

CAPÍTULO 7: DIATOMEAS POTENCIALMENTE TOXÍGENAS DEL CONO SUR AMERICANO

MARTHA E. FERRARIO, EUGENIA A. SAR & SILVIA E. SALA

Departamento Científico de Ficología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de
La Plata, Paseo del Bosque s/n, 1900 La Plata, Argentina.

INTRODUCCIÓN	169
EL GÉNERO <i>PSEUDO-NITZSCHIA</i> PERAGALLO	170
Características morfológicas que permiten diferenciar las especies del género <i>Pseudo-nitzschia</i>	171
Clave de las especies tóxicas de <i>Pseudo-nitzschia</i>	171
ESPECIES REGISTRADAS PARA EL CONO SUR AMERICANO	171
<i>Pseudo-nitzschia australis</i> Frenguelli	171
OBSERVACIONES NOMENCLATURALES	172
DISTRIBUCIÓN	172
PRODUCCIÓN DE AD	172
DATOS ECOLÓGICOS	174
COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES	174
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (P.T. Cleve) Heiden in Heiden & Kolbe	175
DISTRIBUCIÓN	176
PRODUCCIÓN DE AD	176
DATOS ECOLÓGICOS	176
COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES	176
<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (P.T. Cleve) Hasle	176
DISTRIBUCIÓN	178
PRODUCCIÓN DE AD	178
DATOS ECOLÓGICOS	178
COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES	178
<i>Pseudo-nitzschia multiseriis</i> (Hasle) Hasle	179
OBSERVACIONES	179
DISTRIBUCIÓN	179
PRODUCCIÓN DE AD	180
DATOS ECOLÓGICOS	181
COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES	181
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle	182
OBSERVACIONES	182
DISTRIBUCIÓN	182
PRODUCCIÓN DE AD	182
DATOS ECOLÓGICOS	182
COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES	184
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex P.T. Cleve) Hasle	184

DISTRIBUCIÓN	186
PRODUCCIÓN DE AD.....	186
DATOS ECOLÓGICOS	186
COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES	187
<i>Pseudo-nitzschia turgidula</i> (Hustedt) Hasle	187
OBSERVACIONES	188
DISTRIBUCIÓN	188
PRODUCCIÓN DE AD.....	188
DATOS ECOLÓGICOS	188
COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES	188
ESPECIE NO REPORTADA FEHACIENTEMENTE PARA EL CONO SUR AMERICANO	
.....	189
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Grunow ex P.T. Cleve) H. Peragallo	189
OBSERVACIONES NOMENCLATURALES	189
DISTRIBUCIÓN	189
PRODUCCIÓN DE AD.....	189
DATOS ECOLÓGICOS	190
AMPHORA COFFEAIFORMIS MENCIONADA COMO PRODUCTORA DE ACIDO	
DOMOICO	190
BIBLIOGRAFÍA	190

DIATOMEAS POTENCIALMENTE TOXÍGENAS DEL CONO SUR AMERICANO

MARTHA E. FERRARIO, EUGENIA A. SAR & SILVIA E. SALA

Departamento Científico de Ficología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque s/n, 1900 La Plata, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Hasta hace pocos años los registros de eventos de intoxicación causados por microalgas planctónicas marinas estuvieron restringidos, en forma casi exclusiva, a los dinoflagelados. Sin embargo, episodios ocurridos más recientemente en áreas costeras permitieron establecer que otros grupos tales como diatomeas, primnesiofíceas y rafidofíceas también son capaces de producir este tipo de eventos.

El primer episodio de intoxicación asociado a la presencia de diatomeas data de 1987 y se produjo en la Isla Príncipe Eduardo, en la costa este de Canadá. A raíz de este suceso murieron tres personas y alrededor de ciento cinco presentaron síntomas agudos de envenenamiento a consecuencia del consumo de bivalvos (Bates *et al.*, 1989). Estos síntomas fueron desórdenes gastrointestinales en los casos leves, desórdenes neurológicos, trastornos del equilibrio, desorientación, pérdida permanente de la memoria de corto plazo, en los casos severos, llegando incluso a la muerte del paciente (Todd, 1993). El síndrome de intoxicación fue denominado *Amnesic Shellfish Poisoning* (Envenenamiento Amnésico de Moluscos) aludiendo a uno de los síntomas característicos y al organismo vector. Las investigaciones llevadas a cabo durante este episodio, demostraron que el agente causante fue *Nitzschia pungens* f. *multiseriata* Hasle, actualmente denominada *Pseudo-nitzschia multiseriata* (Hasle) Hasle y que el bivalvo que actuó como vector fue el mejillón azul, *Mytilus edulis*. La toxina implicada fue el ácido domoico (AD), un aminoácido previamente aislado de varias especies de macroalgas pertenecientes a la División Rhodophyta (Subba Rao *et al.*, 1988; Bates *et al.*, 1989, 1995; Bates, 1998).

Estudios ulteriores demostraron que otras especies del género marino *Pseudo-nitzschia* H. Peragallo, tales como *P. australis* Frenguelli, *P.*

delicatissima (P.T. Cleve) Heiden in Heiden & Kolbe, *P. fraudulentata* (P.T. Cleve) Hasle, *P. pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle, *P. pungens* (Grunow ex P.T. Cleve) Hasle, *P. seriata* (Grunow ex P.T. Cleve) H. Peragallo y *P. turgidula* (Hustedt) Hasle han estado relacionadas con la producción de AD en el medio natural y/o en laboratorio. Recientemente Sarno & Dahlmann (2000) han detectado la toxina en cepas de *P. multiseriata* aisladas en el Golfo de Nápoles.

Hasta hace poco tiempo se pensaba que la producción de AD estaba restringida a especies de diatomeas marinas. Sin embargo Kotaki *et al.* (2000) determinaron que una cepa de *Nitzschia navisvaringica*, una nueva especie para la ciencia erigida por Lundholm & Moestrup (2000), aislada de un cultivo de camarón en una laguna salobre de Vietnam, era también productora de esta toxina. Otra diatomea, identificada como *Amphora coffeaeformis* (Agardh) Kützing, fue citada como productora de AD por Shimizu *et al.* (1989) y Maranda *et al.* (1990) durante el episodio sucedido en la Isla Príncipe Eduardo. Sin embargo no existen reportes ulteriores que involucren a esta u otra especie del género *Amphora* en la producción de la toxina.

Varias especies del grupo bajo análisis, han sido señaladas como nocivas a pesar de no producir toxinas. Entre ellas se incluyen las que, en altas concentraciones, generan un medio anóxico que produce mortandad masiva de organismos marinos, o las que generan compuestos ricos en proteínas formando barreras que afectan a la migración de peces. Algunos taxa que producen estos problemas son: *Coscinodiscus concinnus* Wm. Smith, *C. centralis* Ehr., en el Mar del Norte; *Thalassiosira mala* Takano en la Bahía de Tokio, Japón y *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey en la costa este de Nueva Zelanda (Hasle & Fryxell, 1995). Además, especies cuyos frústulos poseen estructuras punzantes, lesionan los

tejidos y membranas branquiales de peces por acción mecánica, causándoles la muerte, lo que es particularmente grave desde el punto de vista económico cuando son mantenidos en sistemas de cultivo. Pueden mencionarse dentro de este grupo especies del género *Chaetoceros* tales como, *Ch. convolutus* Castracane, *Ch. concavicornis* Manguin y *Ch. danicus* Cleve (Horner *et al.*, 1997; Rensel, 1993). Eventos provocados por alguna de estas especies han producido pérdidas de varios millones de dólares en Japón, Canadá, Nueva Zelanda, Noruega y en el Cono Sur, en Chile.

La mayoría de las diatomeas señaladas como potencialmente tóxicas han sido halladas en ambientes costeros de Argentina (Sar *et al.*, 1998; Ferrario *et al.*, 1999; Negri & Inza, 1998) y del resto del Cono Sur Americano (Odebrecht *et al.*, 2001; Rivera, 1985; Villac & Tenenbaum, 2001). Asimismo se ha detectado la presencia de AD en la región, sin que hasta el presente se hayan registrado eventos de intoxicación vinculados a este veneno.

El objetivo de este capítulo es hacer una puesta al día sobre diatomeas marinas tóxicas presentes en el Cono Sur Americano y brindar información sobre taxonomía, morfología, distribución y eventos de intoxicación relacionados con este grupo de microalgas. Es nuestra aspiración que este trabajo sirva como consulta a quienes tienen bajo su responsabilidad programas de seguimiento, que no siempre son taxónomos experimentados. Para facilitar la correcta identificación de las especies involucradas en FAN, incluimos una clave con los caracteres diferenciales de las especies productoras de AD, complementada con descripciones e ilustraciones de cada una de ellas y comparaciones con especies afines.

EL GÉNERO *PSEUDO-NITZSCHIA* PERAGALLO

El género *Pseudo-nitzschia* fue erigido por Peragallo en el año 1900 (Peragallo & Peragallo, 1897-1908) sobre la base de *Nitzschia seriata* Cleve, *N. fraudulenta* Cleve y *N. sicula* Castracane, sin que el autor designara una especie tipo. Fryxell *et al.* (1991) escogieron de estas tres especies a *P. seriata* (Cleve) Peragallo como lectotipo del género. Hustedt (1958) consideró al género *Pseudo-nitzschia* como un grupo del género *Nitzschia* Hassall. Este criterio fue más tarde compartido por Hasle (1965), quien delimitó dentro de la sección *Pseudo-nitzschia* dos

complejos a los que denominó «complejo *Nitzschia seriata*» y «complejo *Nitzschia delicatissima*». El primer grupo está caracterizado por reunir las formas más robustas y anchas, con un eje transapical mayor de 3 µm y el segundo grupo por reunir las formas más delicadas y estrechas, con un eje transapical menor de 3 µm. Un criterio similar había sido utilizado por Proschkina-Lavrenko (1955) para diferenciar las especies de este grupo en el Mar Negro. Recientemente Hasle (1993, 1994), restableció el género *Pseudo-nitzschia*, enmendó su descripción y transfirió a él 15 especies y 2 formas del género *Nitzschia*.

Los principales caracteres que delimitan el género *Pseudo-nitzschia* son: el hábitat exclusivamente planctónico-marino, el tipo de colonia escalariforme que resulta de la superposición de los extremos de las células contiguas, la localización del rafe a nivel de la superficie valvar, la ausencia de poroides en las paredes del canal y la ausencia de *conopeum*. Las células son alargadas, fusiformes a estrechamente lanceoladas y con dos cloroplastos situados en su parte central.

Los géneros más relacionados con *Pseudo-nitzschia* son *Nitzschia* Hassall y *Fragilariopsis* (Hustedt) Hasle, que fueron anteriormente considerados secciones del género *Nitzschia* (Hustedt, 1958; Hasle, 1965).

El género *Nitzschia*, descrito por Hassall (1845), presenta una marcada heterogeneidad en cuanto a la morfología del frústulo y el hábitat, que puede ser planctónico o bentónico, en ambientes marinos, salobres y dulceacuícolas. Es un grupo con una alta diversidad específica, que comprende alrededor de 900 taxa válidamente publicados (Mann, 1986). Dentro del género *Nitzschia*, Mann (1986) delimita el subgénero *Nitzschia* que contiene a la especie tipo, *N. sigmoidea* (Nitzsch) Wm. Smith. Los caracteres que permiten diferenciar a este subgénero de *Pseudo-nitzschia* son: frústulos fuertemente silicificados, valvas con manto muy profundo, rafe excéntrico o subexcéntrico situado sobre una elevación de la superficie valvar, poroides en la pared del canal del rafe, *conopeum* y una banda de sílice con poroides en la unión entre la superficie valvar y el manto distal (Mann, 1986; Hasle *et al.*, 1996).

El género *Fragilariopsis* (Hustedt) Hasle 1993, es exclusivamente marino y planctónico. Sus especies, aproximadamente 20, están principalmente res-

tringidas a aguas polares. Este género comparte algunos caracteres con el género *Pseudo-nitzschia*: el rafe está situado a nivel de la superficie valvar, las paredes del canal del rafe carecen de poroides y no presentan *conopeum*. El tipo de colonia de *Fragilariopsis*, inmóvil y en empalizada, es decir con las células unidas total o parcialmente por su superficie valvar, permite diferenciar sencillamente a este género de *Pseudo-nitzschia*.

El género *Nanoneis* Norris, con una única especie, *N. hasleae* Norris, de hábitat oceánico, es hasta donde sabemos, el único que presenta colonias semejantes a las del género *Pseudo-nitzschia*. Estos géneros tienen una morfología valvar tan diferente que son inconfundibles incluso al microscopio óptico (MO).

Características morfológicas que permiten diferenciar las especies del género *Pseudo-nitzschia*

El género *Pseudo-nitzschia* es un componente frecuente dentro del fitoplancton marino. Fryxell *et al.* (1997) listaron 24 especies dentro de este género. Una de ellas, *Pseudo-nitzschia* sp, se fundó sobre la base de materiales anteriormente clasificados dentro del «complejo Americana» (Hasle y Villac, com. pers.). Todas estas especies comparten caracteres, algunos de los cuales son difícilmente observables al MO. El análisis al MO de material fresco y/o tratado sólo permite realizar una identificación aproximada de las especies. Por ello, para una correcta identificación, en la mayoría de los casos se debe recurrir al uso del microscopio electrónico (ME) de barrido (MEB) y/o de transmisión (MET). Con esta idea en mente, cuando tratamos en este capítulo la distribución de cada una de las especies registradas para el Cono Sur Americano, consideramos prudente hacer figurar solamente aquellas citas que están fundamentadas en análisis llevados a cabo con ME.

Estas especies se pueden diferenciar por:

1. Caracteres observables al MO en preparados transitorios de material sin tratar:
 - grado de superposición de los extremos de las células en la colonia.
 - ancho valvar.
 - forma del frústulo en vista cingular y valvar.
 - simetría del contorno valvar.
 - forma de los extremos en vista valvar y cingular.

2. Caracteres observables al MO en preparados permanentes de material tratado:
 - presencia o ausencia de interespacio central.
 - densidad de las estrías y fíbulas.
3. Caracteres observables al ME:
 - número de hileras de poroides por estría.
 - forma y número de poroides en 1 µm.
 - ornamentación de las bandas.

