o subletal en determinadas especies de organismos marinos.

#### Impacto en la salud

Algunas especies de microalgas producen toxinas que son bioacumuladas en la cadena trófica y contaminan productos del mar causando efectos en la salud del consumidor. La intoxicación depende del tipo y concentración de toxina ingerida. Varios tipos de toxinas producidas por FANs de dinoflagelados y diatomeas afectan al hombre: Veneno Paralizante de Moluscos (VPM), Veneno Diarreico de Moluscos (VDM), Veneno Amnésico de Moluscos (VAM), Veneno Neurotóxico de Moluscos (VNM), Ciguatoxinas y Azaspirácidos (Hallegraef *et al.* 1995; Satake *et al.* 1998; James *et al.* 2000; Anderson *et al.* 2001). Las cianobacterias también generan numerosas toxinas (Cianotoxinas) que afectan al hombre principal-

mente al contacto con la piel en agua dulce o marina y al contaminar las fuentes de agua potable (Carmichael 1992; Pilotto *et al.* 1997; Kuiper-Goodman *et al.* 1999).

Los venenos producidos por microalgas marinas tienen diferentes características químicas, modos de acción específicos y sintomatologías diversas según la toxina y la concentración. En la Tabla 1 se incluyen las ficotoxinas detectadas hasta el momento en aguas uruguayas.

En Sudamérica ha habido casos fatales por consumo de moluscos tóxicos con VPM y varios registros de intoxicación moderada por VDM (Sar *et al.* 2002). En Uruguay hay registros de intoxicación leve por VPM que datan de 1980 (Davison & Yentsch 1985). Posteriormente se han detectado concentraciones superiores al límite admitido de VPM en moluscos y se han instalado varios períodos de veda (Medina *et al.* 1993; Medina *et al.* 2003; Ferrari & Méndez 2004). Hay registros extraoficiales de intoxicación por VDM a partir de 1992 (Ferrari *et al.* 2000) y respecto a VAM no hay registros de intoxicados y solamente se detectó ácido domoico en moluscos en una oportunidad en bajas concentraciones (Medina *et al.* 2003). Se han detectado cepas tóxicas de *Microcystis aeruginosa* en el Río de la Plata (De León & Yunes 2001).

Fernández *et al.* (2004) han revisado recientemente las medidas de manejo tendientes a asegurar la calidad de los moluscos y las diversas reglamentaciones para la comercialización, así como estrategias para facilitar la eliminación de toxinas de los moluscos.

#### Impacto en la biota

Existen numerosas especies de microalgas que producen mortandades masivas en peces por efectos físicos (Takano 1959; Taylor *et al.* 1985; Clement & Lembeye 1993) o químicos (White 1980; Meyer & Barclay 1990; Taylor & Haigh 1993; Bruslé 1995; Rensel 1995). Las aves y los mamíferos marinos también han sido víctimas de intoxicación por VAM o VPM (Geraci *et al.* 1989; Buck *et al.* 1992).

El zooplancton y los moluscos sufren efectos adversos por ingerir fitoplancton tóxico (Takano 1959; Taylor *et al.* 1985; Huntley *et al.* 1986; Uye 1986; Shumway

**Tabla 1.** Ficotoxinas detectadas en Uruguay en moluscos o en el plancton estuarino o marino, capaces de generar efectos en la salud humana. (Fuente: MacKintosh *et al.* 1990; Carmichael 1992; Backler *et al.* 2004).

Ficotoxinas	VPM	VDM	VAM	Microcystina
Toxina(s) (número)	Saxitoxina (>20)	Ácido okadaico, dinophysistoxinas (>6)	Ácido domoico (5)	Microcystina
Modo de acción	Bloqueo del canal de Sodio	Inhibidor de la fosfatasa proteica	Agonista receptor del glutamato	Inhibidor de la fosfatasa proteica
Tiempo de incubación	5-30 min	<24 h	<24 h	Minutos/horas
Síntomas agudos y crónicos	Adormecimiento de labios y punta de los dedos, parálisis de los miembros inferiores y superiores, pérdida de la coordinación motora, depresión respiratoria, muerte	Diarrea, náuseas y vómitos, dolor abdominal, dolor de cabeza, fiebre	Náuseas, vómitos, diarrea, vértigo, confusión, pérdida de memoria, alucinaciones, desorientación, aprehensión, coma	Dermatitis, afecciones hepáticas, gastroenteritis
Duración de los síntomas	Días	Días	Años	

1990; Yukihiko *et al.* 2001). Las toxinas producidas por cianobacterias pueden causar efectos tóxicos a diferentes niveles tróficos, afectando peces (Anderson *et al.* 1993; Rodger *et al.* 1994), mamíferos y aves (Carmichael 1992).

### Impacto en la economía

Los centros de cultivo de peces y de moluscos sufren el impacto de las floraciones de fitoplancton nocivo (Rosenberg *et al.* 1988; Underdal *et al.* 1989). Las floraciones de microalgas, de grandes biomásas, han causado grandes pérdidas económicas en países maricultores al provocar mortandades masivas por anoxia o por inflamación u obstrucción de las branquias de los peces.

El sector turístico se ve afectado por las FANs ya que algunas especies forman una nata o espuma desagradable para el bañista. El sector pesquero en Uruguay ha sufrido los efectos económicos de las "mareas rojas" dado que las vedas prohíben la comercialización y explotación de los recursos, muchas veces coincidiendo con la temporada de mayor venta. Para el período 1991-1997, una estimación inicial de pérdidas en el mercado local por no comercialización de mejillones debido a marea roja asciende a U\$S 901802 (Méndez 2000).

### PROGRAMAS DE MONITOREO

Como consecuencia del impacto producido por las FANs, alrededor de 50 países en el mundo han implementado programas nacionales de monitoreo (Anderson *et al.* 2001). El objetivo general que persigue un programa de monitoreo de FANs es la previsión de efectos negativos para el hombre, ya sea en su salud, en su economía u otros. Los organismos o instituciones con competencias en el control de productos pesqueros destinados al consumo humano son los que rigen oficialmente los programas de monitoreo de FANs y de toxicidad de moluscos, y además tienen las facultades de certificar la calidad de los mismos, atento a las regulaciones existentes a nivel nacional o internacional.

El monitoreo de FANs y toxicidad en moluscos que realiza la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) desde 1980 constituye una herramienta de gestión válida para la detección de toxicidad en moluscos y alerta temprana de eventos tóxicos ya que en ocasiones se ha detectado el desarrollo de la floración tóxica antes de que los moluscos concentren la toxina. Para ello se lleva a cabo un seguimiento permanente de la comunidad fitoplanctónica y toxicidad en moluscos en las áreas de explotación de estos últimos. Las estaciones fijas de muestreo se ubican en la costa de los departamentos de Maldonado y Rocha (Fig. 1), en áreas de extracción de berberechos y mejillones. Con la misma metodología del programa de monitoreo, se controlan otras pesquerías de bivalvos durante todo el período de explotación.

Especies centinelas de moluscos son utilizadas en todo el mundo para evaluar eventos tóxicos y tendencias de toxicidad. La capacidad de los moluscos filtradores de acumular las toxinas depende de la concentración de microalgas tóxicas en el fitoplancton y el metabolismo de



Figura 1. Estaciones costeras de monitoreo de FANs.

la especie de molusco (Cembella & Shumway 1995). Es importante considerar que diferentes especies de moluscos presentan diferencias en su capacidad de acumular y retener toxinas (Bricelj & Shumway 1998) por lo cual es deseable que en los monitoreos se determine toxicidad en diferentes especies de moluscos. Los bivalvos tienen gran capacidad de acumular y también de detoxificarse de altas concentraciones de toxinas. Los bivalvos acumulan rápidamente la toxina y la eliminan con mayor rapidez que otro tipo de moluscos (Neal 1967; Shumway 1990).

La inversión en programas de monitoreo en los diversos países está en relación con la producción de moluscos y varía entre 0.02 y 5% de ésta. En países donde existe un gran desarrollo de la acuicultura, como el caso de Chile, existe un compromiso del sector empresarial para el financiamiento de los programas de monitoreo de FANs (Clement & Lembeye 1993; INTESAL 2001) y en algunos casos el sector pesquero participa de la mesa de gestión conjuntamente con los ministerios de salud y pesca implicados en el tema, como en Nueva Zelanda (Trusewich *et al.* 1996).

Se estima que Uruguay en 2001 invertía para este programa un monto que representaba un 1.2% del valor de su producción (Anderson *et al.* 2001).