Clave de las especies toxígenas de *Pseudo-nitzschia*

- 1 Valvas con interespacio central 2
- 1' Valvas sin interespacio central5
- 2 Eje transapical mayor de 4 µm ..*P. fraudulenta*
- 2' Eje transapical menor de 4 µm3
- 3 Estrías con una hilera de poroides
..... *P. pseudodelicatissima*
- 3' Estrías con dos hileras de poroides4
- 4 Estructura delicada, estrías 36-40 en 10 µm.....
..... *P. delicatissima*
- 4' Estructura robusta, estrías 23-28 en 10 µm
..... *P. turgidula*
- 5 Estrías con dos hileras de poroides6
- 5' Estrías con más de dos hileras de poroides7
- 6 Eje transapical mayor de 5.5 µm *P. australis*
- 6' Eje transapical menor de 4.5 µm *P. pungens*
- 7 Contorno valvar simétrico según el eje apical
..... *P. multiseries*
- 7' Contorno valvar asimétrico según el eje apical ..
..... *P. seriata*

ESPECIES REGISTRADAS PARA EL CONO SUR AMERICANO

Pseudo-nitzschia australis Frenguelli Figs. 1-6

Frenguelli, 1939: 217, lam. 2, fig.13; Hasle, 1965: 11, lam. 4, figs. 3-4; lam. 5, figs.1-6; lam. 6, fig.1; Sar *et al.*, 1998: 183-185, fig. 1.

Sinónimo: *Nitzschia pseudoseriata* Hasle 1965.

Holotipo: ilustración Frenguelli, 1939, lam. 2, fig.13.

Isotipo: serie 397, preparados 1 y 2. Colección Frenguelli «Diatomeas Argentinas».

Localidad tipo: Golfo San Matías (42°15' S, 62°13' W), Provincia de Río Negro, Argentina.

Las colonias son en escalera, formadas por superposición de los extremos valvares en 1/3 a 1/4 del largo total de las células. Los frústulos son muy silicificados, linear-lanceolados, con ápices agudos en vista cingular y subrostrados en vista valvar. La val-

va presenta lados paralelos en su parte media en los especímenes de mayor tamaño. Los especímenes de pequeña talla pueden ser asimétricos respecto del eje apical presentando uno de los lados recto. El eje apical es de 70 a 110 μm y el eje transapical de 6.5 a 10 μm .

La superficie valvar presenta estrías e interestrias, visibles incluso en montajes con agua y un rafe excéntrico sin interespacio central. El número de estrías y el de fíbulas es aproximadamente el mismo, 12-19 en 10 μm . Al MEB se observa que las estrías están formadas por dos hileras de poroides circulares, 4-5 en 1 μm , separadas por un espacio liso. Algunas veces puede aparecer un poroide aislado próximo al canal del rafe, entre las hileras de areolas de una estría. Las interestrias son internamente elevadas y coinciden con las fíbulas, su patrón de distribución varía en los extremos valvares.

El manto valvar es bajo, con estrías de 3 a 4 poroides de alto. La cintura está formada por 4 bandas, la *valvocopula* es más angosta y lisa y el resto presenta estrías, 19-20 en 10 μm , con más de dos hileras de poroides.

OBSERVACIONES NOMENCLATURALES

Esta especie fue creada por Frenguelli en 1939, sobre la base de material proveniente del Golfo San Matías, Provincia de Río Negro, 42°52' S; 64°59' W, sin designar material tipo. Sar *et al.* (1998), basados en el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (ICBN), artículos 7.2 y 9.1 (Greuter *et al.*, 2000) designaron la ilustración que acompaña a la diagnosis, como holotipo de *P. australis*. Una revisión al microscopio óptico de los materiales de las series 382 y 397 correspondientes al trabajo de 1939, depositados en la Colección Frenguelli, demostró que *P. australis* fue asignada erróneamente a la serie 382. La especie fue encontrada en los preparados de la serie 397, los que fueron designados como isotipos, y el punto donde fue recogida la muestra pertinente fue designado como localidad tipo.

DISTRIBUCIÓN

Hasle (1972) señaló que *P. australis* estaba circumscripita a aguas costeras del Hemisferio Sur, donde había sido reportada para Chile, Perú, Argentina, Africa Sudoccidental y Nueva Zelanda. Sin embargo Horner & Postel (1993), Lange *et al.* (1994), Villac *et al.* (1993a) y Fryxell *et al.* (1997) la encon-

traron en varios puntos de la costa oeste del Pacífico de EEUU y Hernández-Becerril (1998) en áreas costeras del Pacífico mejicano.

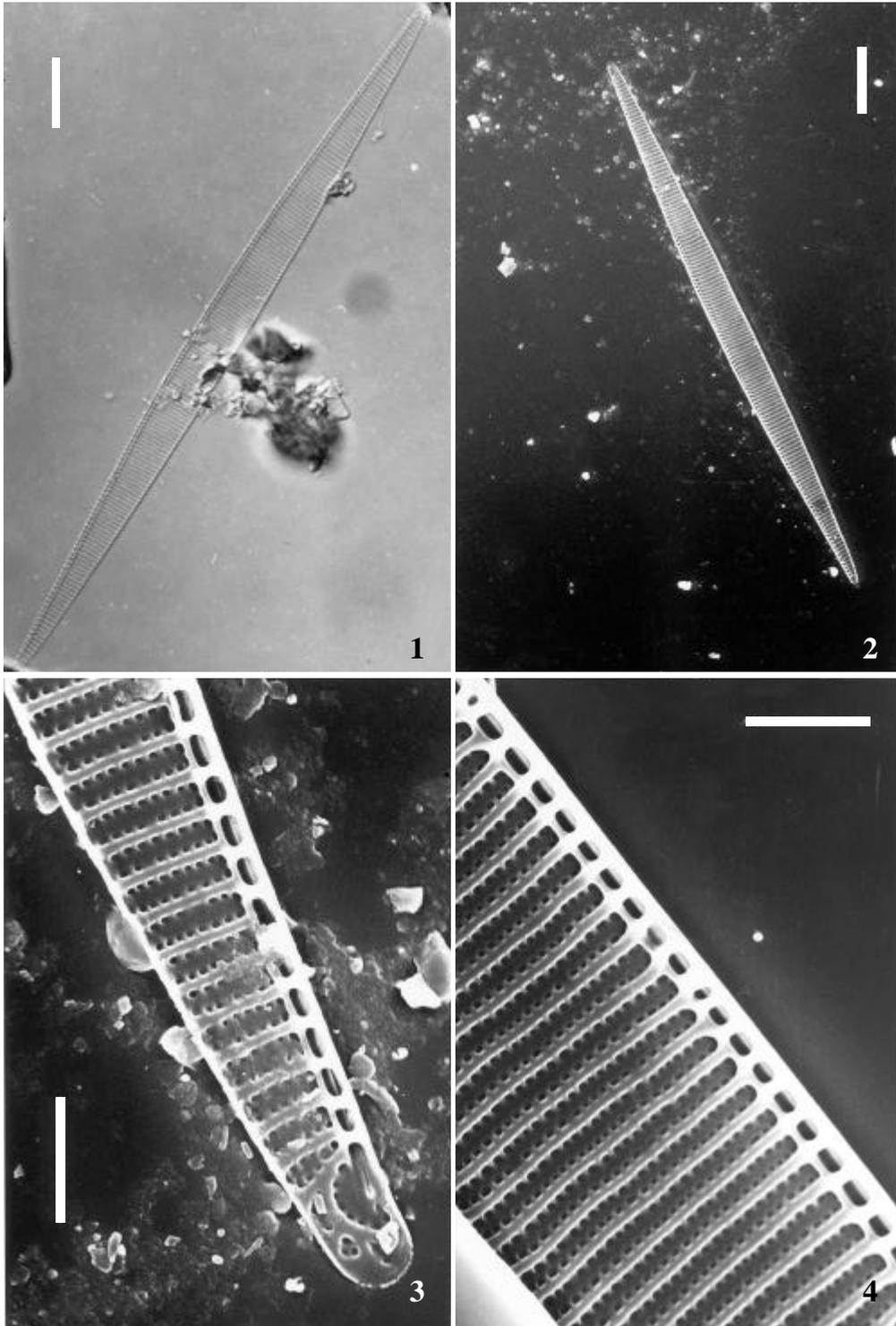
En el Cono Sur Americano, *P. australis* ha sido registrada al sur de Brasil, en la Laguna de los Patos (Rio Grande do Sul) por Odebrecht *et al.* (2001), en aguas costeras del litoral argentino por Frenguelli (1939), Hasle (1965), Negri & Inza (1998), Sar *et al.* (1998), Ferrario *et al.* (1999) y Sastre *et al.* (2001) y a lo largo de la costa Chilena, 36°- 41°S, por Rivera (1985).

En el catálogo de Ferrario & Galván (1989) *P. seriata* (Cleve) H. Peragallo figura con numerosas citas para las costas de Argentina. Dado que todas ellas fueron realizadas en base a análisis efectuados con MO, que esta especie es semejante a *P. australis* con este nivel de resolución y que no hay ninguna cita fehaciente de *P. seriata* en el Hemisferio Sur, consideramos que es altamente probable que estas citas sean erróneas y que correspondan a *P. australis*. En tal caso la especie se distribuiría entre el Norte de la Provincia de Buenos Aires y el Sur de Tierra del Fuego.

PRODUCCIÓN DE AD

En un episodio ocurrido en septiembre de 1991, en la Bahía de Monterey, California, se reportó por primera vez a *Pseudo-nitzschia australis* como especie productora de AD (Garrison *et al.*, 1992; Buck *et al.*, 1992; Fritz *et al.*, 1992). Este caso tuvo características diferentes al anterior en el que se registró mortandad de organismos por intoxicación con AD. La toxina no afectó al hombre sino a aves marinas como pelícanos (*Pelecanus occidentalis*) y cormoranes (*Phalacrocorax penicillatus*), cuya fuente principal de alimentación es la anchoita (*Engraulis mordax*), que fue en esta ocasión el organismo vector (Fritz *et al.*, 1992; Work *et al.*, 1993).

En octubre y noviembre del mismo año, se detectó la presencia de AD en las costas de California, Oregon y Washington. Taylor & Horner (1994), sugirieron que este evento pudo haber sido causado por floraciones de *P. australis*. En este episodio fueron afectadas personas que habían consumido navajas de mar (*Siliqua patula*) y cangrejos (*Cancer magister*) en los que se hallaron altas concentraciones de AD. Esto motivó la clausura de la pesca comercial y recreacional en el área afectada.



Figs. 1-4. *Pseudo-nitzschia australis*. Fig. 1. (MO). Aspecto general de la valva. Figs. 2-4. (MEB). Fig. 2. Aspecto general de la valva en vista interna. Fig. 3. Vista interna de uno de los extremos valvares. Fig. 4. Vista interna de las estriás centrales compuestas por dos hileras de poroides. Escalas: Figs. 1-2 = 10 μ m; Figs. 3-4 = 2 μ m.

P. australis fue posteriormente asociada a niveles bajos de AD y a intoxicaciones leves de humanos en Los Ángeles, Oregon y en la boca del Río Columbia (Anónimo, 1991). Los test de laboratorio llevados a cabo sobre clones aislados de algunos de los lugares antes mencionados dieron positivo para AD (Villac *et al.*, 1993 a).

A fin de establecer la distribución espacio-temporal de las especies de *Pseudo-nitzschia* en la costa oeste de EEUU, Lange *et al.* (1994) y Fryxell *et al.* (1997) llevaron a cabo una revisión de datos históricos correspondientes a tres períodos de tiempo, 1920-43, 1960-90 y 1991-96. En las conclusiones del análisis estos autores indicaron que *P. australis* había estado presente en primavera/verano en el plancton marino al sur de California y señalaron que los materiales determinados como *P. seriata* correspondían a *P. australis*.

Buck *et al.* (1992) comentaron que las grandes mortandades de pelícanos ocurridas en los meses de otoño de 1971, 1976 y 1981, a las que no se había encontrado explicación en su momento, podrían deberse también a intoxicación con AD producido por *P. australis*.

Recientemente se ha registrado por primera vez la muerte de mamíferos marinos por efecto del AD que estuvo asociada a una floración de *P. australis*, ocurrida en la Bahía de Monterey, California (Scholin, 1999; Scholin *et al.*, 2000).

Hasta el presente, ésta es la especie responsable de la mayor parte de los episodios de intoxicación con AD en la costa oeste de EEUU y la causante de vedas al consumo de bivalvos (Anónimo, 1991). En Nueva Zelanda, fueron registradas floraciones de *P. australis* asociadas con la presencia de AD entre los años 1993 y 1996 (Rhodes *et al.*, 1996).

En el Cono Sur Americano el primer hallazgo de AD producido por una diatomea fue realizado por López y colaboradores, en la X Región (Chile), en marzo de 1997 (comunicado en el «Segundo Taller de Floraciones de Algas Nocivas» Valparaíso, Chile, 1998). La especie productora fue *P. australis* y el veneno fue detectado en almejas (*Venus antiqua*). Los valores de AD determinados, 13 a 15.7 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ de carne de molusco, fueron inferiores a los establecidos como límite regulatorio para consumo humano (20 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$). Las muestras de fitoplancton fueron colectadas en la capa superficial de la columna de

agua en enero, febrero y marzo. El número de células por litro encontrado fue de 50500, 102400 y 15500 respectivamente, valores que estuvieron positivamente correlacionados con las concentraciones de AD.

Recientemente Montoya y colaboradores detectaron la presencia de AD en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguay en el mes de julio de 2000, en muestras de fitoplancton, de mejillón (*Mytilus edulis*) y de anchoíta (*Engraulis anchoita*). La especie productora fue *P. australis* y los valores detectados fueron 7.7 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ de tejido en mejillón y 4.9 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ de tejido y 76.6 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ de contenido gastrointestinal en anchoíta (Negri, com. pers.).

Walz *et al.* (1994) llevaron a cabo estudios sobre las condiciones de producción de ácido domoico en *P. australis* en la Bahía de Monterey, California y sugirieron que esta especie puede ser siempre toxigena en poblaciones naturales, independientemente de la densidad poblacional.

DATOS ECOLÓGICOS

Hasle (1965) señaló que *P. australis* fue encontrada en el Pacífico Sur y en el Atlántico Sur en un rango de temperaturas entre 6.1 y 15.6 °C. Un estudio sobre la distribución de esta especie en la Bahía de Monterey durante el período 1989-1991 realizado por Buck *et al.* (1992) demostró que presenta un máximo anual en otoño a temperaturas comprendidas entre los 13 y 14 °C, salinidades entre 30 y 33 psu y bajas concentraciones de nutrientes. Horner & Postel (1993) observaron altas concentraciones de *P. australis* en otros puntos de la costa oeste de los EEUU durante primavera y verano.

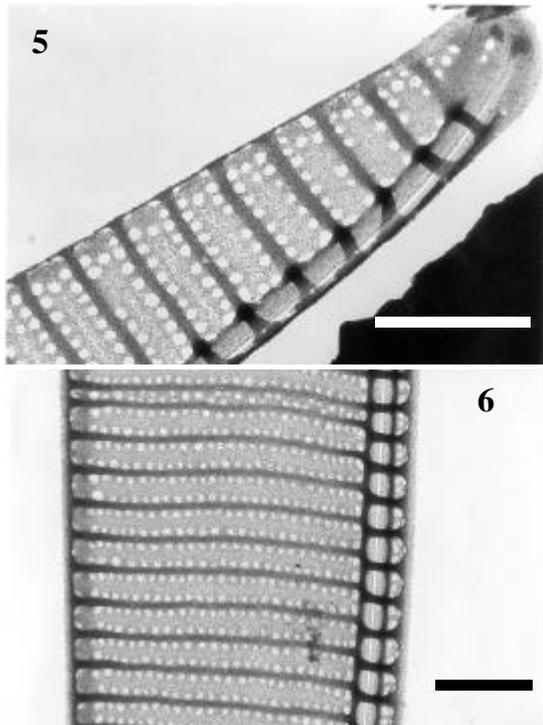
En las costas de Argentina, *P. australis* fue hallada a temperaturas entre los 6 y 21.7 °C y salinidades entre 33.45 y 34.16 psu (Negri & Inza, 1998; Ferrario *et al.*, 1999; Sastre *et al.*, 2001).

COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES

Los taxa más relacionadas con *P. australis* son: *P. seriata* (Cleve) H. Peragallo y *P. seriata* f. *obtusa* (Hasle) Hasle. Las diferencias sobresalientes entre estos taxa surgen del resumen de caracteres presentados para cada uno a continuación:

P. australis

- Células simétricas según el plano apical, asimétricas en especímenes de pequeño tamaño.



Figs. 5-6. *Pseudo-nitzschia australis*. (MET). Fig. 5. Detalle de uno de los extremos valvares. Fig. 6. Detalle de las estrías de la superficie valvar, rafe y manto. Escala = 2 μ m.

- Extremos valvares redondeados a subrostrados.
- Estrías con dos hileras de poroides.
- Poroides: 4-5 en 1 μ m.

P. seriata

- Contorno valvar con un margen curvo y el otro casi recto.
- Extremos valvares redondeados.
- Estrías con más de dos hileras de poroides (3-5).
- Poroides: 7-8 en 1 μ m.

P. seriata f. *obtusa*

- Contorno valvar con un margen curvo y el otro casi recto.
- Extremos valvares obtusos.
- Estrías con dos hileras de poroides.
- Poroides: 7-8 en 1 μ m.

Hasle (1965), en la descripción original, diferencia a *P. seriata* f. *obtusa* de la forma nominal por ser más corta (61-100 μ m) y más angosta (4.5-5.5 μ m), por tener extremos obtusos y por su mayor densidad de estrías (15-20 en 10 μ m). Estos taxa difieren más notoriamente si se consideran caracteres

ultraestructurales, las estrías en la forma *obtusa* son biseriadas, y multiseriadas en la forma nominal, sin embargo el número de poroides por estría es el mismo en ambas. Las diferencias entre *P. seriata* f. *obtusa* y *P. australis* son sutiles en cuanto a los parámetros morfométricos y la morfología de las estrías (biseriadas en ambos taxa) y mayores en cuanto a la densidad de poroides. A nuestro entender, *P. seriata* f. *obtusa* es más semejante a *P. australis* que a *P. seriata* f. *seriata* en el tipo de estría, carácter relevante para diferenciar especies dentro del género, por lo que consideramos necesaria la revisión de la forma.

Pseudo-nitzschia delicatissima (P.T. Cleve)

Heiden in Heiden & Kolbe

Heiden & Kolbe, 1928: 672; Hasle, 1965: 35-36, lam. 2, fig. 10; lam.15, figs.19-23, lam. 16, figs. 3-7; Hasle, 1976: 102-104, figs.1-5; Hasle *et al.*, 1996: 144-146, figs. 17-19, 57-61.

Basionimo: *Nitzschia delicatissima* P.T. Cleve.

Sinónimo: *Nitzschia actydropbila* Hasle.

Neotipo: preparado etiquetado como *Nitzschia delicatissima*, Helder 7/5/97; Hasle *et al.* (1996) fig. 23.

Localidad tipo: Atlántico, 63 10' N, 0 36 E; Spitzbergen, Suecia.

Localidad neotipo: Helder, Holanda.

Las células están unidas formando colonias por superposición de sus extremos en aproximadamente 1/9 del largo total. Los frústulos en ambas vistas son estrechos, linear-lanceolados con los ápices suavemente sigmoideos. Los extremos son redondeados en vista valvar y truncados en vista conectival. En materiales tratados y montados en un medio con alto índice de refracción es posible visualizar las fíbulas y el interespacio central, que ocupa aproximadamente el espacio de tres interestrías. El eje apical es de 42 a 66 μ m y el eje transapical de 1.0-1.5 μ m. La superficie valvar presenta mayor número de estrías (36-40 en 10 μ m) que de fíbulas (20-23 en 10 μ m). Al MEB se observa que cada estría está formada por dos hileras de pequeños poroides de forma triangular a hexagonal, 10-12 en 1 μ m. El manto valvar es bajo con 1 poroide de alto. Cíngulo constituido por varias bandas: la *valvocopula* con una hilera de poroides semejantes a los de la superficie valvar, otras con diferente ornamentación y algunas lisas.

DISTRIBUCIÓN

Esta especie ha sido hallada en la costa oeste de EEUU (Villac *et al.*, 1993 a); en las costas de Europa, en Noruega (Hasle, 1965) y España (Fraga *et al.*, 1998); en el Noroeste de África (Hasle, 1965); en Japón (Takano & Kuroki, 1977); en Nueva Zelanda (Rhodes *et al.*, 1998) y en aguas Árticas y Subárticas (Hasle & Medlin, 1990).

En el Cono Sur Americano, *P. delicatissima* fue registrada en el Océano Pacífico, Chile, entre los 18° 17' S y 42° 07' S (Rivera, 1985).

PRODUCCIÓN DE AD

Smith *et al.* (1991) detectaron AD por primera vez en cultivos de *P. delicatissima* procedentes del Golfo de San Lorenzo, Canadá.

Durante 1994, fueron detectados niveles bajos de AD en las costas de Newfoundland, Canadá, en tejido de mejillones y vieiras provenientes de cultivo y de poblaciones naturales. Bates (1997) sugirió que si bien en este episodio el organismo productor de la toxina no se identificó, *P. delicatissima* y *P. seriata* podrían haber sido las causantes, ya que constituyen un componente común del fitoplancton del área.

DATOS ECOLÓGICOS

Hasle (1965) registró a *P. delicatissima* en aguas costeras de Noruega, en un amplio rango de temperatura (-1.4-18.5 °C) y del Noroeste de África (18-19 °C).

COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES

Los taxa más relacionadas con *P. delicatissima* son: *P. pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle, *P. lineola* (P.T. Cleve) Hasle y *P. cuspidata* (Hasle) Hasle. Las principales diferencias entre estos taxa surgen del resumen de caracteres presentados para cada uno a continuación:

P. delicatissima

- Valvas linear-lanceoladas.
- Eje apical: 27-88 µm.
- Eje transapical: 1.0-2.2 µm.
- Extremos redondeados en vista valvar y truncados en vista conectival.
- Estrías con dos hileras de poroides hexagonales y triangulares.

- Poroides: 10-12 en 1 µm.
- *Valvocopula* con 1 poroide de alto.
- Con interespacio central.

P. pseudodelicatissima

- Valvas lineares.
- Eje apical: 48-140 µm.
- Eje transapical: 1.2-2.5 µm.
- Extremos aguzados en vista valvar y conectival.
- Estrías con una hilera de poroides cuadrangulares.
- Poroides: 4-6 en 1 µm.
- Estrías de la *valvocopula*, 4-6 poroides de alto y 2-3 de ancho.
- Con interespacio central.

P. cuspidata

- Valvas linear-lanceoladas.
- Eje apical: 30-80 µm.
- Eje transapical: 3 µm.
- Extremos aguzados en vista valvar y aguzados, suavemente sigmoideos en vista conectival.
- Estrías con una hilera de poroides cuadrangulares.
- Poroides: 5-6 en 1 µm.
- *Valvocopula*, sin datos.
- Con interespacio central.

P. lineola

- Valvas lineares a ligeramente lanceoladas.
- Eje apical: 56-112 µm.
- Eje transapical: 1.8-2.7 µm.
- Extremos redondeados a subrostrados en vista valvar y aguzados, ligeramente sigmoideos en vista cingular.
- Estrías con una hilera de poroides circulares.
- Poroides: 3-7 en 1 µm.
- *Valvocopula*, sin datos.
- Con interespacio central.

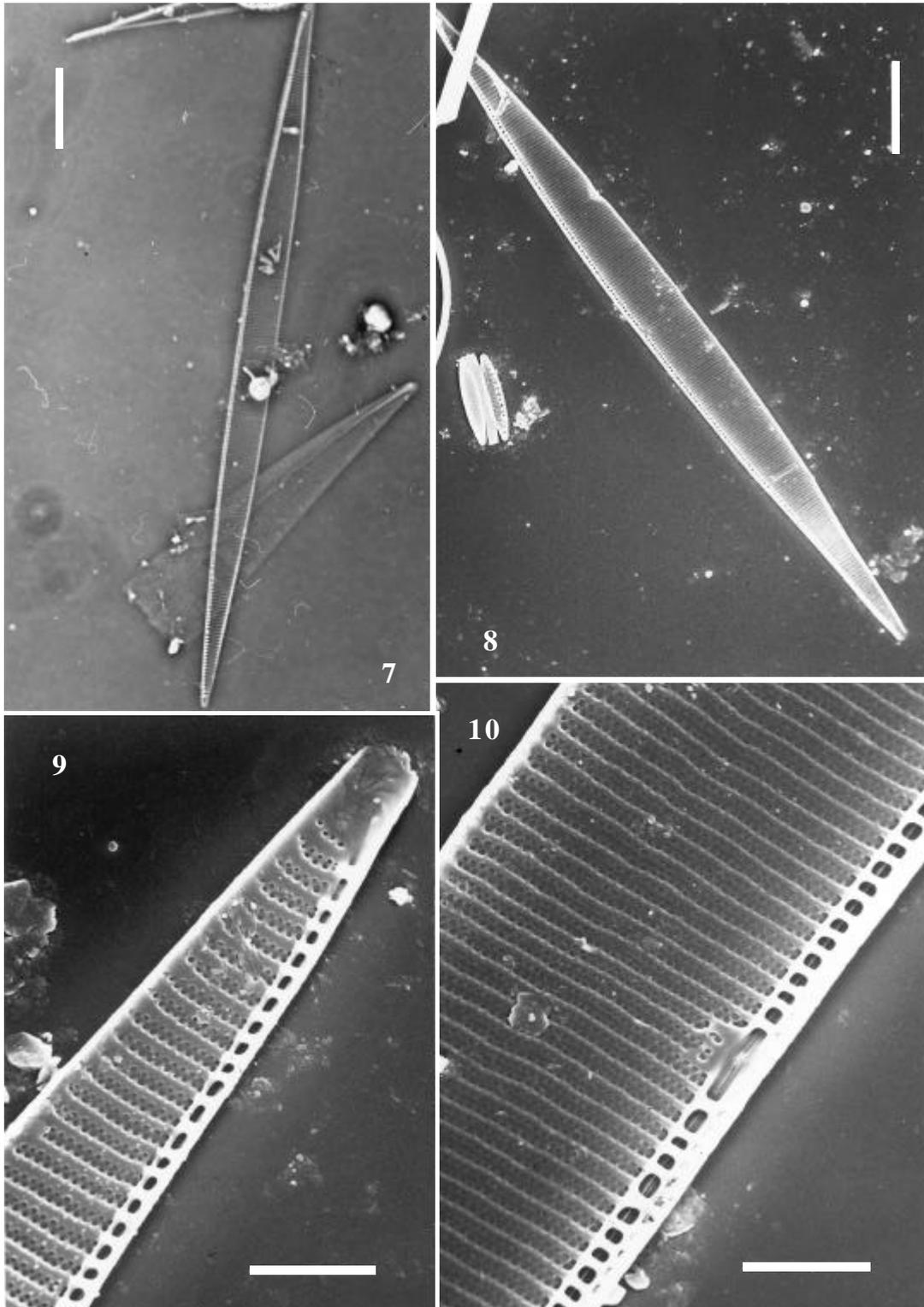
Pseudo-nitzschia fraudulenta (P.T. Cleve) Hasle
Figs. 7-12

Hasle, 1993: 318; Hasle, 1965: 15, lam. 1, figs. 2-3, lam. 4, figs. 8-10, lam. 6, figs. 5-10, lam. 8, figs. 1-3; Rivera, 1985: 15, figs. 43-46; Hasle *et al.*, 1996: 144-146, figs. 20, 65-69.

Basiónimo: *Nitzschia fraudulenta* Cleve 1897.

Sinónimo: *Pseudo-nitzschia seriata* var. *fraudulenta* (Cleve) H. Peragallo in Peragallo, H. & M. Peragallo (1897-1908).

Localidad tipo: Plymouth Harbour.



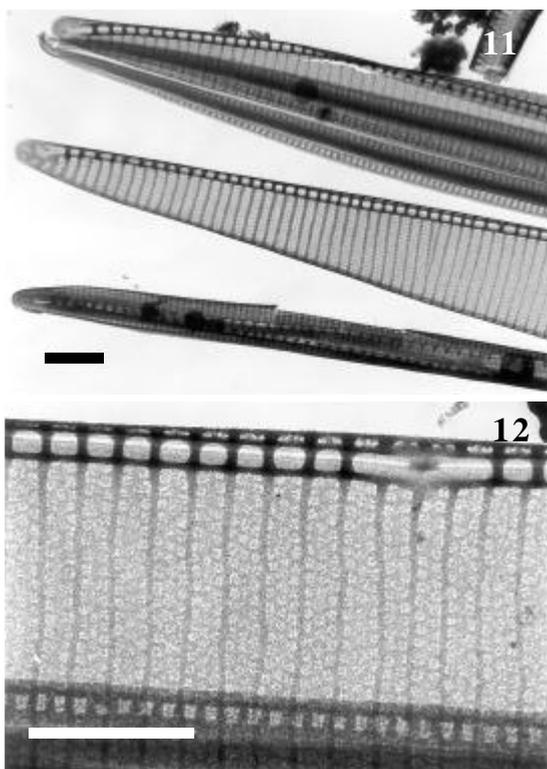
Figs. 7-10. *Pseudo-nitzschia fraudulentum*. Fig. 7. (MO). Aspecto general de la valva. Figs. 8-10. (MEB). Fig. 8. Aspecto general de la valva en vista interna. Fig. 9. Detalle de uno de los extremos valvares en vista interna. Fig. 10. Detalle del interespacio central, nódulo y estrías formadas por dos y tres hileras de poroides. Escalas: Figs. 7-8 = 10 μ m; Figs. 9-10 = 2 μ m.