### COMPETENCIAS INSTITUCIONALES EN EL MONITOREO DE LAS FANs EN URUGUAY

De acuerdo a los artículos 29 y 38 del Decreto del Poder Ejecutivo N° 149/997, "El INAPE [hoy DINARA] es la única autoridad sanitaria oficial competente de la actividad pesquera y atiende con sus sistemas de control las normativas directrices o recomendaciones emanadas de organismos internacionales. En casos de emergencias sanitarias que pudieran provocar afectación a la salud humana por la aparición de marea roja, otras floraciones similares, otros organismos patógenos o agentes contaminantes en el agua o en especies acuáticas de consumo humano, la DINARA queda facultada para adoptar las medidas de emergencia pertinentes en salvaguarda de la salud pública". Otros organismos nacionales rigen respecto al uso de agua para consumo o recreación y tienen a su cargo programas de monitoreo de floraciones algales adaptados a estos fines.

El control de las FANs en los cuerpos de agua que surten de agua potable a la población, está dentro de la competencia de la OSE (Obras Sanitarias del Estado), en el marco del contralor higiénico de los cursos de agua que se utilizan para la prestación de sus servicios.

Por otra parte la gestión de las FANs en las aguas utilizadas para recreación, son competencia de los Gobiernos Municipales, los que limitan zonas o períodos de bañabilidad de espacios habilitados para estos fines.

El Centro de Información y Asesoramiento Toxicológico (CIAT- Hospital de Clínicas) cumple un rol de asistencia médica, información y registro de personas afectadas, así como formación y capacitación profesional médico sobre la sintomatología y los tratamientos ante este tipo de afecciones.

El Ministerio de Salud Pública se involucra en lo referente a la comunicación pública y el Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente ha tenido participación en la gestión interinstitucional para manejo de esta problemática.

La Prefectura Nacional Naval, cumple un rol fundamental de apoyo al programa de monitoreo de la DINARA y a su vez en el rol de fiscalización de las medidas de veda.

#### **PROGRAMA DE MONITOREO DE LAS FANs Y TOXICIDAD EN MOLUSCOS EN URUGUAY**

En el año 1980 se registró el primer evento de toxicidad en moluscos, el cual hasta el momento fue el que tuvo mayor persistencia en el área ya que comenzó a mediados de febrero en la costa de Maldonado y se extendió rápidamente a la costa de Rocha. Los moluscos permanecieron tóxicos desde fines de verano hasta fines de primavera. Durante este episodio se registraron 60 personas con intoxicación leve por consumo de moluscos con VPM (Veneno Paralizante de Moluscos), que constituye el primer antecedente en el país. Como consecuencia, surgió la necesidad de implementar un programa de monitoreo que permitiera prevenir intoxicaciones por esta causa (Davison & Yentsch 1985). Científicos de la institución con asesoramiento internacional establecieron las pautas del programa de monitoreo que desde entonces lleva a cabo la DINARA y al que se han agregado posteriormente la determinación de otras toxinas.

El programa tiene una estructura básica (Andersen 1996; Anderson *et al.* 2001) que incluye: 1) toma de muestras, observación y registro de condiciones ambientales; 2) análisis de laboratorio; 3) evaluación de los resultados; 4) implementación de medidas reguladoras; y 5) comunicación pública de las medidas.

#### **Toma de muestras, observación y registro de condiciones ambientales**

Las muestras de fitoplancton se toman semanalmente durante todo el año y las de moluscos para determinación de toxicidad se toman semanalmente de diciembre a marzo y quincenalmente el resto del año. Las muestras de fitoplancton se toman desde muelles, puntas rocosas

o pequeñas embarcaciones, y los moluscos se muestrean en los bancos naturales de acceso directo del público y en los puestos de venta.

En el momento de muestreo se registran condiciones de temperatura del agua, dirección e intensidad del viento, nubosidad, color del agua, presencia de espuma o nata y se toman muestras para medición de salinidad.

#### **Análisis de laboratorio**

Se realiza un estudio cualitativo de las especies que componen la comunidad fitoplanctónica, se cuantifican las que tienen probada o potencial capacidad de producir toxinas y otras relevantes en abundancia utilizando el método de Uthermöhl (1958). El registro fotográfico correspondiente se focaliza en las especies tóxicas.

El monitoreo de toxinas en moluscos lo lleva a cabo el laboratorio de control y certificación de la DINARA. El monitoreo de VPM se comenzó en 1980 en moluscos de consumo local: mejillones (*Mytilus edulis*), berberechos (*Donax hanleyanus*) y almejas (*Mesodesma mactroides*) y posteriormente se expandió el control a moluscos para exportación como las vieiras (*Psychrochlamys patagonica*), caracoles (*Pachycymbiola brasiliana* y *Zidona dufresnei*) (Medina *et al.* 1993; Medina *et al.* 2003) y almejas (*Pitar rostrata*) (Medina & Giudice 2005).

En 1992 se implementó la técnica para determinación de VDM (Veneno Diarreico de Moluscos) por bioensayo en ratones y en el año 2000 para VAM (Veneno Amnésico de Moluscos). La determinación de los diversos tipos de venenos en moluscos se realiza de acuerdo a las metodologías requeridas internacionalmente (Yasumoto *et al.* 1984; AOAC International 1995). Se conoce la composición de toxinas que producen las cepas de *Gymnodinium catenatum* y *Alexandrium tamarense* de Uruguay (Méndez *et al.* 2001; Negri *et al.* 2001). En el caso de la exportación de moluscos se aplica una serie de Directivas de la Comunidad Europea respecto a la seguridad de los alimentos a los efectos de asegurar la protección del consumidor y la calidad de los productos (Fernández *et al.* 2004).

#### **Evaluación de los resultados**

Al finalizar los análisis de las muestras, el equipo técnico responsable de la determinación de toxinas y del estudio del fitoplancton evalúa la situación y establece las medidas de prevención necesarias. A mediano y largo plazo se realizan evaluaciones de la información obtenida que permiten ampliar el conocimiento de estos fenómenos y realizar ajustes en el programa de monitoreo (Méndez 1993; Negri *et al.* 2001; Méndez & Ferrari 2003; Medina *et al.* 2003; Méndez & Medina 2004). La Tabla 2 resume los eventos tóxicos detectados por el programa de monitoreo de la DINARA entre 1980 y 2005.

#### **Implementación de medidas reguladoras**

El programa de monitoreo de la DINARA recomienda el establecimiento inmediato de vedas ante situaciones de riesgo para la salud del consumidor de productos

**Tabla 2.** Cronología de floraciones tóxicas, toxinas detectadas y períodos de veda. \* Veda de carácter cautelar por floración tóxica.

Año	Lugar	Especie tóxica	Densidad máxima cel l <sup>-1</sup>	Toxina detectada y períodos de veda
1980	La Paloma	<i>Gonyaulax</i> , <i>Gymnodinium</i> sp.	–	VPM (16/02/80-15/08/80)
1991	Piriápolis	<i>G. catenatum</i>	77 x10 <sup>3</sup>	VPM <80 µg STX eq/100g
1991	Punta del Este	<i>A. tamarense</i>	31 x10 <sup>3</sup>	VPM (27/08/91-15/10/91)
1992	La Coronilla	<i>D. acuminata</i>	4.5 x10 <sup>3</sup>	VDM + (21/01/92-7/02/92)
1992	Punta del Este, La Paloma	<i>G. catenatum</i>	93 x10 <sup>3</sup> 146 x10 <sup>3</sup>	VPM (17/02/92-16/03/92)
1992	Piriápolis	<i>D. acuminata</i>	1500	VDM +
1992	Punta del Este	<i>D. acuminata</i>	4.5 x10 <sup>3</sup>	VDM +
1992	La Paloma	<i>D. acuminata</i>	2 x10 <sup>3</sup>	VDM +
1992	La Paloma	<i>A. tamarense</i>	4.3 x10 <sup>3</sup>	VPM (3/10/92-27/10/92)
1993	Punta del Este, La Paloma	<i>G. catenatum</i>	10 <sup>4</sup> 30.4 x10 <sup>3</sup>	VPM (12/03/93-13/04/93)
1993	Punta del Este	<i>A. tamarense</i>	34.5 x10 <sup>3</sup>	VPM (5/08/93-24/09/93)
1994	Punta del Este, Arachania	<i>G. catenatum</i>	3.6x10 <sup>3</sup> 13.8x10 <sup>3</sup>	VPM (25/02/94-17/03/94)
1994-1995	Chuy	<i>D. caudata</i> , <i>D. acuminata</i>	4.4 x10 <sup>3</sup> 3.6 x10 <sup>3</sup>	VDM+ (13/12/94-6/01/95)
1995	Piriápolis	<i>G. catenatum</i>	8.5 x10 <sup>3</sup>	VPM <80 µg STX eq/100g
1995	La Paloma	<i>A. tamarense</i>	440	VPM <80 µg STX eq/100g
1996	La Paloma	<i>D. acuminata</i>	80	VDM + (16/02/96-8/03/96)
1996	Punta del Este, La Paloma	<i>G. catenatum</i>	24 x10 <sup>3</sup> 5 x10 <sup>3</sup>	VPM <80 µg STX eq/100g
1996	Punta del Este, Arachania	<i>A. tamarense</i>	16.4 x10 <sup>3</sup> 80 x10 <sup>3</sup>	VPM (14/08/96-23/10/96)
1997	Punta del Este	<i>Microcystis aeruginosa</i>	–	Microcystinas en el plancton
1997	Punta del Este	<i>A. tamarense</i>	1640	VPM <80µg STX eq/100g
1998	Punta del Diablo	<i>G. catenatum</i>	278 x10 <sup>3</sup>	VPM (17/03/98-23/04/98)
2001	Arachania	<i>G. catenatum</i>	32 x10 <sup>3</sup>	VPM (23/02/01-5/03/01)
2001	Punta del Este	<i>Pseudo-nitzschia multiseries</i>	1200	VAM <20 µg AD/g
2002	Arachania	<i>G. catenatum</i>	4760	VPM<80µg STX eq/100g
2003	Piriápolis	<i>G. catenatum</i>	22.2 x10 <sup>3</sup>	VPM (24/01/03-14/02/03)
2004	Piriápolis	<i>G. catenatum</i>	50680	VPM (4/02/04-10/03/04)
2005	Punta del Este	<i>G. catenatum</i>	16 x10 <sup>4</sup>	* (22/03/05-1/04/05)