Lectotipo: lam. XV-21, Hasle 1994, Fig. 4.

Las colonias están formadas por superposición de los extremos valvares en 1/6 a 1/8 del largo total de la célula. Los frústulos son poco silicificados, lanceolados con extremos aguzados en vista valvar y linear-lanceolados, con extremos aguzados en vista cingular. El eje apical es de 72 a 88 μm y el eje transapical de 5.7 a 7.2 μm .

El número de interestrías de la valva es aproximadamente igual al número de fíbulas. Las estrías, 17-20 en 10 μm , presentan dos a tres hileras de poroides cuadrangulares y densamente dispuestos, 6 en 1 μm . Las fíbulas, 18-20 en 10 μm , coinciden con las interestrías de la superficie valvar y con las estrías o interestrías del manto. Los extremos valvares presentan un patrón de distribución de estrías diferente, en uno las estrías son uniseriadas y oblicuas.

El rafe tiene un nódulo conspicuo y un interespacio central grande de 3 a 4 estrías de largo.



Figs. 11-12. *Pseudo-nitzschia fraudulenta* (MET). Detalle de extremos valvares y bandas con estrías. Fig. 12. Detalle del interespacio central, nódulo, estrías y manto valvar. Escala = 2 μm .

El manto valvar tiene 1 a 2 poroides de alto. El cingulo esta formado por bandas estriadas y lisas. La *valvocopula* presenta estrías con 10 poroides de alto.

DISTRIBUCIÓN

P. fraudulenta es cosmopolita según Hasle & Syvertsen (1997). Fraga *et al.* (1998) hallaron esta especie en la costa de Galicia. Villac (1996) en su resumen de la distribución de las especies de *Pseudo-nitzschia*, señaló que ha sido reportada para el Mar de Noruega, el Estrecho de Dinamarca, el Canal de la Mancha y África. Otras citas de *P. fraudulenta* son las de Rhodes *et al.* (1998) para Nueva Zelanda, Hallegraeff (1994) para Australia, Takano & Kuroki (1977) para la Bahía de Ofunato, Japón, Villac (1996) para la Bahía de Monterey y Hernández-Becerril (1998) para las costas del Pacífico en México.

En el Cono Sur Americano esta especie ha sido reportada para los 44° S en costas de Chile por Hasle (1972) y entre los 18° 20' S y los 53° 50' S por Rivera (1985). En Brasil fue registrada en las costas de Río Grande, Laguna de los Patos (Odebrecht *et al.*, 2001) y en Argentina fue mencionada para la costa de la Provincia de Buenos Aires (Ferrario *et al.*, 1999).

PRODUCCIÓN DE AD

Esta especie fue recientemente incorporada a la lista de diatomeas toxígenas por Rhodes *et al.* (1998) quienes detectaron AD a partir de cepas de *P. fraudulenta* aisladas del Banco de Matakana, Nueva Zelanda.

DATOS ECOLÓGICOS

Hasle (1965) señaló que *P. fraudulenta* puede encontrarse en un amplio rango de temperatura entre los 9 °C y los 28.5 °C. Hallegraeff (1994) también halló a la especie ampliamente distribuida en aguas tropicales, 25-30 °C, subtropicales y templadas, 8-18 °C, de la costa australiana, como formadora de las floraciones de primavera.

COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES

Los taxa más relacionadas con *P. fraudulenta* son: *P. subfraudulenta* y *P. australis*. Las diferencias sobresalientes entre estos taxa surgen del resumen de caracteres presentados para cada uno a continuación:

P. fraudulenta

- Contorno valvar lanceolado con márgenes curvos.
- Extremos valvares aguzados.
- Estrías con dos a tres hileras de poroides.
- Estrías y fíbulas en igual número.
- Poroides: 4-6 en 1 µm.
- Largo del interespacio central equivalente a 3-4 estrías.

P. subfraudulenta

- Contorno valvar linear-lanceolado con márgenes rectos en la mayor parte de su longitud.
- Extremos valvares aguzados en vista valvar y conectival.
- Estrías con dos hileras de poroides.
- Estrías en mayor número que las fíbulas.
- Poroides: 5-6 en 1 µm.
- Largo del interespacio central equivalente a 4-5 estrías.

P. australis

- Contorno valvar lanceolado con márgenes curvos.
- Extremos valvares redondeados a subrostrados.
- Estrías con dos hileras de poroides.
- Estrías en igual número que las fíbulas.
- Poroides: 4-5 en 1 µm.
- Sin interespacio central.

P. fraudulenta y *P. subfraudulenta* se diferencian principalmente por el contorno valvar y por la relación entre el número de estrías y fíbulas en 10 µm.

Pseudo-nitzschia multiseries (Hasle) Hasle
Figs. 13-16

Hasle, 1995: 428-435, figs. 2, 4-5, 7, 9, 11-13, 17-18;
Hasle *et al.*, 1996: 140-142, figs. 2, 7-9, 38-44; Ferrario
et al., 1999: 137, 140, Figs. 11-14.

Basionimo: *Nitzschia pungens* f. *multiseries* Hasle
1974.

Sinónimo: *Pseudo-nitzschia pungens* f. *multiseries*
(Hasle) Hasle 1993.

Localidad tipo: Drøbak, Oslofjord, Noruega.

Holotipo: IMBB, Marine Botany, Department of Biology,
University of Oslo, n°16, Hasle (1995), Fig. 2.

Las colonias están formadas por superposición
de los extremos valvares en aproximadamente 1/3
del largo total de la célula. Los frústulos son linear-

lanceolados en vistas cingular y valvar, con extremos
puntiagudos. El eje apical es de 76 a 169 µm y el eje
transapical de 4.2 a 5.3 µm.

La superficie valvar presenta igual número de
fíbulas e interestrías, 12 a 16 en 10 µm. En prepara-
dos transitorios de material tratado, analizados con
MO, sólo es posible visualizar las fíbulas y las
interestrías. Al MEB se observa que las estrías es-
tán formadas por tres a siete hileras de poroides cir-
culares, densamente dispuestos, 4 a 6 en 1 µm, y al-
ternan con interestrías internamente elevadas. Las
estrías de los extremos valvares tienen una o dos hi-
leras de poroides y un patrón de distribución diferen-
te en cada extremo de una misma valva. El rafe es
continuo, sin interespacio central.

El manto valvar es bajo y presenta estrías seme-
jantes a las de la superficie valvar, formadas por 3 a
4 hileras de poroides de ancho y por 2 a 3 poroides
de alto. La cintura está compuesta por bandas an-
chas en la parte media y muy aguzadas en los extre-
mos, con una hilera de estrías cortas, 19 a 22 en 10
µm.

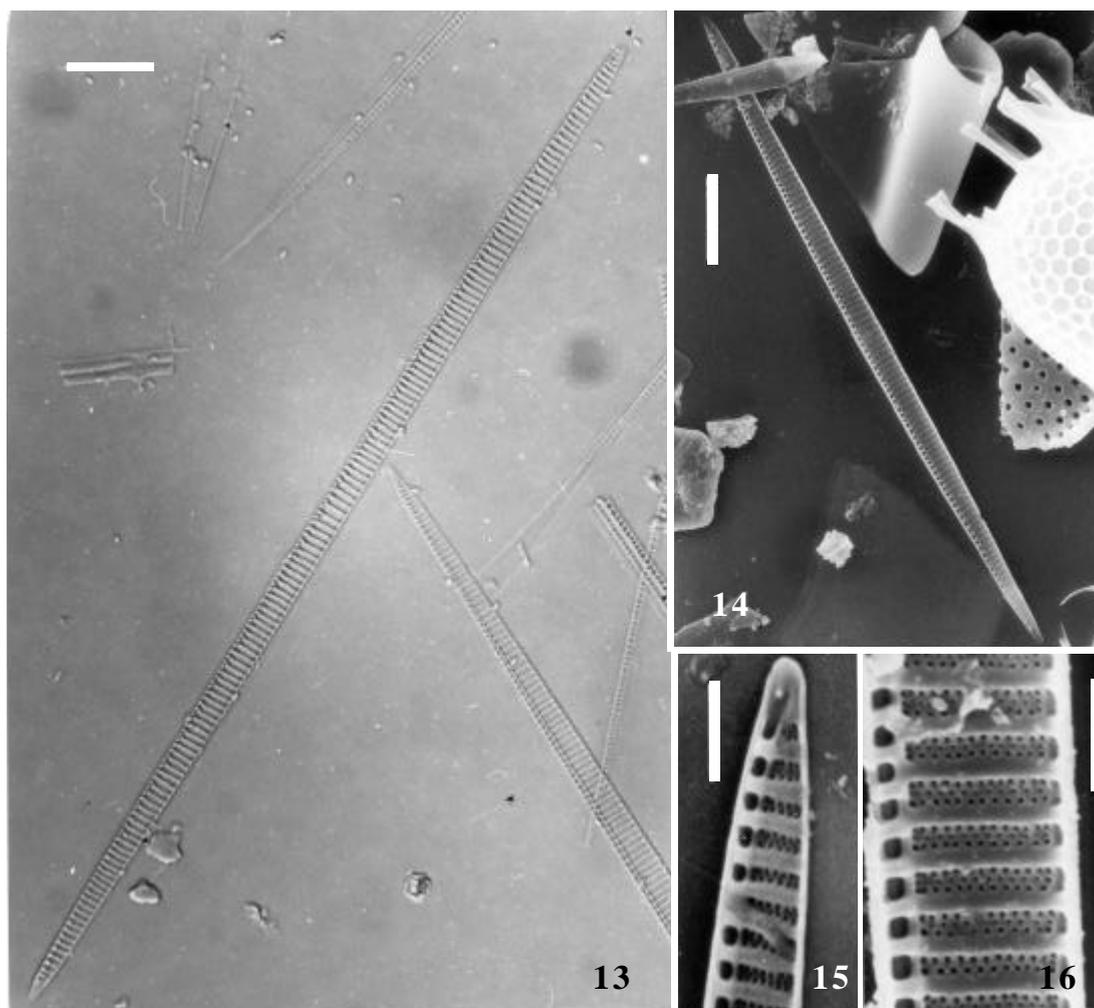
OBSERVACIONES

P. multiseries fue descrita por Hasle (1965)
como *Nitzschia pungens* f. *multiseries* y posterior-
mente elevada al rango de especie por la misma au-
tora. La descripción original fue hecha sobre mate-
rial procedente de cinco localidades, entre ellas
Quequén, Provincia de Buenos Aires, Argentina y
Atlántida, Uruguay.

DISTRIBUCIÓN

Esta especie es cosmopolita, ha sido hallada en
ambos hemisferios en aguas costeras del Pacífico y
del Atlántico y en el Mar Mediterráneo. A continua-
ción mencionaremos algunas de las citas de la espe-
cie sin la pretensión de agotarlas completamente. En
el Atlántico Norte ha sido reportada para las costas
desde Nueva Inglaterra hasta el Golfo de México
(Hasle, 1972; Fryxell *et al.*, 1990; Villarreal *et al.*,
1994; Parsons *et al.*, 1999), para las costas de Galicia
(Fraga *et al.*, 1998) y para los fiordos de Trondheims
y Oslo (Hasle, 1995). También hay registros de esta
especie en Grecia, Golfo Saronicos (Villac, 1996).

En el Océano Pacífico fue encontrada en la cos-
ta de EEUU (Fryxell *et al.*, 1997), Japón (Takano &



Figs. 13-16. *Pseudo-nitzschia multiseries*. Fig. 13. (MO). Aspecto general de la valva. Figs. 14-16. (MEB). Fig. 14. Aspecto general de la valva en vista interna. Fig. 15. Detalle de uno de los extremos valvares en vista interna. Fig. 16. Vista valvar interna. Escalas. 13-14 = 10 μm ; Figs. 15-16 = 2 μm .

Kuroki, 1977), Korea (Fryxell *et al.*, 1990) y Australia (Hallegraeff, 1994).

En el Atlántico Sur *P. multiseries* fue registrada en la costa meridional de Brasil, Laguna de los Patos, por Odebrecht *et al.* (2001). Villac & Tenenbaum (2001) hallaron materiales a los que designaron como *P. aff. multiseries* en las aguas costeras de Río de Janeiro. Ferrario *et al.* (1999) y Sastre *et al.* (2001) reportaron la especie para aguas de la Provincia de Chubut (Golfo San José).

PRODUCCIÓN DE AD

Tal como señaláramos al comienzo del capítulo, esta especie fue la causante del primer evento de intoxicación con AD, ocurrido en la isla Príncipe Eduardo, Canadá (Subba Rao *et al.*, 1988; Bates *et al.*, 1988; Wright *et al.*, 1989; Todd, 1993). La concentración de toxina en el organismo vector (*Mytilus edulis*) llegó a 900 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ (Addison & Steward, 1989). Wang *et al.* (1993) analizaron muestras de fitoplancton y material de cultivo de *P. multiseries* colectados en el lugar del primer episodio durante una floración en 1988 y detectaron además de AD dos nuevos compuestos no tóxicos, bacillariolides I y II (eicosanoides ciclopentanos).

Horner & Postel (1993) reportaron un evento ocurrido en 1992 en las costas de Puget, Washington. Niveles bajos de AD (menores a $5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) fueron detectados en ostras y mejillones, concomitantemente con la presencia de *P. multiseriis* en el área. Otros reportes sobre producción de AD en cultivos aislados en diversas áreas del Atlántico Norte, figuran en Reap (1991), Villarreal *et al.* (1994), Manhart *et al.* (1995) y Villac (1996).

El primer reporte de producción de AD por *P. multiseriis* para el Noroeste Europeo fue realizado por Vrieling *et al.* (1996), quienes aislaron esta especie del Mar del Norte en Holanda.

Bates *et al.* (1991) demostraron que *P. multiseriis* produce AD en la fase estacionaria y senescente del cultivo, cuando las células están limitadas entre otros factores por la concentración de silicatos y hay abundante nitrógeno disponible.

Hargraves *et al.* (1993) estudiaron los efectos de la exposición a diferentes niveles de UV, sobre el crecimiento, la producción de AD y de bacillariolides I y II, en clones de *P. multiseriis* y de otras especies de *Pseudo-nitzschia*, aislados de la Bahía Narragansett, Rhode Island. Estos autores comprobaron que el crecimiento y la producción de bacillariolides I y II en *P. multiseriis*, no fueron afectados por el incremento de UV, sí lo fue en cambio la producción de AD, que disminuyó.

En la costa Atlántica del Cono Sur Americano, no hay registros de *P. multiseriis* como productora de AD a pesar de que la especie ha sido frecuentemente citada como componente importante del fitoplancton marino costero.

DATOS ECOLÓGICOS

Hasle (1965) señaló que *P. multiseriis* es una especie estacional en aguas del Fiordo de Oslo, que aparece en otoño y principios de invierno a temperaturas de 2 a 14 °C y eventualmente a temperaturas bajo cero, -1.4 °C.

Observaciones de campo y experiencias de laboratorio sugieren que aguas frías y altas concentraciones de nitrógeno, estimularían el incremento de las poblaciones de *P. multiseriis* (Villac *et al.*, 1993 b). Las condiciones bajo las cuales la población de esta especie incrementó su densidad, durante los eventos sucedidos en Príncipe Eduardo y en la Bahía de

Monterey, fueron efectivamente similares a las enunciadas en el párrafo anterior (Fryxell *et al.*, 1991; Dickey *et al.*, 1992).

Buck *et al.* (1992) consideran que *P. multiseriis* tiene un amplio rango de tolerancia ambiental lo que se ve reflejado en su amplia distribución. Esta especie se encuentra en aguas frías, aún bajo cubierta de hielo (Smith *et al.*, 1989) y es capaz de sobrevivir en cultivo con temperaturas de 29 a 30 °C (Fryxell *et al.*, 1990). A pesar de la evidente tolerancia a la temperatura que presenta la especie, Lewis *et al.* (1993) señalaron que la tasa de crecimiento en cultivo es máxima a bajas temperaturas (5-15 °C).

En el Golfo San José, Argentina, *P. multiseriis* fue hallada en todas las estaciones del año, presentando los valores máximos de abundancia en primavera y verano, a temperaturas de 12 a 17.5 °C (Sastre *et al.*, 2001).

COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES

Los taxa más relacionadas con *P. multiseriis* son: *P. pungens* (Grunow ex P.T Cleve) Hasle y *P. seriata* (P.T Cleve) H. Peragallo f. *seriata*. Las diferencias sobresalientes entre estos taxa surgen del resumen de caracteres presentados para cada uno a continuación:

P. multiseriis

- Contorno valvar simétrico según el eje apical.
- Extremos valvares puntiagudos.
- Manto valvar con 2 a 3 poroides de alto.
- Estrías formadas por más de 2 hileras de poroides indistinguibles al MO.
- Estrías de ambos extremos valvares con número similar de poroides y diferente patrón de distribución.

P. pungens var. *pungens*

- Contorno valvar simétrico según el eje apical.
- Extremos valvares puntiagudos.
- Manto valvar con 1 poroide de alto.
- Estrías formadas por 2 hileras de poroides visibles al MO.
- Estrías de ambos extremos valvares desiguales, con menor número de poroides en uno que en otro y con diferente patrón de distribución.

P. seriata

- Contorno valvar asimétrico según el eje apical.
- Extremos valvares redondeados.

- Estrías formadas por más de 2 hileras de poroides, 3-4, indistinguibles al MO.
- Manto con 2 a 3 poroides de alto.
- Estrías de ambos extremos valvares con diferente patrón de distribución.

Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima (Hasle)

Hasle
Figs. 17-19

Hasle, 1993: 319; Hasle, 1965: 37-40, lam.14, figs. 4-5, lam.16, figs. 8-18, lam. 17, figs.1-16; Hasle *et al.*, 1996: 149-150, figs. 26-29, 76-81; Ferrario *et al.*, 1999: 141-143, figs. 21-24.

Basiónimo: *Nitzschia pseudodelicatissima* Hasle 1976.

Sinónimo: *Nitzschia delicatula* Hasle 1965, no *N. delicatula* de Skvortzow 1946.

Localidad tipo: Estrecho de Dinamarca.

Holotipo: IMBB n° 23, Hasle *et al.* 1996: fig. 27.

Las colonias se forman por superposición de los extremos valvares de células contiguas, 1/8 a 1/9 del largo total del eje apical. Los frústulos son de estructura delicada, lineares en vista valvar y lanceolados en vista conectival, con los extremos aguzados. El eje apical es de 48 a 100 μm y el eje transapical de 1.2 a 2 μm .

Superficie valvar con mayor densidad de estrías, 28-40 en 10 μm , que de fíbulas, 17-26 en 10 μm . Interestrías ocasionalmente visibles, según el grado de silicificación de la pared. Las fíbulas delimitan un interespacio central de cuatro estrías de largo, que es distinguible en material tratado. Al MEB se observa que cada estría está compuesta por una hilera de grandes poroides cuadrangulares, con velo complejo, 5-6 en 1 μm .

El manto valvar posee sólo un poroide de alto, los poroides son estructuralmente semejantes a los situados en la superficie valvar. Cíngulo compuesto por tres bandas, ornamentadas por una hilera de poroides semejantes a los de la valva.

OBSERVACIONES

P. pseudodelicatissima fue descrita por Hasle en 1965 como *Nitzschia delicatula*, pero esta autora ya había publicado ilustraciones de la especie bajo el nombre de *Nitzschia* sp. (Hasle, 1964, figs.1a-b).

DISTRIBUCIÓN

P. pseudodelicatissima tiene amplia distribución y podría considerarse cosmopolita aunque no hay registros fehacientes para el Sector Antártico (Hasle & Syvertsen, 1997). Villac (1996) revisó la distribución de esta especie y señaló que fue reportada para aguas del Atlántico de Canadá, EEUU, Golfo de México, Mar de Noruega, Estrecho de Dinamarca y Portugal. Hasle (1965) describió a *P. pseudodelicatissima* como un elemento común en aguas alejadas de la costa noroeste de África; Hallegraeff (1994) la reportó para el Pacífico en la costa de California, Columbia Británica, Tasmania y Australia y Takano & Kuroki (1977) para la costa de Japón. *P. pseudodelicatissima* fue mencionada además para el Mar Índico, Mar Adriático y Mar Ártico (Hallegraeff, 1994) y para el Mar Negro (Davidovich & Bates, 1998).

En el Cono Sur Americano esta especie ha sido hallada en las costas del Pacífico, entre los 23° 50' S y 53° 13' S (Rivera, 1985; Hasle, 1965), Chile. En el Océano Atlántico fue reportada para la costa central y sur de Brasil (Villac & Tenenbaum, 2001; Odebrecht *et al.*, 2001) y para el Mar Argentino, en varios puntos de la costa de las Provincias de Buenos Aires, Río Negro y Chubut durante todo el año (Ferrario *et al.*, 1999; Sastre *et al.*, 2001).

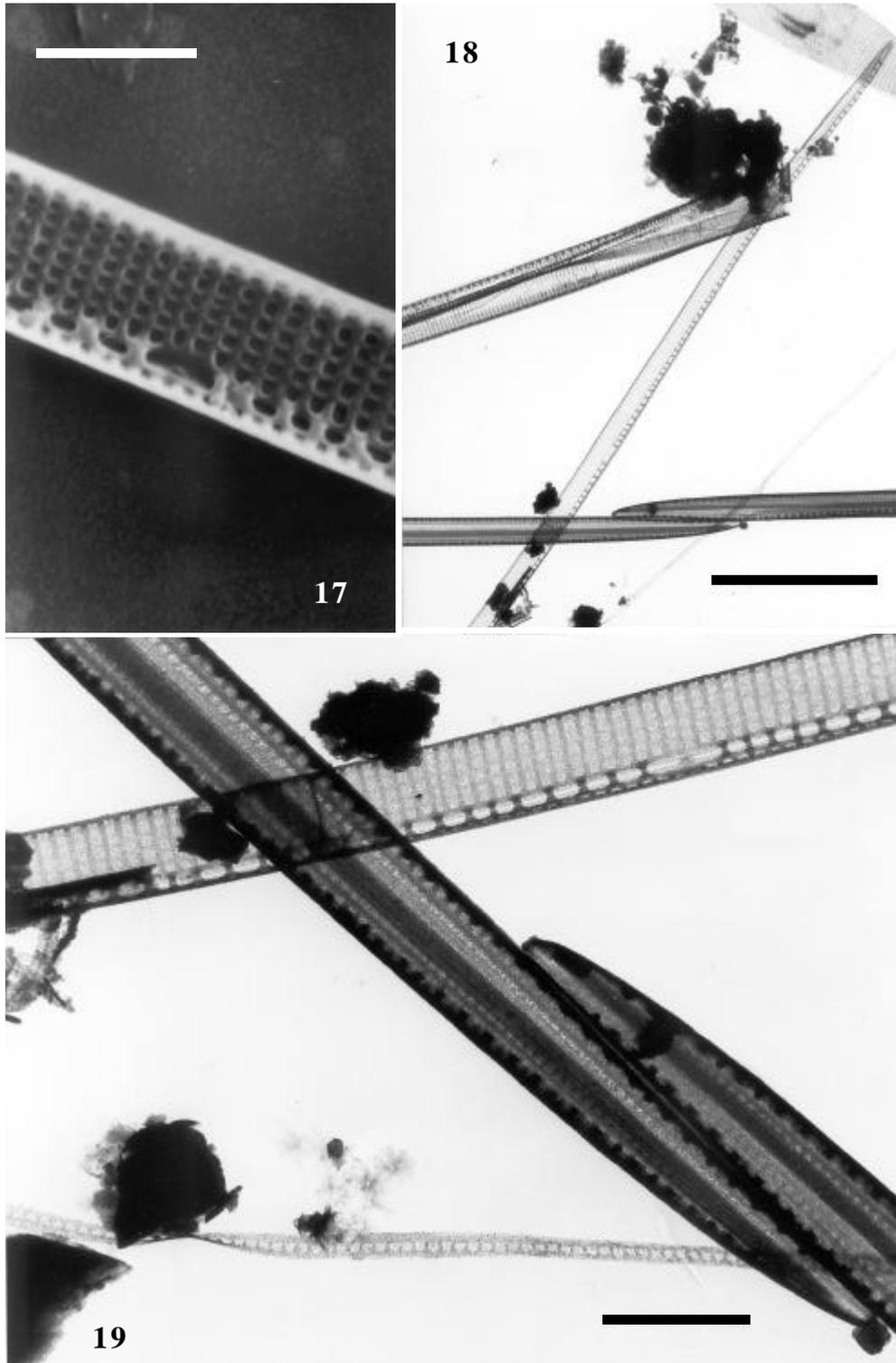
PRODUCCIÓN DE AD

Durante 1988 se detectó AD en almejas (*Mya arenaria*) y mejillón (*Mytilus edulis*) al Sudoeste de la Bahía de Fundy, Canadá, en concentraciones superiores al límite regulatorio para consumo humano. Martin *et al.* (1990) determinaron que el organismo implicado en la producción de la toxina era *P. pseudodelicatissima*. Hasta esa fecha esta especie no había sido señalada como productora de AD.

En el Cono Sur Americano, Proença & Villac (com. pers.), detectaron bajas concentraciones de AD (67 fg · cel⁻¹) en cepas de *P. pseudodelicatissima* aisladas del área costera de Brasil.

DATOS ECOLÓGICOS

Hallegraeff (1994) encontró a *P. pseudodelicatissima* como dominante en aguas costeras templadas de Tasmania, en concentraciones de 6.5 · 10⁷ cel · l⁻¹, y en aguas cálidas del noroeste y oeste de Australia.



Figs. 17-19. *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*. Fig. 17. (MEB). Detalle del interspacio central y estrías compuestas por una hilera de poroides. Figs. 18-19. (MET). Fig. 18. Aspecto general de la célula en vistas valvar y cingular. Fig. 19. Detalle del interspacio central, del nódulo y de la superposición de los extremos valvares. Escalas: Figs. 17 y 19 = 2 μ m; Fig. 18 = 10 μ m.

Martin *et al.* (1993), analizaron la distribución temporal de esta especie en el área de Bahía de Fundy, e indicaron que *P. pseudodelicatissima* se encuentra durante todo el año, alcanzando su máxima concentración cuando la temperatura del agua es elevada. Sastre *et al.* (2001) hallaron esta especie en la costa Patagónica en primavera y verano, las mayores concentraciones se detectaron con valores altos de amonio, nitratos, y una elevada relación nitrógeno/fósforo.

COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES

Los taxa más relacionadas con *P. pseudodelicatissima* son: *P. delicatissima* (P.T Cleve) Heiden, *P. cuspidata* (Hasle) Hasle y *P. lineola* (P.T Cleve) Hasle. Las diferencias entre estos taxa son sutiles y en algunos casos están relacionadas con caracteres difíciles de observar aún al ME. A fin de facilitar la comparación de *P. pseudodelicatissima* con sus especies más allegadas presentamos una descripción abreviada de cada una de ellas.

P. pseudodelicatissima

- Valvas lineares.
- Extremos aguzados en vista valvar y vista cingular.
- Eje apical: 48-140 μm .
- Eje transapical: 1.2-2.5 μm .
- Estrías: 28-44.
- Fíbulas: 17-26.
- Estrías con una hilera de poroides cuadrangulares.
- Poroides: 4-6 en 1 μm .
- Manto valvar con un poroide de alto.
- Estrías de la *valvocopula*, 4-6 poroides de alto y 2-3 de ancho.

P. delicatissima

- Valvas linear-lanceoladas.
- Extremos redondeados en vista valvar y truncados en vista conectival.
- Eje apical: 27-88 μm .
- Eje transapical: 1.0-2.2 μm .
- Estrías: 36-40 en 10 μm .
- Fíbulas: 20-23 en 10 μm .
- Estrías con dos hileras de poroides hexagonales o triangulares.
- Poroides: 10-12 en 1 μm .
- Manto valvar con un poroide de alto.
- *Valvocopula* con 1 poroide de alto.

P. cuspidata

- Valvas linear-lanceoladas.
- Extremos aguzados en vista valvar.
- Extremos aguzados en vista conectival, suavemente sigmoideos.
- Eje apical: 30-80 μm .
- Eje transapical: 3 μm .
- Estrías: 36-37 en 10 μm .
- Fíbulas: 18-22 en 10 μm .
- Estrías con una hilera de poroides cuadrangulares.
- Poroides: 5-6 en 1 μm .
- Manto valvar: sin datos.
- *Valvocopula*: sin datos.