pesqueros, lo cual requiere de una acción rápida de los técnicos, de las autoridades y de los medios de comunicación, a fin de evitar intoxicaciones.

Las vedas se establecen ante dos situaciones: a) cuando el producto presenta un nivel de toxinas que excede el límite fijado y b) cuando se detecta una floración de una especie tóxica o potencialmente tóxica en áreas de explotación de moluscos. En esta segunda situación la veda es de carácter cautelar y la medida se levanta una vez que se detecta el fin de la floración y el fitoplancton es nuevamente dominado por especies inocuas. Puede pasar que a razón de la permanencia de la floración tóxica en el área los moluscos concentren la toxina y se pase de veda cautelar a definitiva una vez alcanzado el límite tóxico.

La concentración límite del alga tóxica que dispara el mecanismo de acción o la medida reguladora, ha sido definido solo en pocos países. La experiencia local es la base para generar estos límites en los protocolos nacionales. En Uruguay se intensifica el monitoreo de fitoplancton y toxicidad en moluscos ante el incremento en la concentración de una especie tóxica y ante la detección de concentraciones mínimas de toxicidad en moluscos.

### Comunicación pública

La comunicación es un punto clave en el programa de monitoreo, tanto cuando se impone una medida reguladora como cuando se levanta la misma. La comunicación interinstitucional y asimismo hacia el público debe ser efectiva. Ante la detección de un evento tóxico la DINARA emite inmediatamente un comunicado oficial de veda de moluscos bivalvos y lo envía a la prensa y a las instituciones involucradas, e.g. prefecturas, servicios de salud, intendencias costeras y asociaciones de pescadores. Dado que los efectos de las floraciones algales nocivas dependen de la especie causante es necesario informar a la población sobre los riesgos en cada caso.

### FACTORES QUE INFLUYEN EN EL INICIO DE LAS FLORACIONES Y DISPERSIÓN DE LAS ESPECIES TÓXICAS

Considerando los factores limitantes de la producción primaria, la floración de una especie dependerá de la existencia de condiciones que favorezcan su crecimiento y su competitividad frente a otras especies. Dichos factores son: la existencia de luz, temperatura y concen-

tración de nutrientes apropiadas y poca presión de herbivoría del zooplankton (Raymont 1980). Es importante considerar que las zonas de gran producción algal son también zonas de gran biomasa de zooplankton que regula las poblaciones algales. Por otra parte, la división celular depende de la existencia de una concentración mínima de nutrientes así como de la relación entre la concentración de Nitrógeno y Fósforo. La distribución de nutrientes en el área condiciona la existencia de grandes parches de fitoplancton. Las zonas costeras con escasa profundidad y gran aporte de nutrientes podrían favorecer las floraciones también durante el verano mientras en zonas de mayor profundidad los nutrientes se encuentran atrapados debajo de la termoclina (Raymont 1980).

El estuario del Río de la Plata, segunda cuenca hidrográfica de Sudamérica, vierte al océano 20000-25000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (Framiñan & Brown 1996). En términos generales, latitudes medias presentan picos estacionales de producción primaria en primavera y otoño. En esta región el pico mayor de producción primaria se produce a fines de invierno y primavera y en menor grado en otoño (Odebrecht & García 1997). La alta productividad primaria en los estuarios está directamente relacionada con el ingreso de nutrientes inorgánicos disueltos y con los procesos físicos y biológicos (Boynton *et al.* 1982; Knox 1986). Durante la primavera, el Río de la Plata presenta los valores máximos de productividad primaria, comparado con la zona costera, las aguas de plataforma, la Corriente de Malvinas y la Corriente de Brasil (Carreto *et al.* 2003). Cabe señalar que mientras la temperatura y la salinidad condicionarían la distribución, presencia o ausencia de las especies en la región, el régimen de nutrientes determinaría la capacidad de crecer y el nivel de biomasa o abundancia numérica a la que pueden llegar las especies (Steidinger *et al.* 1998). Estudios sobre las condiciones ambientales que favorecen el inicio de las floraciones de especies tóxicas en la zona costera atlántica de Uruguay ha sido la principal línea de investigación del laboratorio de fitoplancton de la DINARA (Méndez *et al.* 1996; Brazeiro *et al.* 1997; Méndez *et al.* 1997; Odebrecht *et al.* 1997; Ferrari *et al.* 2000; Méndez & Ferrari 2002; Méndez & Galli 2006). No obstante hasta el momento se desconoce la dinámica temporal de los nutrientes en el área y en qué medida estos desencadenan o limitan el desarrollo de las FANs.

Existe un creciente registro de floraciones tóxicas en diferentes partes del mundo, por lo cual se han generado varias teorías para explicar la creciente dispersión geográfica de estas. Entre estas teorías se incluyen el crecimiento explosivo de especies endémicas, provocado por cambios ambientales, la dispersión natural por las corrientes oceánicas, la dispersión por actividad humana de transporte marítimo de aguas de lastre, o de bivalvos o peces vivos por la actividad de la maricultura, o una suma de estas (Anderson 1989; Hallegraeff & Bolch 1992). La dificultad para distinguir entre estas hipótesis de dispersión radica en diferenciar las especies endémicas y las introducidas (Scholin 1998). En este sentido,

antes de pensar en la introducción de nuevas especies, se presenta a continuación una breve descripción de la evolución de las floraciones de especies productoras de VPM en la región.

#### EVOLUCIÓN DE LAS FLORACIONES DE ESPECIES PRODUCTORAS DE VPM EN LA ZONA COSTERA URUGUAYA Y ÁREAS ADYACENTES

Para analizar el origen de las especies tóxicas en aguas uruguayas, se deberían analizar los registros históricos. A continuación se presenta en forma sintética el caso de las especies productoras de VPM. Las especies productoras de VPM registradas hasta el momento en aguas uruguayas son: *A. tamarense* y *G. catenatum* (Fig. 2).

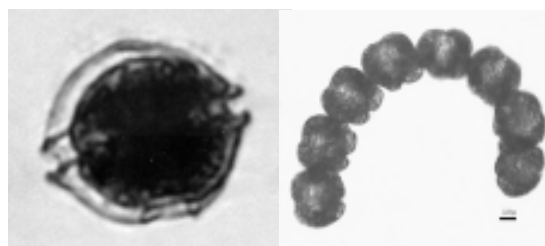


Figura 2. *A. tamarense* (izquierda) y *G. catenatum* (derecha).

*Alexandrium tamarense* fue registrada en el Mar Argentino por primera vez en 1980 (Carreto *et al.* 1981) y sus quistes de reposo también fueron detectados en sedimentos de la plataforma continental argentina (Orozco & Carreto 1989). Posteriormente, la expansión de la especie a toda la costa argentina se produciría por centros de dispersión asociados a sistemas frontales (Carreto *et al.* 1985). La primera floración de *A. tamarense* en la costa uruguaya se registró en 1991 (Medina *et al.* 1993; Méndez 1993) y a partir de entonces varias floraciones tóxicas de esta especie se han registrado en periodos de primavera de 1992, 1993 y 1996 (Méndez & Ferrari 2002). En el S de Brasil el primer registro de floración de *A. tamarense* fue en 1996 (Odebrecht *et al.* 1997; Persich *et al.* 1998; Odebrecht *et al.* 2002). Se ha encontrado una asociación de la ocurrencia de las floraciones de esta especie en Uruguay con factores ambientales como lo son los periodos de mayor intensidad del frente de convergencia, disminución de la descarga del río (Méndez *et al.* 1996). Se ha observado una gran asociación de las floraciones de *Alexandrium* con aportes de ríos en otras regiones (Therriault *et al.* 1985; Franks & Anderson 1992), lo cual presumiblemente refleja la importancia del aporte de sustancias húmicas naturales, elementos traza y otros materiales estimulantes para su crecimiento (Anderson 1998). *Alexandrium tamarense* es una especie que no tiene una tasa de crecimiento explosiva (Yamamoto & Tarutani 1996), pero tiene capacidad de adaptarse y colonizar múltiples ambientes (Anderson 1998).

La existencia de *G. catenatum* había sido citada por primera vez en la región del Atlántico Sudoccidental por Balech (1964) en la plataforma bonaerense. Sin embargo,

las primeras floraciones de esta especie se producen en aguas uruguayas a partir de 1991 asociada a aguas cálidas de verano y posteriormente se repiten con diferente intensidad en las temporadas de verano y principios de otoño (Tabla 2). Se ha registrado la existencia de gran densidad de quistes de esta especie a lo largo de la costa uruguaya (Méndez 1995; Méndez *et al.* 2003) en áreas donde se producen las floraciones, lo cual permitiría el resurgimiento periódico de éstas. En Argentina se asocia el incremento de VPM en moluscos en otoño a la presencia de *G. catenatum* en el plancton (Carreto & Akselman 1996; Carreto *et al.* 1998). En Santa Catarina (Brasil) se registró por primera vez en 1998 (Proença *et al.* 2001; García & Proença 2001) y ha sido asociado a la producción de VPM. *Gymnodinium catenatum* tiene ventajas competitivas que le permiten predominar sobre las diatomeas en condiciones de calma y estabilidad de la columna de agua, o en condiciones donde la nutriclina es profunda, gracias a su capacidad de migración vertical (Hallegraeff & Fraga 1998).

La expansión geográfica de las floraciones de estas especies tóxicas en la región, en las dos últimas décadas del siglo XX, podría deberse al transporte natural por las corrientes oceánicas que les permite colonizar áreas con nutrientes estimulantes para su desarrollo. Estas especies que habitan simultáneamente diversas regiones del mundo y generan quistes capaces de ser transportados por las corrientes o por las aguas de lastre de los barcos tienen grandes chances de expandirse geográficamente.

#### LOS QUISTES COMO INÓCULOS PARA NUEVAS FLORACIONES TÓXICAS

Los dinoflagelados pueden generar durante el ciclo de vida un estado no-móvil llamado quiste. Frente a condiciones ambientales adversas, o durante el proceso de división celular asexual, se producen quistes temporales capaces de restablecerse rápidamente a su forma móvil. El quiste de resistencia es en cambio un cigoto perdurable no-móvil formado por la fusión de gametos (Blackburn *et al.* 1989). Los quistes pueden acumularse lejos de su área de generación y permanecer años en el sedimento en determinadas condiciones de temperatura y bajos niveles de oxígeno. La resuspensión de estos por las corrientes y su exposición a condiciones ambientales adecuadas provocan la germinación (Matsuoka & Fukuyo 2000). La concentración de nutrientes no parece afectar el éxito de la germinación de los quistes, según estudios realizados en *Alexandrium minutum* (Cannon 1993); no obstante la luz, la salinidad y el oxígeno tienen diferente grado de importancia. Por ejemplo, a nivel experimental los quistes de *A. tamarense* no germinan luego de siete semanas de oscuridad (Anderson *et al.* 1987). La luz acelera el proceso de germinación y el oxígeno es absolutamente necesario para la mayoría de las especies de dinoflagelados para germinar (Anderson 1998).

En la costa uruguaya se han registrado quistes de varias especies de dinoflagelados entre los que se encuentran los de *A. tamarense* y *G. catenatum*, especies pro-

ductoras de VPM (Méndez 1995; Méndez *et al.* 2003). Actualmente se conocen más de 80 especies marinas y 15 de agua dulce que generan quistes (Matsuoka & Fukuyo 2000). Estudiar las zonas de deposición de quistes aporta elementos para el estudio de la dinámica de estas especies ya que estos constituyen un potencial inóculo para el inicio de nuevas floraciones tóxicas. El tamaño del inóculo exquistado puede tener relación con la magnitud de la floración, especialmente si la floración es limitada estacionalmente por la temperatura u otros factores endógenos de regulación del exquistamiento y enquistamiento (Anderson 1998).

#### INTRODUCCIÓN DE ESPECIES TÓXICAS

Los barcos de carga transportan gran cantidad de agua de lastre cuando viajan con poca carga, lo cual les permite navegar y operar con seguridad. Las aguas de lastre se vuelcan en áreas lejanas al lugar donde fueron tomadas. La introducción de especies exóticas por este procedimiento es un riesgo al cual están expuestas todas las áreas de navegación y portuarias. Según información del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, ca. 3000 especies de plantas y animales están siendo transportadas diariamente dentro de las aguas de lastre de los barcos (UNDP 1998). La introducción de especies invasoras ha creado serios problemas entre los cuales se encuentra la dispersión de especies tóxicas de dinoflagelados. En 1973 La Organización Marítima Internacional (OMI) reconoce el problema causado por las aguas de lastre y en 1991 el Comité de Protección Ambiental Marina (MEPC 1991) adoptó la "Guía para prevenir la introducción de organismos acuáticos no deseados y patógenos del agua de lastre y sedimentos de los barcos". A partir de esa fecha muchos países han tomado medidas respecto al control del agua de lastre. La cantidad de quistes de especies de microalgas en los sedimentos de los tanques de aguas de lastre es enorme (Graneli *et al.* 1999). *Gymnodinium catenatum*, especie que produce floraciones tóxicas por VPM en varios países, ha sido introducida en Australia por medio de aguas de lastre (Hallegraeff & Bolch 1992). Australia resalta tres acciones para minimizar los riesgos de introducción de algas nocivas por aguas de lastre (Paterson 2000):

a) Al cargar agua de lastre: no tomarla cuando hay una floración algal, ni cuando se sabe que hay desarrollo o colonización de una plaga marina nociva, y no tomar sedimento del fondo de los puertos;

b) Durante el viaje: intercambiar aguas de lastre en el medio del océano, realizar tratamiento de las aguas de lastre; y

c) Al descargar el agua de lastre: no descargar en cuerpos de agua cerrados, de baja profundidad o cercanos a estructuras de producción de productos del mar.

El procedimiento de recambiar el agua de lastre en el océano abierto, permite en general la remoción de gran porcentaje de fitoplancton en condiciones de seguridad, pero gran cantidad de quistes permanecen en el sedimento del fondo de los tanques (Villac *et al.* 2000).

## ESTRATEGIAS DE CONTROL DE FLORACIONES

Evaluaciones recientes sobre las estrategias de control (Anderson *et al.* 2001) demuestran la controversia científica en la aplicación de éstas, a modo de prevenir consecuencias negativas de la interferencia del hombre en los procesos naturales. Se han descrito diversos métodos físicos, químicos y biológicos para el control directo de las floraciones, cuyas ventajas o desventajas se presentan a continuación.

### Métodos físicos y químicos

La utilización de floculantes para controlar floraciones (macromoléculas sintéticas, sales de hierro o sulfato de aluminio) ha dado resultado pero el costo es muy elevado (Shirota 1989) y la aplicación de metales podrían incluso estimular la floración. El uso de arcilla como floculante, ha sido efectivo dependiendo de la arcilla utilizada y de la especie a tratar (Shirota 1989; Yu *et al.* 1994a; 1994b; 1994c; Na *et al.* 1996). La remoción de células o destrucción por ultrasonido, no han dado resultados exitosos (Shirota 1989).

Muchos productos químicos han sido propuestos para mitigar las FANs pero solo algunos tienen algún grado de especificidad para las especies de algas nocivas. El uso de algunos químicos para destruir las células de una especie tóxica presentan la desventaja de que podrían liberar las toxinas al agua y afectar especies benignas (Rounsell & Evans 1958). Se ha propuesto el uso de otros agentes químicos producidos naturalmente por microalgas (McCoy & Martin 1977) a los que se le han hecho objeciones respecto al costo y la inespecificidad (Steidinger 1983). Sustancias extraídas de macroalgas u otras especies acuáticas podrían ser utilizadas para el futuro control de FANs, previa investigación sobre la efectividad y especificidad de éstas (Anderson *et al.* 2001).