P. lineola

- Valvas lineares, ligeramente lanceoladas.
- Extremos redondeados-subrostrados en vista valvar y aguzados, suavemente sigmoideos en vista cingular.
- Eje apical: 56-112 μm .
- Eje transapical: 1.8-2.7 μm .
- Estrías: 22-28 en 10 μm .
- Fíbulas: 11-16 en 10 μm .
- Estrías con una o dos hileras de poroides circulares en el mismo espécimen.
- Poroides: 3-7 en 1 μm .
- Manto valvar: sin datos.
- *Valvocopula*: sin datos.

Pseudo-nitzschia pungens (Grunow ex P.T. Cleve) Hasle Figs. 20-24

Hasle, 1993: 319; Hasle *et al.*, 1996: 138-140, figs. 3-6, 30-37; Ferrario *et al.*, 1999: 140, figs. 15-20.

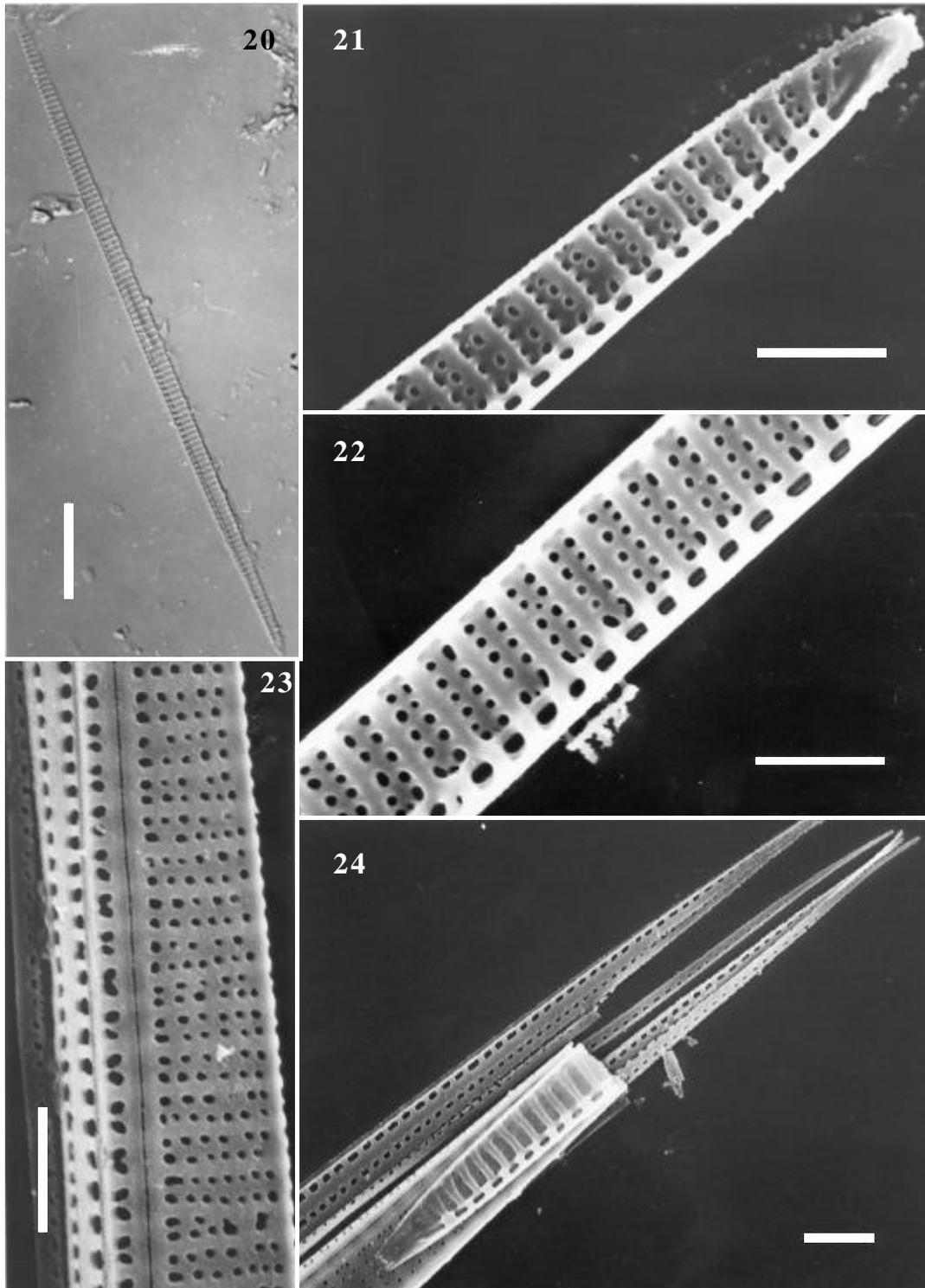
Basiónimo: *Nitzschia pungens* Grunow ex P.T. Cleve 1897.

Sinónimo: *Nitzschia pungens* var. *atlantica* Cleve.

Lectotipo: BRM W7/72 a, Finder: 624.4; Hasle, 1995, fig.1.

Localidad tipo: Bahía Yeddo, Japón.

Las células forman colonias por superposición de sus extremos valvares en aproximadamente 1/3 de su largo total. Los frústulos son fuertemente silicificados, linear-fusififormes, con los extremos marcadamente aguzados en vista valvar y lanceolados en vista cingular. El eje apical es de 86 a 145 μm y el eje transapical de 2.8 a 4.5 μm .



Figs. 20-24. *Pseudo-nitzschia pungens*. Fig. 20. (MO). Aspecto general de la valva. Figs. 21-24. (MEB). Fig. 21. Detalle de uno de los extremos valvares en vista interna. Fig. 22. Vista valvar interna. Detalle de las estrías con dos hileras de poroides. Fig. 23. Vista valvar externa. Detalle de la superficie valvar, rafe, manto y bandas. Fig. 24. Vista interna de uno de los extremos valvares y detalle de las bandas. Escalas: Fig. 20 = 10 μ m; Figs. 21-24 = 2.5 μ m.

La superficie valvar presenta aproximadamente el mismo número de fíbulas e interestrías, 12-18 en 10 μm . Las interestrías son visibles al MO en montajes con agua. Las estrías de la valva están formadas por dos hileras de poroides, visibles al MO en ejemplares muy silicificados y libres de materia orgánica. Al MEB se observa que las interestrías son internamente elevadas y las dos hileras de poroides de la estría están separadas por un espacio hialino. Ocasionalmente se encuentra algún poroide aislado entre las dos hileras de la estría o cercano al final de ella. La densidad de poroides es de 3 a 4 en 1 μm . Las estrías de ambos extremos valvares difieren en estructura, con menor número de poroides en uno. El rafe es continuo y carece de interespacio central.

El cingulo esta compuesto por bandas, con una hilera de poroides, 15-19 en 10 μm , y extremos puntiagudos. Las bandas varían entre sí en el ancho y en el tamaño de los poroides, siendo la *valvocopula* más ancha y con los poroides más grandes.

DISTRIBUCIÓN

P. pungens es cosmopolita según Hasle & Syvertsen (1997). Hasle (1972) señaló que esta especie ha sido mencionada desde los 62° N, en las costas de Noruega, hasta los 41° S, en Nueva Zelanda. A continuación mencionaremos algunas de las citas de la especie sin la pretensión de agotarlas completamente.

En aguas del Pacífico *P. pungens* está ampliamente distribuida a lo largo de las costas de América, en México (Hernández-Becerril, 1998), en Vancouver, en Baja California, en el Golfo de California y en el Golfo de Panamá (en Villac, 1996). Forbes & Denman (1991) estudiaron la distribución de *P. pungens* en el área de la Columbia Británica, Canadá, sobre la base de la revisión de muestreos realizados entre 1980 y 1988. Estos autores concluyeron que se trata de una especie de amplia distribución geográfica, que ocurre regularmente en las costas de la Bahía de Fundy. Yoo & Lee (1982) la encontraron en las costas de Korea y Takano & Kuroki (1977) al sudeste de Japón. Hallegraeff (1994) reportó esta especie para aguas tropicales y subtropicales de Australia y para Tasmania.

En el Océano Atlántico *P. pungens* fue encontrada en la costa de EEUU durante todo el año

(Marshall & Cohn, 1987) y en las costas de Europa, en Portugal (Hallegraeff, 1994) y en Noruega (Hasle *et al.*, 1996). Según Hallegraeff (1994) también fue citada para el noroeste de África y Navarro (1983) la reportó para el Mar Caribe.

En el Océano Atlántico del Cono Sur Americano la especie fue hallada en las costas de Brasil (Odebrecht *et al.*, 2001; Villac & Tenenbaum, 2001) y en las de Argentina en las Provincias de Buenos Aires, Río Negro y Chubut (Negri & Inza, 1998; Ferrario *et al.*, 1999; Sastre *et al.*, 2001). Según Hallegraeff (1994) *P. pungens* fue reportada también para el Océano Pacífico, en las costas de Perú y Chile.

PRODUCCIÓN DE AD

Rhodes *et al.* (1996) determinaron por primera vez a *P. pungens* como productora de AD. El hallazgo fue hecho a partir de cepas aisladas de muestras provenientes de aguas costeras de Nueva Zelanda y en aquella oportunidad, los niveles de toxina fueron bajos.

Trainer *et al.* (1998) detectaron AD en concentraciones del orden de los 70 fg · cel⁻¹, en cepas de *P. pungens* aisladas de la costa del Estado de Washington, EEUU. Los autores sugirieron además que esta especie podría ser la responsable de niveles de toxicidad por encima de 20 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ detectados en navajas en 1991 y años subsecuentes, a pesar de no haberse presentado concurrentemente floraciones de fitoplancton tóxico. Basados en el hecho de que *P. pungens* está presente durante todo el año en el área, y considerando que la velocidad de depuración de las navajas es muy baja, ellos postularon que la exposición crónica a bajos niveles de toxinas puede ser suficiente para resultar en acumulación de AD por encima del nivel regulatorio.

DATOS ECOLÓGICOS

Hasle (1972) señaló que *P. pungens* fue encontrada en los Océanos Pacífico y Atlántico, con rangos de temperatura entre los 2 y 28 °C y de salinidad entre los (24) 30 y 36 psu. Hallegraeff (1994) la reportó para aguas tropicales, subtropicales y templadas de Australia y señaló que no era formadora de floraciones. En el Cono Sur Americano esta especie fue hallada a lo largo de todo el año en la costa del Mar Argentino. En la Provincia de Buenos Aires se

la encontró a temperaturas entre 7.8 y 21 °C y salinidades entre 33.6 y 33.87 psu (Ferrario *et al.*, 1999).

COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES

Los taxa más relacionadas con *P. pungens* son: *P. pungens* var. *cingulata* Villac y *P. multiseries* (Hasle) Hasle. Las diferencias sobresalientes entre *P. pungens* y *P. multiseries* son discutidas en la correspondiente sección de esta última. Las diferencias con la variedad *cingulata* surgen del resumen de caracteres presentados para cada taxón a continuación:

P. pungens var. *pungens*

- Estrías formadas por 2 hileras de poroides visibles al MO.
- Manto somero, con un poroide de alto.
- *Valvocopula* con una hilera de grandes poroides.

P. pungens var. *cingulata*

- Estrías formadas por 2 (3) hileras de poroides.
- Manto con 2 pequeños poroides de alto.
- *Valvocopula* con estrías formadas por 2 ó 2 y 3 pequeños poroides de alto.

Recientemente, Villac & Fryxell (1998) crearon *P. pungens* var. *cingulata* sobre la base de material

de campo y de cultivo. Los caracteres que la diferencian de la variedad nominal y de *P. multiseries* son la morfología de las estrías y, principalmente, la de las bandas. La variedad *cingulata* presenta una tercera hilera incompleta de poroides por estría y sus bandas tienen entre 20 y 24 estrías en 10 µm, diferente de la variedad nominal 15-19, y de *P. multiseries*, 19-22.

Pseudo-nitzschia turgidula (Hustedt) Hasle Fig. 25

Hasle, 1993: 320; Hasle, 1965: 4, lam. 1, fig. 11; lam. 2, fig. 3; lam. 11, figs. 8-13; lam. 12, figs. 1-6; Hallegraeff, 1994: 405, figs. 5 a-d.

Basiónimo: *Nitzschia turgidula* Hustedt 1958.

Localidad tipo: Atlántico Sur (46° 32' S, 0° 02' W).

Las colonias están formadas por superposición de los extremos valvares en aproximadamente 1/6 a 1/8 del largo total de la valva. Los frústulos son estrechamente lanceolados, con extremos truncados en vista cingular. En vista valvar son romboidales a lanceolados, con extremos redondeados en los especímenes de menor tamaño y lineares con una expansión en la parte central en los de mayores dimensiones. El eje apical es de 30 a 80 µm y el eje transapical de 2.5 a 3.5 µm.

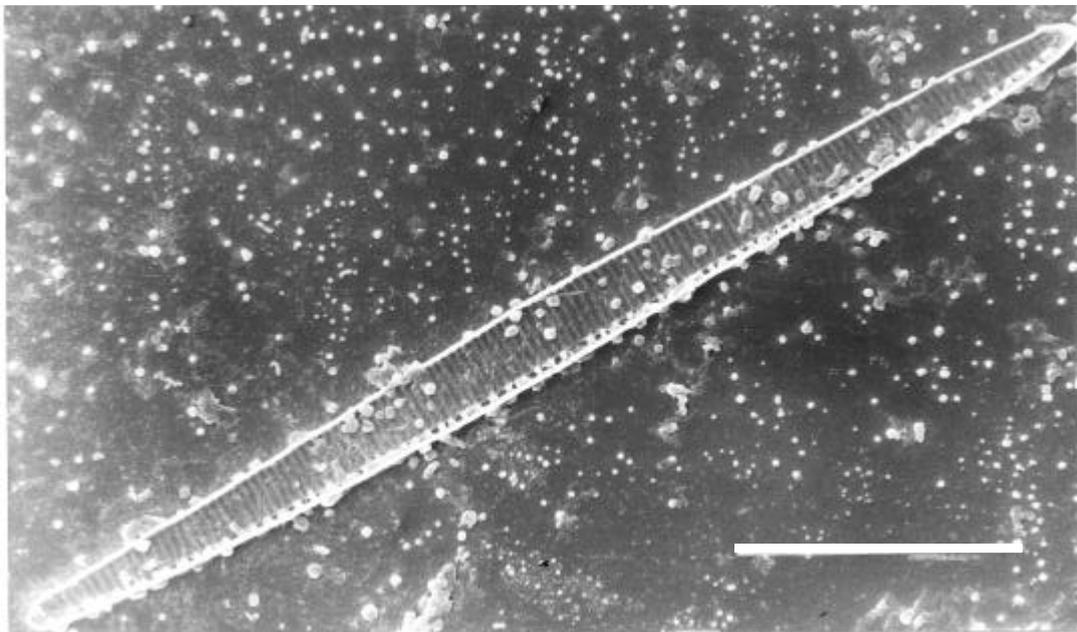


Fig. 25. *Pseudo-nitzschia turgidula*. (MEB). Aspecto general de la valva en vista interna. Escala = 10 µm. Foto facilitada por Daniela Inza y Rubén Negri.