### Métodos biológicos

El método de control biológico de introducción de zooplankton como predador en las floraciones presenta obstáculos de tipo logístico y económico que lo hacen impracticable (Martin *et al.* 1973; Steidinger 1983; Shirota 1989). El uso de virus, parásitos o bacterias que afecten determinadas especies de dinoflagelados se consideran agentes posibles de control biológico, aunque se necesita mayor investigación sobre la especificidad en el ataque de la especie objetivo (Anderson *et al.* 2001).

Se han observado casos de decaimiento de una floración de dinoflagelados ligado a la aparición de partículas virales en las células (Nagasaki *et al.* 1994). Según Suttle (1996) la propagación viral durante una floración sería acelerada porque hay mayor probabilidad de que el virus encuentre células huésped. La elevada virulencia de la infección de dinoflagelados por parásitos ha mostrado la efectividad como mecanismo de control (Taylor 1968). En algunos casos se han identificado bacterias altamente específicas y efectivas en la destrucción de cultivos de dinoflagelados (Ishida 1999).

Otras técnicas de mitigación de los efectos nocivos de las FANs en centros de piscicultura como: la filtración del agua, encerramiento de floraciones, aireación, oxigenación, ozonización o el movimiento de las estructuras, han sido utilizadas por Canadá, Estados Unidos, Noruega y Chile entre otros países (Anderson *et al.* 2001). Algunos centros de maricultura trasladan las jaulas o estructuras de cultivo o las sumergen para evitar el contacto de los peces con la floración a fin mitigar el impacto de las floraciones algales nocivas.

## CONSIDERACIONES FINALES

La incapacidad de predecir la ocurrencia de floraciones algales tóxicas y las limitaciones en las medidas profilácticas y terapéuticas, lleva a que los mayores esfuerzos se efectúen en reforzar las medidas de prevención basadas en muestreo de campo, análisis de laboratorio, educación pública y legislación adecuada. El desarrollo de investigación científica con relación a las FANs generará conocimientos necesarios para comprender la dinámica de estos fenómenos naturales y los organismos que las causan, así como llevar adelante las acciones pertinentes para mitigar los efectos no deseados.

Cuanto más conocimiento se tenga de los factores bióticos y abióticos asociados a la ocurrencia de las FANs, más cerca estará la posibilidad de predecir los períodos propicios para su ocurrencia.

Asimismo, es necesario generar mayor conciencia pública sobre éste tema y hacer efectiva la comunicación y las advertencias durante eventos tóxicos. Inclusive en países con programas de monitoreo de FANs y toxicidad establecidos, aún se sufren pérdidas humanas por intoxicación, en muchos casos, debido a la falta de atención a las medidas de alerta pública. En Uruguay, aunque se realizan las comunicaciones en forma rápida por los mayores medios de difusión, debería contarse con otros medios de comunicación en aquellas áreas de mayor incidencia de episodios de floraciones tóxicas y buscar vías de información en sitios apartados, donde el acceso a los medios de difusión masiva es limitado.

La investigación para el desarrollo de esta área de conocimiento se ha visto limitada por la escasa disponibilidad institucional de recursos económicos, la dificultad de acceso a los pocos recursos nacionales destinados a la investigación y la gran competencia por fondos internacionales.

### Prioridades y perspectivas de investigación

Para crear las bases de conocimiento sobre los diversos aspectos que atañen a las floraciones algales nocivas, es necesario priorizar la investigación científica sobre este tema a nivel nacional, considerando su relevancia por la diversidad de efectos nocivos que producen.

La observación a diferentes escalas espacio-temporales de las condiciones ambientales en que se producen las floraciones algales, permite ampliar el conocimiento sobre los factores que inciden en su ocurrencia. Por ello, el

establecimiento de sistemas de monitoreo ambiental de las zonas afectadas por las floraciones algales nocivas, debería llevarse a cabo en forma paralela a los monitoreos fitoplanctónicos.

El programa de monitoreo de fitoplancton nocivo y toxicidad en moluscos establecido en Uruguay desde 1980, constituye la mejor herramienta de prevención de intoxicaciones humanas, aunque es necesario contar con mayor cantidad de recursos humanos, tecnológicos y bases de datos ambientales sistemáticos para aproximarnos al entendimiento de los eventos tóxicos.

Es necesaria la creación y el fortalecimiento de equipos multidisciplinarios para abordar los múltiples aspectos de estos fenómenos, a nivel taxonómico, biológico, químico, fisiológico, genético, toxicológico como también hidrodinámico y oceanográfico. La investigación en estas áreas es complementaria y permitiría el crecimiento científico a nivel local, la interacción regional e internacional y la retroalimentación de los diversos sistemas de gestión de las FANs.

En Uruguay no se ha promovido ni priorizado suficientemente el establecimiento de bases de información ambiental de aguas continentales, costeras ni oceánicas, por lo cual la información existente es limitada, discontinua y dispersa. Contar con información sistemática de la disponibilidad de nutrientes, biomasa fitoplanctónica, composición de pigmentos, niveles de oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, etc., permitiría conocer el ecosistema e inferir sobre la dinámica de las floraciones algales nocivas.

Sería deseable contar en el futuro con sistemas de medición continua de parámetros como temperatura, salinidad, fluorescencia y propiedades ópticas que aportan gran cantidad de información útil, tanto al seguimiento de floraciones nocivas, como a la investigación en otras disciplinas. Las imágenes satelitales de temperatura, clorofila y color del agua entre otras, son de gran utilidad para detectar blooms y observar su desplazamiento. La mayor disponibilidad de información podría permitir en el futuro elaborar modelos predictivos de desarrollo de la floración de las especies tóxicas, transporte y acumulación de toxinas.

Los avances de la investigación a nivel mundial han permitido descubrir nuevos síndromes, nuevas toxinas y ampliar la lista de especies de microalgas tóxicas. Se ha establecido que cepas de una misma especie procedente de diferentes regiones pueden ser tóxicas o no. Múltiples factores bióticos y abióticos pueden incidir en la capacidad de desarrollo y de producción de toxinas de una especie. La variedad de toxinas producidas por las microalgas se está conociendo gracias a la aplicación de alta tecnología de análisis químicos (cromatografía líquida de alta presión y espectrometría de masas). Por otra parte la taxonomía continúa evolucionando tanto por el uso de técnicas de microscopía electrónica como de genética molecular, lo que provoca permanentes cambios y creaciones de géneros y especies.

### **Implicancias para la conservación y el manejo**

Considerando el manejo o gestión ambiental adecuada como la actuación del hombre para conservar o mejorar los sistemas ambientales, es imprescindible tomar en cuenta el marco jurídico, los beneficios socioeconómicos del uso y explotación de un sistema o recurso natural.

Las floraciones algales nocivas y tóxicas, dado la variedad de efectos que producen, involucran la gestión de diversas instituciones nacionales cuyo marco jurídico establece responsabilidades en la atención a la salud pública y la conservación de los recursos y ecosistemas.

Como se ha mencionado antes, la intervención del hombre para combatir una floración podría generar efectos nocivos en el ecosistema por lo cual es recomendable ser cautos en la proposición de este tipo de medidas y analizarlas desde el punto de vista político y científico.

La gestión de las FANs que lleva a cabo la DINARA-MGAP, se realiza en el marco del "Programa de Monitoreo de Floraciones Algales Nocivas y Toxicidad en Moluscos", integrado a la gestión de calidad de los recursos pesqueros y a trabajos de investigación complementarios. Esta gestión de FANs se desarrolla siguiendo las pautas del programa internacional de floraciones algales nocivas de UNESCO (IOC HABP) y las exigencias de normativas internacionales para la comercialización de recursos pesqueros (Comunidad Europea). Este programa de monitoreo permite establecer períodos de veda en los que se prohíbe la extracción, comercialización y consumo de determinados productos pesqueros, en determinadas áreas afectadas durante el período de riesgo. Estas medidas se comunican inmediatamente a la población y a instituciones involucradas en la fiscalización del cumplimiento de las medidas y en la salud pública.

Frente al desarrollo de cultivos de moluscos o peces en aguas uruguayas, se deberían implementar protocolos adecuados para ampliar el programa de monitoreo de FANs y toxicidad en esas áreas.

Algunos pocos países han definido un límite en la concentración de cada especie de microalga tóxica, que les permite con mayor objetividad imponer vedas o cierres cautelares de las áreas de extracción de moluscos. Estos límites no son internacionales como los que se aplican a las toxinas sino que varían entre los países. En Uruguay no hay reglamentación sobre este punto y la forma de acción ante la detección de la floración de una especie tóxica en un área de extracción de moluscos, se basa en intensificar el monitoreo y en algunos casos aplicar una veda cautelar. La actualización en la reglamentación nacional sobre el control de floraciones tóxicas permitiría una mayor claridad sobre algunos de estos conceptos para la gestión.

Por último, una de las medidas de conservación ambiental adecuada es evitar la introducción de especies exóticas. Uruguay, al suscribir compromisos internacionales para el control de agua de lastre, deberá implementar medidas tendientes a disminuir el riesgo de introducción de especies invasoras entre las que se encuentran especies de microalgas nocivas o tóxicas.



## REFERENCIAS

- Andersen P** 1996 Design and implementation of some Harmful Algal Monitoring Systems. IOC Technical Series (44). 102 pp. UNESCO, Paris
- Anderson DM** 1989 Toxic algal blooms and red tides: a global perspective. Pp 11-20 *In*: Okaichi Anderson & Nemoto (eds) Red tides: biology, environmental sciences and toxicology. Elsevier, New York
- Anderson DM** 1998 Physiology and bloom dynamics of toxic *Alexandrium* species, with emphasis on life cycle transitions Pp 29-48 *In*: Anderson Cembella & Hallegraeff (eds) Physiological ecology of harmful algal blooms. Springer, New York
- Anderson DM Taylor CD & EV Armbrust** 1987 The effects of darkness and anaerobiosis on dinoflagellate cysts germination. *Limnology and Oceanography* 32:340-351
- Anderson DM Andersen P Bricelj VM Cullen JJ & JE Rensel** 2001 Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal Blooms in Coastal Waters. APEC Report 201-MR-01.1, Asia Pacific Economic Program and Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series (59). 268 pp. UNESCO, Paris
- Anderson RJ Luu HA Chen DZX Holmes CFB Kent ML Leblanc L Taylor FJR & DE Williams** 1993 Chemical and biological evidence links microcystins to salmon "netpen liver disease". *Toxicon* 31:1315-1323
- AOAC International** 1995 Paralytic shellfish poison. Biological method. Pp 21-22 *In*: Official Methods of Analysis, 14th edition. Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, Virginia
- Backler LC Fleming LE Rowan AD & DG Baden** 2004 Epidemiology, public health and human diseases associated with harmful marine algae Pp 723-749 *In*: Hallegraeff Anderson & Cembella (eds) Manual on harmful marine microalgae. UNESCO, Paris
- Balech E** 1964 El plancton de Mar del Plata durante el período 1961-1962. Instituto de Biología Marina, Boletín 4:1-49. Mar del Plata
- Blackburn SI Hallegraeff GM & CJ Bolch** 1989 Vegetative reproduction and sexual life cycle of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* from Tasmania, Australia. *Journal of Phycology* 23:99-107
- Boynton WR Kemp WM & CW Keefe** 1982 A comparative analysis of nutrients and other factors influencing estuarine phytoplankton production. Pp 69-90 *In*: Kennedy (ed) Estuarine Comparison. Academic Press, New York
- Brazeiro A Méndez SM & G Ferrari** 1997 The first toxic bloom of *Alexandrium tamarense* in Uruguay: Associated environmental factors. *Atlántica* 19:19-29. Rio Grande
- Bricelj VM & SE Shumway** 1998 Paralytic shellfish toxins in bivalve molluscs: occurrence, transfer kinetics and biotransformation. *Fisheries Science* 6(4):315-338
- Bruslé J** 1995 The impact of harmful algal blooms of finfish: mortality, pathology and toxicology. *Repêres Ocean* (10) IFREMER, Brest. 72 pp
- Buck KR Uttal-Cooke L Pilskaln CH Roelke D Villac MC Frixell GA Cifuentes L & FP Chávez** 1992 Autoecology of the diatom *Pseudo-nitzschia australis* a domoic acid producer from Monterey Bay, California. *Marine Ecology Progress Series* 84:293-302
- Cannon J** 1993 Germination of toxic dinoflagellate, *Alexandrium minutum* from sediments in the Port River, South Australia Pp 103-107 *In*: Smayda & Shimizu (eds) Toxic phytoplankton blooms in the sea. Elsevier, New York
- Carreto JI & R Akselman** 1996 *Gymnodinium catenatum* and autumnal toxicity in Mar del Plata, *Harmful Algal News* 15:1,3
- Carreto JI Lasta M Negri RM & HR Benavides** 1981 Los fenómenos de marea roja y toxicidad en moluscos en el Mar Argentino. Contribución INIDEP 399:1-101. Mar del Plata
- Carreto JI Negri RM Benavides HR & R Akselman** 1985 Toxic dinoflagellate blooms in the Argentinean Sea Pp 147-152 *In*: Anderson White & Baden (eds) Toxic dinoflagellates. Elsevier, New York
- Carreto JI Montoya N Cucchi AD & R Akselman** 1998 *Alexandrium tamarense* blooms and shellfish toxicity in the Argentinean Sea: a retrospective view Pp 131-134 *In*: Reguera Blanco Fernández & Wyatt (eds) Harmful Algae. Xunta de Galicia & IOC UNESCO, Paris
- Carreto JI Montoya NG Benavidez HR Guerrero R & MO Carignan** 2003 Characterization of spring phytoplankton communities in the Río de la Plata maritime front using pigment signatures and cell microscopy. *Marine Biology* 143:1013-1027
- Carmichael WW** 1992 A status report on planktonic Cyanobacteria (blue-green algae) and their toxins. Environmental Protection Agency Report 600/R-92/079. 141 pp
- Cembella AD & SE Shumway** 1995 Anatomical and spatial-temporal variation in PSP toxin composition in natural populations of the surfclam (*Spisula solidissima*) in the Gulf of Maine. Pp 424-426 *In*: Lassus Arzul Gentien & Marcaillou-Le Baut (eds) Harmful Marine Algae Blooms. Lavoisier, Paris
- Clement A & G Lembeze** 1993 Phytoplankton monitoring program in the fish farming of South Chile. Pp 223-228 *In*: Smayda & Shimizu (eds) Toxic Phytoplankton Blooms in the sea. Elsevier, Amsterdam
- Davison P & CM Yentsch** 1985 Occurrence of toxic dinoflagellate and shellfish toxic along Uruguayan coast, South America. Pp 153-158 *In*: Anderson White & Baden (eds) Toxic Dinoflagellates. Elsevier, Amsterdam
- De León L & JS Yunes** 2001 First report of a microcystin-containing bloom of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* in the La Plata River, South America. *Environmental Toxicology* 16(1): 110-112
- Fernández ML Shumway S & J Blanco** 2004 Management of shellfish resources Pp 657-695 *In*: Hallegraeff Anderson & Cembella. Manual on harmful marine microalgae. UNESCO, Paris
- Ferrari G & SM Méndez** 2000 Report of phytoplankton species producing coastal water discoloration in Uruguay. *Iheringia (Série Botânica)* 54:3-18. Porto Alegre
- Ferrari G & SM Méndez** 2004 Harmful algal Monitoring program in Uruguay. Pp 144-148 *In*: Hall Etheridge Anderson Kleindinst Zhu & Zou (eds) Proceeding of First Conference on Harmful Algae Management and Mitigation, Subic Bay, Philippines. Asia Pacific Economic Cooperation (Singapore): APEC Publication # 204-MR-04.2.
- Ferrari G Méndez S & A Brazeiro** 2000 *Dinophysis acuminata* associated to diarrhetic shellfish poisoning reports in Uruguay. *Frente Marítimo* 19:91-95. Montevideo
- Framiñan MB & OB Brown** 1996 Study of the Río de la Plata Turbidity Front, Part I: Spatial and Temporal Distribution. *Continental Shelf Research* 16(10):1259-1282
- Franks PJS & DM Anderson** 1992 Alongshore transport of a toxic phytoplankton bloom in a buoyancy current: *Alexandrium tamarense* in the Gulf of Maine. *Marine Biology* 112:153-164
- García V & L Proença** 2001 Eventos recentes de florações nocivas e novos registros de toxinas no Brasil. IOC Workshop Report (186), Fifth IOC Regional Science Planning Workshop on Harmful Algal Blooms in South America (Montevideo, 16-18 de octubre de 2001). UNESCO, Paris