La superficie valvar presenta estrías distribuidas en mayor número, 23-28 en 10 µm, que las fíbulas, 13-18 en 10 µm. Al MEB se observa que cada estría esta formada por dos hileras de poroides, 7-9 en 1 µm. Las fíbulas delimitan un interespacio central.

OBSERVACIONES

Hallegraeff (1994) observó que las células provenientes de cultivos aislados en aguas australianas, eran mucho más pequeñas, 30-40 µm, y presentaban una estructura valvar más delicada 32 (23-28) estrías en 10 µm, 21 (13-18) fíbulas en 10 µm. En cambio, el material subantártico tiene la misma cantidad de estrías y fíbulas que la de la diagnosis de la especie.

DISTRIBUCIÓN

P. turgidula es una especie cosmopolita según Fryxell *et al.* (1997) y Hasle & Syvertsen (1997). Esta especie ha sido reportada para aguas antárticas y subantárticas (Hasle, 1965), para aguas tropicales y templadas de Australia (Hallegraeff, 1994) y para aguas costeras de Nueva Zelanda (Rhodes *et al.*, 1996). Takano & Kuroki (1977) citaron un material como *P. aff. turgidula* para la Bahía de Ofunato, Japón.

En el Cono Sur Americano la especie fue hallada por Negri & Inza (1998) en el Mar Argentino, frente a la Provincia de Buenos Aires.

PRODUCCIÓN DE AD

Rhodes *et al.* (1996) determinaron por primera vez que *P. turgidula* era productora de AD, sobre la base de cepas aisladas de aguas costeras de Nueva Zelanda. Estos autores comentaron que en 1994, habían sido detectados 2.8 ppm de AD en gónadas de bivalvos. La detección de la toxina fue coincidente con la presencia de *P. turgidula* en concentraciones de $6 \cdot 10^6$ cels \cdot l⁻¹, pero ellos no estuvieron en condiciones de afirmar que la toxicidad se debiera a esta especie durante aquel episodio, porque la información de campo era incompleta.

Hasta la fecha *P. turgidula* no ha sido registrada como especie productora de AD en el Cono Sur Americano.

DATOS ECOLÓGICOS

Hasle (1965) encontró a *P. turgidula* en muestras colectadas entre los 53° S y 62° S a temperaturas de 2.3-6 °C.

Para la costa del Mar Argentino, Negri & Inza (1998) detectaron floraciones de *P. turgidula* ($3.3 \cdot 10^6$ cels \cdot l⁻¹) en aguas de plataforma, fuertemente estratificadas, con alta disponibilidad de nutrientes, temperaturas de 8.9 a 9.7 °C y salinidad de 33.7 psu.

COMPARACIÓN CON LAS ESPECIES MÁS AFINES

Los taxa más relacionadas con *P. turgidula* son: *P. turgiduloides* (Hasle) Hasle y *P. lineola* (P.T. Cleve) Hasle. Las diferencias entre estos taxa surgen del resumen de caracteres presentados para cada uno a continuación:

P. turgidula

Datos obtenidos de Hasle (1965).

- Eje apical: 30-80 µm.
- Eje transapical: 2.5-3.5 µm.
- Extremos valvares truncados en vista cingular.
- Estrías: 23-30 en 10 µm.
- Estrías con dos hileras de poroides.
- Poroides: 6-9 en 1 µm.
- Fíbulas: 13-18 en 10 µm.

P. turgiduloides

Datos obtenidos de Hasle & Syvertsen (1997).

- Eje apical: 63-126 µm.
- Eje transapical: 1.2-2.8 µm.
- Extremos valvares truncados en vista cingular.
- Estrías: 17-21 en 10 µm.
- Estrías con una o dos hileras de poroides.
- Poroides: 8-10 en 1 µm.
- Fíbulas: 10-13 en 10 µm.

P. lineola

Datos obtenidos de Hasle (1965), Hallegraeff (1994) y Hasle & Syvertsen (1997).

- Eje apical: 56-112 µm.
- Eje transapical: 1.8-2.7 µm.
- Extremos puntiagudos a ligeramente sigmoideos en vista cingular.
- Estrías: 22-28 en 10 µm.
- Estrías con una o dos hileras de poroides.
- Poroides: 3-7 en 1 µm.
- Fíbulas: 11-16 en 10 µm.

**ESPECIE NO REPORTADA
FEHACIENTEMENTE PARA EL CONO
SUR AMERICANO**

Pseudo-nitzschia seriata (Grunow ex P.T. Cleve)
H. Peragallo

Peragallo, 1900 in Peragallo & Peragallo, 1897-1908: 300, lam. 72, fig. 28; Hasle, 1965: 8-10, lam.1, fig.1; lam.3, figs.1-7, 10; lam. 4, figs.1-2; lam. 6, fig. 2; Hasle *et al.*, 1996: 142-144, figs. 10-14, 45-50.

Basiónimo: *Nitzschia seriata* P.T. Cleve 1883.

Localidad tipo: Tindingen, Groenlandia.

Lectotipo: S405, Hasle, 1994, fig. 3.

Las células están unidas por sus extremos, superpuestas en 1/3 a 1/4 de su largo total, formando colonias. Los frústulos son linear-lanceolados en vista cingular con los extremos muy aguzados. El contorno valvar es asimétrico respecto del eje apical, las valvas presentan uno de los márgenes casi recto y el otro convexo y los extremos son redondeados. El rafe, sin interespacio central, se ubica indistintamente sobre el margen curvo o convexo de la valva. El eje apical es de 91 a 160 μm y el eje transapical de 5.5 a 8 μm . La superficie valvar presenta igual número de fíbulas que de estrías, 17 a 18 en 10 μm . Ambas son visibles al MO en material tratado y montado en medio con alto índice de refracción, las últimas con menos definición. Al MEB se observa que las estrías de la valva están formadas por 3 a 4 hileras de poroides, densamente dispuestos, 7 a 8 en 1 μm . Los poroides situados junto a la interestría son de mayor tamaño y están más regularmente distribuidos que los situados en el centro de la estría. Las estrías de los extremos valvares presentan un patrón de distribución diferente en cada extremo de una misma valva, siendo más ramificadas en uno de ellos. Las estrías del manto son semejantes a las de la superficie valvar y tienen de 2 a 3 poroides de alto. El *cingulum* presenta tres bandas conectivales diferentes en ancho y ornamentación, ocasionalmente puede estar presente una cuarta banda lisa.

OBSERVACIONES NOMENCLATURALES

Fryxell *et al.* (1991) tipificaron la Sección *Pseudo-nitzschia* del género *Nitzschia* con *N. seriata* Cleve. Estos autores, aunque no lo plantearon de un modo explícito, reconocieron como holotipo de dicha especie a la figura 75 de Cleve (1883), lo que está de acuerdo con el artículo 9.1 del ICNB

(Greuter *et al.*, 2000). Cuando Hasle (1994) reestableció el género *Pseudo-nitzschia* Peragallo, señaló que Fryxell *et al.* (1991) habían seleccionado a *N. seriata* Cleve como lectotipo de la Sección *Pseudo-nitzschia*, por lo que la especie tipo del género debía ser *P. seriata* (Cleve) H. Peragallo. Sin embargo Hasle (1994) no reconoció la figura 75 de Cleve (1883) como el holotipo de la especie y seleccionó el preparado S405 de la Colección Cleve como lectotipo de *P. seriata* (Cleve) H. Peragallo. En dicho preparado marcó con un círculo el espécimen ilustrado en su figura 3.

DISTRIBUCIÓN

P. seriata es una especie que sólo ha sido fehacientemente identificada en aguas frías a templadas del Hemisferio Norte (Hasle, 1964; Hasle & Syvertsen, 1997).

Según Fryxell *et al.* (1997), *P. seriata* no ha sido positivamente confirmada en la costa oeste de EEUU y sólo ha sido citada para Alaska por Cupp (1937, 1943). Stapleford & Smith (1996) aislaron esta especie a partir de muestras de hielo provenientes del Mar Ártico de Canadá y mencionaron que el taxón es frecuente en las comunidades de hielo. Lundholm *et al.* (1994) señalaron que hay hallazgos bien documentados de *P. seriata* en: las costas oeste y este de Groenlandia, hasta los 45° N en Canadá, el Mar de Barents y el Mar Báltico. Hasle *et al.* (1996) la citaron para la costa de Noruega, Atlántico Norte.

Los registros en el Cono Sur Americano (Uruguay, Chile, Brasil y Argentina) han sido realizados sobre la base de análisis con MO. Considerando que la determinación fehaciente de la especie requiere de la utilización de ME, es altamente probable que las citas para estas latitudes sean erróneas.

PRODUCCIÓN DE AD

Lundholm *et al.* (1994) realizaron estudios de laboratorio sobre el clon 1877C de *P. seriata*, aislado de muestras provenientes de la costa de Dinamarca, y reportaron por primera vez a esta especie como productora de AD. En aquella oportunidad las mayores concentraciones de toxinas fueron determinadas en la fase estacionaria de crecimiento del cultivo, mientras que en la fase exponencial sólo se detectaron trazas de AD. La producción de la toxina estuvo inversamente correlacionada con la temperatura, re-

sultando mayor a 4°C que a 15°C (Lundholm *et al.*, 1994). En 1994 fueron detectados bajos niveles de AD en bivalvos de la costa este del Océano Atlántico, Newfoundland, Canadá. En julio de 1996 en la costa de Nova Scotia, se detectaron valores de AD por encima de 90 µg · g⁻¹ de glándula digestiva de vieiras de cultivo. Bates (1997) señaló que aunque el organismo productor de AD no fue identificado en aquellos casos, éste podría ser *P. seriata*, ya que la especie estuvo presente en el área durante el desarrollo de ambos episodios.

DATOS ECOLÓGICOS

Esta especie, de aguas frías, llega a latitudes más bajas sólo en el invierno septentrional (Hasle, 1972; Hasle & Syvertsen, 1997). Hasle (1965) encontró a *P. seriata* a temperaturas de -0.5 a 10°C.

Caracteres diferenciales con las especies más afines:

Los taxa más relacionadas con *P. seriata* son: *P. seriata f. obtusa*, *P. australis* y *P. fraudulenta*. Las diferencias sobresalientes entre estos taxa fueron discutidas, en el caso de los dos primeros en la correspondiente sección de *P. australis*, y en el caso de *P. fraudulenta* en la correspondiente a dicha especie.

AMPHORA COFFEAIFORMIS MENCIONADA COMO PRODUCTORA DE ÁCIDO DOMOICO

Tal como señaláramos al comienzo de este capítulo, durante el episodio ocurrido en la Isla Príncipe Eduardo, Canadá, simultáneamente a la detección de AD en *P. multiseriata*, se detectó la toxina en una cepa aislada en el área (clon BPT 11) (Shimizu *et al.*, 1989; Maranda *et al.*, 1990), identificada como *Amphora coffeaeformis* (Agardh) Kützing. Posteriormente Bates *et al.* (1989) chequearon la producción de AD en otras dos cepas de *A. coffeaeformis* provenientes del Pravasoli Guillard Center, obteniendo resultados negativos.

Por otra parte Sala *et al.* (1998) señalaron que la identidad del Clon BPT 11 es incierta ya que la fotografía tomada con MEB (figura 25 del mencionado trabajo), en la cual se basó la identificación, es insuficiente para observar los caracteres diagnóstico de la especie.

A posteriori de los trabajos de Shimizu *et al.* (1989) y Maranda *et al.* (1990) no hubo reportes que involucraran a *A. coffeaeformis* u otras especies del género en la producción de AD.