- Geraci JR Anderson DM Timperi RJ St. Aubin DJ Early GA Prescott JH & CA Mayo** 1989 Humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) fatally poisoned by dinoflagellate toxin. Canadian Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences 46(11):1895-1898
- Graneli E Codd GA Dale B Lipiatou E Maestrini SY & H Rosenthal** 1999 Harmful algal blooms in European marine and brackish waters. European Communities, Sweden. 93 pp
- Hallegraeff G** 1993 A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. Phycologia 32(2):79-99
- Hallegraeff GM & CJ Bolch** 1992 Transport of toxic dinoflagellate cysts via ship's ballast water: implications for plankton biogeography and aquaculture. Journal of Plankton Research 14:1067-1084
- Hallegraeff GM & S Fraga** 1998 Bloom dynamics of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*, with emphasis on Tasmanian and Spanish coastal waters. Pp 59-80 *In*: Anderson Cembella & Hallegraeff (eds) Physiological ecology of harmful algal blooms. Springer, New York
- Hallegraeff GM Anderson DM & AD Cembella** 1995 Manual on Harmful Marine Microalgae. IOC Manuals and Guides (33) UNESCO, Paris. 551 pp
- Huntley ME Sykes P Rohan S & V Marin** 1986 Chemically-mediated rejection of dinoflagellate prey by the copepods *Calanus pacificus* and *Paracalanus parvus*: mechanism, occurrence and significance. Marine Ecology Progress Series 28:105-120
- INTESAL** 2001 Programa de monitoreo de fitoplancton de INTESAL <http://www.salmonchile.cl/sch/espanol/ppcont211.htm>
- Ishida Y** 1999 Microbial impact on occurrence of harmful algal red tides *In*: Proceedings of the First Korea-Japan Marine Biotechnology Symposium (in press)
- James KJ Furey A Satake M & T Yasumoto** 2000 Azaspiracid poisoning (AZP): a new shellfish syndrome in Europe. Ninth International Conference on Harmful Algal Blooms (Hobart, 7-11 de febrero de 2000), Abstract:25
- Knox GA** 1986 Estuarine ecosystems: a systems approach. Volume 1. CRC Press, 289 pp
- Kuiper-Goodman T Falconer IR & J Fitzgerald** 1999 Human health aspects Pp 113-153 *In*: Chorus & Bartram (eds) Toxic Cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. London E & FN Spon
- MacKintosh C Beattie KA Klumpp S Cohen P & GA Codd** 1990 Cyanobacterial microcystin-LR is a potent and specific inhibitor of protein phosphatases 1 and 2A from both mammals and higher plants. FEBS Letters 264(2):187-192
- Martin DF Doig MT & CB Stackhouse** 1973 Biocontrol of the Florida red tide organism, *Gymnodinium breve*, through predator organisms. Environmental Letters 10:115-119
- Matsuoka K & Y Fukuyo** 2000 Guía técnica para el estudio de quistes de dinoflagelados actuales. WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC. 30 pp
- McCoy J & DF Martin** 1977 The influence of *Gomphosphaeria aponina* on the growth of *Gymnodinium breve* and the effects of aponin on the lchtyotoxicity of *Gymnodinium breve*. Chemical Biology Interactions 17:17-24
- Medina D & H Giudice** 2005 Biotoxinas marinas en Uruguay. Pp 253-257 *In*: Pose (ed) Animales ponzoñosos y toxinas biológicas. FEFMUR, Montevideo
- Medina D Inocente G & C López** 1993 PSP in bivalve along the Uruguayan coast. Pp 425-428 *In*: Smayda & Shimizu (eds) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Elsevier, Amsterdam
- Medina D Méndez S Inocente G Ferrari G Salhi M Giudice H Méndez E Odizzio M & MD Otero** 2003 Shellfish monitoring programme in Uruguay. Pp 197-202 *In*: Molluscan Shellfish Safety. Villalba Reguera Romalde & Beiras (eds) Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos da Xunta de Galicia and Oceanographic Commission of UNESCO
- Méndez SM** 1993 Uruguayan red tide monitoring programme: preliminary results (1990-1991). Toxic Phytoplankton Blooms in the sea. Pp 287-289 *In*: Smayda & Shimizu (eds) Elsevier Science Publishers, Amsterdam
- Méndez SM** 1995 Altas concentraciones de quistes del dinoflagelado tóxico *Gymnodinium catenatum* en los sedimentos costeros de Uruguay. Publicación de la Cooperación Latinoamericana de Control de Calidad e Inspección de Productos Pesqueros. INFOPECA Montevideo 1:3
- Méndez SM** 2000 Instrumentos de gestión de recursos bentónicos del litoral Atlántico uruguayo con respecto a las floraciones algales nocivas. Tesis de Maestría, Universidad Internacional de Andalucía (La Rábida, España). 131 pp (Inédita)
- Méndez SM & G Ferrari** 2002 Floraciones algales nocivas en Uruguay: antecedentes, proyectos en curso y revisión de resultados. Pp 269-289 *In*: Sar Ferrario & Reguera (eds) Floraciones algales nocivas en el cono sur americano. Publicación Especial del Instituto Español de Oceanografía, Vigo
- Méndez SM & G Ferrari** 2003 Floraciones tóxicas de *Gymnodinium catenatum* en aguas uruguayas. Frente Marítimo 19:97-102. Montevideo
- Méndez SM & O Galli** 2006 Análisis del desarrollo de floraciones de dinoflagelados productores de Veneno Paralizante de Moluscos en aguas uruguayas, en relación a las condiciones ambientales. Resumos do XI Congresso Brasileiro de Ficologia y Simposio Latinoamericano sobre Algas Nocivas (21 de marzo-1 de abril de 2006):24
- Méndez SM & D Medina** 2004 Twenty three years of red tide monitoring at fixed stations along the coast of Uruguay. Pp 341-343 *In*: Steidinger Landsberg Tomas & Vargo (eds) Harmful Algae 2002. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Florida Institute of Oceanography, and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO
- Méndez SM Ferrari G & S Svenson** 2003 Primer mapeo de quistes de *Gymnodinium catenatum* en sedimentos de la zona costera uruguaya. Frente Marítimo 19:103-110. Montevideo
- Méndez SM Gómez M & G Ferrari** 1997 Plankton studies in the Río de la Plata and its oceanic front. Pp 85-112 *In*: Wells & Daborn (eds) The Río de la Plata, an environmental overview. Dalhousie University, Nova Scotia
- Méndez SM Kulis D & D M Anderson** 2001 PSP Toxin production of Uruguayan isolates of *Gymnodinium catenatum* and *Alexandrium tamarense*. Pp 352-355 *In*: Hallegraeff Blackburn Bolch & Lewis (eds) Harmful Algal Blooms 2000. Proceedings of the Ninth International Conference on Harmful Algal Blooms (Hobart, 7-11 de febrero de 2000). IOC UNESCO, Paris
- Méndez SM Severov D Ferrari G & C Mesones** 1996 Early spring *Alexandrium tamarense* toxic blooms in the Uruguayan waters Pp 113-116 *In*: Yasumoto Oshima & Fukuyo (eds) Harmful and toxic algal blooms. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris
- MEPC** 1991 Marine Environment Protection Committee, Resolution MEPC 50(31) adopted 4 July 1991
- Meyer FP & LA Barclay** 1990 Field manual for investigation of fish kills. US Fish Wildlife Service Resource Publication 177:120 pp. Washington D.C.

- Na GH Choi WJ & YY Chun** 1996 A study on red tide control with loess suspension. *Journal of Aquaculture* 9:239-245
- Nagasaki K Ando M Imai I Itakura S & Y Ishida** 1994 Virus-like particles in *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae): a possible red tide disintegration mechanism. *Marine Biology* 119:307-312
- Neal RA** 1967 Fluctuation in level of paralytic shellfish toxin in four species of lamellibranch molluscs near Ketchikan, Alaska, 1963-1965. PhD Thesis, University of Washington, Seattle. 164 pp (Inédita)
- Negri A Bolch CJ Lindon E & S Méndez** 2001 Paralytic shellfish toxins in *Gymnodinium catenatum* strains from six countries. Pp 210-214 *In*: Hallegraef Blackburn Bolch & Lewis (eds) Harmful Algal Blooms 2000. Proceedings of the Ninth International Conference on Harmful Algal Blooms (Hobart, 7-11 de febrero de 2000). IOC UNESCO, Paris
- Odebrecht C & VMT García** 1997 Phytoplankton. Pp 105-108 *In*: Seeliger Odebrecht & Castello (eds) Subtropical Convergence Environments: the coast and sea in the southwestern Atlantic Springer Verlag, Berlin
- Odebrecht C Méndez SM & VMT García** 1997 Oceanographic processes and harmful algal blooms in the Southwestern Atlantic VIII International Conference on Harmful Algae (Vigo, 25-29 de junio de 1997), Abstracts:152
- Odebrecht C Azevedo SMF García VMT Huszar VLM Magallanes VF Menezes M Proença LAO Rorig LR Tenenbaum DR Villac NC & JS Yunes** 2002 Floraciones de microalgas nocivas en Brasil: estado del arte y proyectos en curso. Pp 217-234 *In*: Sar Ferrario & Reguera (eds) Instituto Español de Oceanografía, Madrid
- Orozco FE & JI Carreto** 1989 Distribution of *Alexandrium excavatum* resting cysts in the Patagonic shelf area (Argentina). Pp 307-311 *In*: Okaichi Anderson & Nemoto (eds) Red tides: biology, environmental science and toxicology. Elsevier
- Paterson D** 2000 An international and Australian agenda for minimizing the spread of harmful algal blooms via ship ballast water. Pp 465-469 *In*: Hallegraef Blackburn Bolch & Lewis (eds) Harmful algal blooms. Proceedings of the Ninth International Conference on Harmful Algal Blooms (Hobart, 7-11 de febrero de 2000) IOC UNESCO, Paris
- Persich GR García VMT & C Odebrecht** 1998 Microalgas potencialmente nocivas na costa do Rio Grande do Sul. XI Semana Nacional de Oceanografía (Rio Grande), Resumos:262-263
- Pilotto LS Douglas RM Burch MD Cameron S Beers M Rouch GR Robinson P Kirk M Cowie CT Hardiman S Moore C & RG Attewell** 1997 Health effects of recreational exposure to cyanobacteria (blue-green algae) during recreational water-related activities. *Australian and New Zealand Journal of Public Health* 21:562-566
- Proença LA Silva M & NP De Souza** 2001 The toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* Graham in Southern Brazilian waters: occurrence, pigments and toxins. *Atlântica*, 23:59-65. Rio Grande
- Raymont JEG** 1980 Plankton and productivity in the oceans. Vol 1: Phytoplankton. Pergamon Press. 489 pp
- Rensel JE** 1995 Management of finfish aquaculture resources. Pp 463-474 *In*: Hallegraef Anderson & Cembella (eds) Manual on Harmful Marine Microalgae. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris
- Rodger HD Turnbull T Edwards C & GA Codd** 1994 Cyanobacterial (blue-green algal) bloom associated pathology in brown trout, *Salmo trutta*. *Scotland Journal of Fisheries Disease* 17:177-181
- Rosenberg R Lindahl O & H Blanck** 1988 Silent spring in the sea. *Ambio* 17:289-290
- Rounsefell GA & JE Evans** 1958 Large scale experimental test of copper sulfate as a control for the Florida red tide. U.S. Fish Wildlife Service Special Scientific Report. 270 pp
- Sar EA Ferrario ME & B Reguera** 2002 Floraciones algales nocivas en el Cono Sur americano. Instituto Español de Oceanografía, Madrid. 311 pp
- Satake M Ofuji K Naoki H James KJ Furey A McMahon T Silke J & T Yasumoto** 1998 Azaspiracid, a new marine toxin having unique spiro ring assemblies, isolated from Irish mussels. *Journal of American Chemical Society* 120:9967-9968
- Scholin CA** 1998 Morphological, genetic, and biogeographic relationships of the toxic dinoflagellates *Alexandrium tamarense*, *A. catenella* and *A. fundyense*. Pp 13-27 *In*: Anderson Cembella & Hallegraef (eds) Physiological ecology of harmful algal blooms. Springer, New York
- Shirota A** 1989 Red tide problem and countermeasures. Part 2. *International Journal of Aquaculture and Fisheries Technology* 1(3):195-223
- Shumway SE** 1990 A review of the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture. *Journal of World Aquaculture Society* 21:65-104
- Steidinger KA** 1983 A re-evaluation of toxic dinoflagellate biology and ecology. *Progress in Phycology Research* 2:147-188
- Steidinger KA Vargo GA Tester PA & CR Tomas** 1998 Bloom dynamics and physiology of *Gymnodinium breve* with emphasis on the Gulf of Mexico. Pp 133-153 *In*: Anderson Cembella & Hallegraef (eds) Physiological ecology of harmful algal blooms. Springer, New York
- Suttle C** 1996 Viruses as biological control agents for blooms of marine phytoplankton. Pp 71-76 *In*: McElroy (ed) Proceedings of the Brown Tide Summit. New York Sea Grant Publication N° NYSGL-W-95-001. SUNY at Stony Brook, Stony Brook New York
- Takano H** 1959 Harmful blooming of minute cells of *Thalassiosira decipiens* in coastal waters in Tokio Bay. *Journal of the Oceanography Society Japan* 12(2):63-67
- Taylor FJR & R Haigh** 1993 The ecology of fish-killing blooms of the chloromonad flagellate *Heterosigma* in the Strait of Georgia and adjacent waters Pp 705-710 *In*: Smayda & Shimizu (eds) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Elsevier, Amsterdam
- Taylor FJ Taylor NJ & JR Walsby** 1985 A bloom of the planktonic diatom, *Cerataulina pelagica*, off the coast of northeastern New Zealand and its contribution to an associated mortality of fish and benthic fauna. *International Review of Hydrobiology* 79:773-795
- Taylor JFR** 1968 Parasitism of the toxin-producing dinoflagellate *Gonyaulax catenella* by the endoparasitic dinoflagellate *Amoebophyra ceratii*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 25:2241-2245
- Therriault JC Painchaud J & M Levasseur** 1985 Controlling the occurrence of and shellfish toxicity in the St. Lawrence Estuary: Freshwater runoff and the stability of the water column. Pp 141-146 *In*: Anderson White & Baden (eds) Toxic Dinoflagellates. Elsevier, New York
- Trusewicz B Sim J Bushby B & S Hughes** 1996 Management of marine biotoxins in New Zealand Pp 27-30 *In*: Yasumoto (ed) Harmful and toxic algal blooms. IOC-UNESCO, Paris
- Underdal B Skulberg OM Dahl E & T Aune** 1989 Disastrous bloom of *Chrysochromulina polylepis* (Prymnesiophyceae) in Norwegian coastal waters 1988- Mortality in marine biota. *Ambio* 18:265-270
- UNDP** 1998 Removal of barriers to the effective implementation of ballast water control and measures in developing countries: UNDP Mission Report, 47 pp

- 
- Uthermöhl H** 1958 Zur vervollkomnung der quantitativen phytoplankton metodik. Mitteilungen Internationale Verejnigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 9:1-38
- Uye S** 1986 Impact of the copepod grazing on the red tide flagellate *Chattonella antiqua*. Marine Biology 92:35-43
- Villac MC Persich G Fernández Paranhos R Dias C Bonecker S García V Odebrecht C Tenenbaum Trisao ML de Andarade S & A Fadel** 2000 Ballast water exchange: testing the dilution method (Petrobras, Brazil). Pp 470-473 *In*: Hallegraeff Blackburn Bolch & Lewis (eds) Harmful Algal Blooms 2000. Proceedings of the Ninth International Conference on Harmful Algal Blooms (Hobart, 7-11 de febrero de 2000) IOC UNESCO, Paris
- White AW** 1980 Recurrence of kills of Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) caused by dinoflagellate toxins transferred through herbivorous zooplankton. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37:2262-2265
- Yamamoto T & K Tarutani** 1996 Growth and phosphate uptake kinetics of *Alexandrium tamarense* from Mikawa Bay, Japan. Pp 293-296 *In*: Yasumoto Oshima & Fukuyo (eds) Harmful and Toxic Algal Blooms. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris
- Yasumoto T Murata M Oshima Y Matsumoto K & J Clardy** 1984 Diarrhetic shellfish poisoning. Pp 207-214 *In*: Ragelis (ed) Seafood Toxins. American Chemical Society (ACS Symposium Series 262). Washington D.C.
- Yu Z Zou JZ & X Ma** 1994a Application of clays to removal of red tide organisms I. Coagulation of red tide organisms with clay. Chinese Journal of Oceanology and Limnology 12:193-200
- Yu Z Zou JZ & X Ma** 1994b Application of clays to removal of red tide organisms II. Coagulation of od different species of red tide organisms with montmorillonite and effect of clay pretreatment. Chinese Journal Oceanology Limnology 13:62-70
- Yu Z Zou JZ & X Ma** 1994c Application of clays to removal of red tide organisms III. The coagulation of kaolin on red tide organisms. Chinese Journal Oceanology Limnology 12:316-324
- Yukihiko M Usuki H Uchida T & Y Kotani** 2001 Effects of harmful algae on the early planktonic larvae of the oyster, *Crassostrea gigas* Pp 411-414 *In*: Hallegraeff Blackburn Bolch & Lewis (eds) Harmful Algal Blooms 2000. Proceedings of the Ninth International Conference on Harmful Algal Blooms (Hobart, 7-11 de febrero de 2000). IOC UNESCO, Paris

---

---