BIBLIOGRAFÍA

- Addison, R.F. & J.E. Stewart, 1989. Domoic acid and the eastern Canadian molluscan shellfish industry. *Aquaculture* 77: 263-269.
- Anónimo, 1991. Domoic acid found in Oregon and Washington shellfish. *Communicable Diseases Summary* 40 N° 24: 1-2. Oregon Health Division, Portland.
- Bates, S.S., 1997. Toxic phytoplankton on the Canadian East coast: implications for aquaculture. *Bull. Aquacult. Assoc. Canada* 97 (3): 9-18.
- Bates, S.S., 1998. Ecophysiology and metabolism of ASP toxin production. In Anderson, D.M., A.D. Cembella & G.M. Hallegraeff (eds.), *Physiological ecology of harmful algal blooms*. Springer-Verlag, Heidelberg: 405-426.
- Bates, S.S., C.J. Bird, R.K. Boyd, A.S.W. De Freitas, M. Falk, R.A. Foxall, L.A. Hanic, W.D. Jamieson, A.W. McCulloch, P. Odense, M.A. Quilliam, P.G. Sim, P. Thibault, J.A. Walter & J.L.C. Wright, 1988. Investigations on the source of domoic acid responsible for the outbreak of amnesic shellfish poisoning (ASP) in eastern Prince Edward Island. *Atl. Res. Lab. Tech. Rep.* 57, NRCC 29086, 59 pp.
- Bates, S.S., C.J. Bird, A.S.W. De Freitas, R. Foxall, M. Gilgan, L.A. Hanic, G.R. Johnson, A.W. McCulloch, P. Odense, R. Pocklington, M.A. Quilliam, P.G. Sim, J.C. Smith, D.V. Subba Rao, E.C.D. Todd, J.A. Walter & J.L.C. Wright, 1989. Pennate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from Eastern Prince Edward Island, Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 1203-1215.
- Bates, S.S., A.S.W. De Freitas, J.E. Milley, R. Pocklington, M.A. Quilliam, J.C. Smith & J. Worms, 1991. Controls on domoic acid production by the diatom *Nitzschia pungens f. multiseriata* in culture: nutrients and irradiance. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 1136-1144.
- Bates, S.S., D.J. Douglas, G.J. Doucette & C. Léger, 1995. Effects of reintroducing bacteria on domoic acid production by axenic cultures of the diatom *Pseudonitzschia pungens f. multiseriata*. In Lassus, P., G. Arzul, E. Erard, P. Gentien & C. Marcaillou (eds.), *Harmful marine algal blooms*. Lavoisier, París: 401-406.
- Buck, K.R., L. Uttal-Cooke, C.H. Pilskaln, D.L. Roelke, M.C. Villac, G.A. Fryxell, L.A. Cifuentes & F.P. Chavez, 1992. Autoecology of the diatom *Pseudonitzschia australis*, a domoic acid producer, from Monterey Bay, California. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 84: 293-302.
- Cleve, P.T., 1883. Diatom collected during the expedition of the Vega. *Vega-Expeditionens Vetenskapliga*

- Iakttagelser 3: 455-517.
- Cleve, P.T., 1897 a. Report on the phytoplankton collected on the expedition of H.M.S. «Research» 1896. Fifteenth Annual Report of the Fisheries Board for Scotland 3: 296-304.
- Cleve, P.T., 1897 b. A treatise on the phytoplankton of the Atlantic and its tributaries and on the periodical changes of the plankton of Skagerrak. Upsala Nya Tidnings Aktiebolags Tryckeri, Upsala, 27pp.
- Cupp, E.E., 1937. Seasonal distribution and occurrence of marine diatoms and dinoflagellates at Scotch Cap, Alaska. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Techn. Ser. 4: 71-100.
- Cupp, E.E., 1943. Marine planktonic diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. 5 (1): 1-238.
- Davidovich, N.A. & S.S. Bates, 1998. Sexual reproduction in the Pennate diatoms *Pseudo-nitzschia multiseries* and *P. pseudodelicatissima* (Bacillariophyceae). J. Phycol. 34: 44-54.
- Dickey, R.W., G.A. Fryxell, H.R. Granade & D. Roelke, 1992. Detection of the marine toxins okadaic acid and domoic acid in shellfish and phytoplankton in the Gulf of Mexico. Toxicon 30(3): 355-359.
- Ferrario, M.E. & 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. 20: 1-327.
- Ferrario, M.E., E.A. Sar, C. Castaños & F. Hinz, 1999. Potentially toxic species of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* in Argentinian coastal waters. Nova Hedwigia 68 (1-2): 131-147.
- Forbes, J.R. & K.L. Denman, 1991. Distribution of *Nitzschia pungens* in coastal waters of British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 960-967.
- Fraga, S., M.J. Álvarez, A. Míguez, M.L. Fernández, E. Costas & V. López Rodas, 1998. *Pseudo-nitzschia* species isolated from Galician waters: toxicity, DNA content and lectin binding assay. In Reguera, B., J. Blanco, M.L. Fernandez & T. Wyatt (eds.), Harmful Algae. Xunta de Galicia and IOC of UNESCO Publishers: 270-273.
- Frenguelli J., 1939. XV Contribución al conocimiento de las diatomeas argentinas. Diatomeas del Golfo San Matías (Río Negro). Rev. Mus. La Plata (n.s.) 2, Bot.: 201-226.
- Fritz, L., M.A. Quilliam, J.L.C. Wright, A.M. Beale & T.M. Work, 1992. An outbreak of domoic acid poisoning attributed to the pennate diatom *Pseudo-nitzschia australis*. J. Phycol. 28: 439-442.
- Fryxell, G.A., S.A. Garza & D.L. Roelke, 1991. Auxospore formation in an Antarctic clone of *Nitzschia subcurvata* Hasle. Diatom Res. 6: 235-245.
- Fryxell, G.A., M.E. Reap & D.L. Valencic, 1990. *Nitzschia pungens* Grunow f. *multiseries* Hasle: observations of a known neurotoxic diatom. Nova Hedwigia, Beih. 100: 171-188.
- Fryxell, G.A., M.C. Villac & L.P. Shapiro, 1997. The occurrence of the toxic diatom genus *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) on the West Coast of the USA, 1920-1996: a review. Phycologia 36 (6): 419-437.
- Garrison, D.L., S.M. Conrad, P.P. Eilers & E.M. Waldron, 1992. Confirmation of domoic acid production by *Pseudonitzschia australis* (Bacillariophyceae) cultures. J. Phycol. 28: 604-607.
- Greuter, W., J. McNeill, F.R. Barrie, H.M. Burdet, V. Demoulin, T. S. Filgueiras, D. H. Nicholson, P. C. Silva, J. E. Skog, P. Trehane, N. J. Turland & D. L. Hawksworth, 2000. International Code of Botanical Nomenclature (St. Louis Code). Regnum Vegetabile, 131. Koeltz Scientific Books, Königstein.
- Hallegraeff, G.M., 1994. Species of the diatom genus *Pseudonitzschia* in Australian waters. Bot. Mar. 37: 397-411.
- Hargraves, P.E., J. Zhang, R. Wang & Y. Shimizu, 1993. Growth characteristics of the diatom *Pseudonitzschia pungens* and *P. fraudulenta* exposed to ultraviolet radiation. Hydrobiologia 269-270: 207-212.
- Hasle, G.R., 1964. *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes. I. Some marine species of the groups *Nitzschia* and *Lanceolatae*. Skr. Norske Vidensk.-Akad. Oslo, Mat.-Naturv. Kl. N.S. 16: 1-48.
- Hasle, G.R., 1965. *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes. II. The group *Pseudonitzschia*. Skr. Norske Vidensk.-Akad. Oslo, Mat.-Naturv. Kl. N.S. 18: 1-45.
- Hasle, G.R., 1972. The distribution of *Nitzschia seriata* and allied species. Nova Hedwigia, Beih. 39: 171-190
- Hasle, G.R., 1974. Validation of the names of some marine planktonic species of *Nitzschia* (Bacillariophyceae). Taxon 23: 425-428.
- Hasle, G.R., 1976. Examination of diatom type material: *Nitzschia delicatissima* Cleve, *Thalassiosira minuscula* Krasske and *Cyclotella nana* Hustedt. Br. Phycol. J. 11: 101-110.
- Hasle, G.R., 1993. Nomenclatural notes on marine planktonic diatoms. The family Bacillariaceae. Nova Hedwigia, Beih. 106: 315-321.
- Hasle, G.R., 1994. *Pseudo-nitzschia* as a genus distinct from *Nitzschia* (Bacillariophyceae). J. Phycol. 30: 1036-1039.
- Hasle, G.R., 1995. *Pseudo-nitzschia pungens* and *P. multiseries* (Bacillariophyceae): nomenclatural history, morphology and distribution. J. Phycol. 31: 428-435.
- Hasle, G.R. & G.A. Fryxell, 1995. Taxonomy of Diatoms. In Hallegraeff, G.M., D.M. Anderson & A.D. Cembella (eds.), Manual of Harmful Marine Microalgae. IOC Manuals and Guides 33. UNESCO: 339-364.
- Hasle, G.R. & L.K. Medlin, 1990. Family Bacillariaceae: the genus *Nitzschia* section *Pseudonitzschia*. In Medlin,

- L.K. & J. Priddle (eds.), Polar marine diatoms. British Antarctic Survey, Natural Environment Research Council, Cambridge: 169-176.
- Hasle, G.R. & E.E. Syvertsen, 1997. Marine Diatoms. In Tomas, C.R. (ed.), Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, San Diego, California: 5-385.
- Hasle, G.R., C.B. Lange & E.E. Syvertsen, 1996. A review of *Pseudo-nitzschia*, with special reference to the Skagerrak, North Atlantic, and adjacent waters. Helgoländer Meeresunters. 50(2): 131-175.
- Hassall, A.H., 1845. A history of the British freshwater algae (including descriptions of the Diatomaceae and Desmidiaceae) with upwards of one hundred plates. Taylor, Walton and Maberly, London, 1: 1-462; 2, 103 pls. Second printing 1852.
- Heiden, H. & R.W. Kolbe, 1928. Die marinen Diatomeen der Deutschen Südpolar-Expedition. 1901-3. Dtsch. Südpol. Exped. 8: 447-715.
- Hernández-Becerril, D.U., 1998. Species of the planktonic diatom genus *Pseudo-nitzschia* of the Pacific coasts of Mexico. Hydrobiologia 379: 77-84.
- Horner, R.A. & J.R. Postel, 1993. Toxic diatoms in western Washington waters (U.S. West Coast). Hydrobiologia 269-270: 197-205.
- Horner, R.A., D.L. Garrison & F.G. Plumley, 1997. Harmful algal blooms and red tide problems on the U.S. West coast. Limnol. Oceanogr. 42: 1076-1088.
- Hustedt, F., 1958. Diatomeen aus der Antarktis und dem Südatlantik. Dtsch. Antarkt. Exped. 1938/39 2: 103-191
- Impellizzeri, G., S. Mangiafico, G. Oriente, M. Piattelli, S. Sciuto, E. Fattorusso, S. Magno, C. Santacroce & D. Sica, 1975. Constituents of red algae. I. Amino acid and low-molecular-weight carbohydrates of some marine red algae. Phytochemistry 14: 1549-1557.
- Kotaki, Y., K. Koike, M. Yoshida, C-V. Thuoc, N.T. Minh Huyen, N.C. Hoi, Y. Fukuyo & M. Kodama. 2000. Domoic acid production in *Nitzschia* sp. (Bacillariophyceae) isolated from a shrimp-culture pond in Do Son, Vietnam. J. Phycol. 36(6): 1057-1060.
- Lange, C.B., F.M.H. Reid & M. Vernet, 1994. Temporal distribution of the potentially toxic diatom *Pseudo-nitzschia australis* at a coastal site in Southern California. Mar. Ecol. Prog. Ser. 104(3): 309-312.
- Lewis, N.I., S.S. Bates, J.L. McLachlan & J.C. Smith, 1993. Temperature effects on growth, domoic acid production, and morphology of the diatom *Nitzschia pungens* f. *multiseriis*. In Smayda, T.J. & Y. Shimizu (eds.), Phytoplankton blooms in the sea. Elsevier, New York: 601-606.
- Lundholm, N. & Ø. Moestrup, 2000. Morphology of the marine diatom *Nitzschia navis-varingica*, sp. nov. (Bacillariophyceae), another producer of the neurotoxin domoic acid. J. Phycol. 36(6): 1162-1174.
- Lundholm, N., J. Skov, R. Pocklington & Ø. Moestrup, 1994. Domoic acid, the toxic amino acid responsible for amnesic shellfish poisoning, now in *Pseudonitzschia seriata* (Bacillariophyceae) in Europe. Phycologia 33(6): 475-478.
- Manhart, J.R., G.R. Fryxell, C. Villac & L.Y. Segura, 1995. *Pseudo-nitzschia pungens* and *P. multiseriis* (Bacillariophyceae): nuclear ribosomal DNS and species differences. J. Phycol. 31: 421-427.
- Mann, D.G., 1986. *Nitzschia* subgenus *Nitzschia* (Notes for a monograph of the Bacillariaceae, 2). In Ricard, M. (ed.), Proc. 8th. Int. Diat. Symp. Koeltz, Koenigstein: 215-226.
- Maranda, L., R. Wang, K. Masuda & Y. Shimizu, 1990. Investigation of the source of domoic acid in mussels. In Granéli, E., B. Sundström, L. Edler & D.M. Anderson (eds.), Toxic marine phytoplankton. Elsevier, New York: 300-304.
- Marshall, H.G. & M.S. Cohn, 1987. Phytoplankton distribution along the eastern coast of the USA. Part VI. Shelf waters between Cape Henry and Cape May. J. Plankton Res. 9: 139-149.
- Martin, J.L., K. Haya, L.E. Burridge & D.J. Wildish, 1990. *Nitzschia pseudodelicatissima*. A source of domoic acid in the Bay of Fundy, eastern Canada. Mar. Ecol. Prog. Ser. 67: 177-182.
- Martin, J.L., K. Haya & D.J. Wildish, 1993. Distribution and domoic acid content of *Nitzschia pseudodelicatissima* in the Bay of Fundy. In Smayda, T.J. & Y. Shimizu (eds.), Toxic phytoplankton blooms in the sea. Elsevier, New York: 613-618.
- Navarro, J.N., 1983. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. 7. Suborder Raphidaceae: Families Auriculaceae, Epithemiaceae, Nitzschiaceae and Surirellaceae. Bot. Mar. 26: 393-408.
- Negri, R.M. & D. Inza, 1998. Some potentially toxic species of *Pseudo-nitzschia* in the Argentine Sea (35°-39°S). In Reguera, B., J. Blanco, M.L. Fernandez & T. Wyatt (eds.), Harmful algae. Xunta de Galicia and IOC of UNESCO Publishers: 84-85.
- Odebrecht, C., M.E. Ferrario, A.M. Ciotti, D. Kitzmann & F. Hinz (2001). The distribution of *Pseudo-nitzschia* off Southern Brazil and relationships with oceanographic conditions. In Hallegraeff, G.M., S. Blackburn, R. Lewis & C. Bolch (eds.), Harmful Algal Blooms. IOC of UNESCO: 42-45.
- Parsons, M.L., C.A. Scholin, P.E. Miller, G.J. Doucette, Ch.L. Powell, G.A. Fryxell, Q. Dortch & T.M. Soniat, 1999. *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) in Louisiana coastal waters: molecular probe field trials, genetic variability, and domoic acid analyses. J. Phycol. 35: 1368-1378.
- Peragallo, H. & M. Peragallo, 1897-1908. Diatomées marines de France et des district maritimes voisins. M. J. Tempère, Micrographe-Editeur, Grez-sur-Loing, Text: 491 pp, Atlas: 137 lams.
- Proschkina-Lavrenko, A.I., 1955. Diatomplankton of the Black Sea. (In Russian). Akademiya NAUK SSSR

- Botanicheskii Institut, Moskva-Leningrad: 1-222.
- Reap, M.E., 1991. *Nitzschia pungens* Grunow f. *multiseries* Hasle: growth phase and toxicity of clonal cultures isolated from Galveston, Texas. M. Sc., Texas A & M University : 1-77.
- Rensel, J.E., 1993. Severe blood hypoxia of atlantic salmon (*Salmo salar*) exposed to the marine diatom *Chaetoceros concavicornis*. In Smayda, T.J. & Y. Shimizu (eds.), Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Elsevier, Amsterdam: 625-630.
- Rhodes, L., C. Scholin, I. Garthwaite, A. Haywood & A. Thomas, 1998. Domoic acid producing *Pseudo-nitzschia* species deduced by whole cell DNA probe-based and immunochemical assays. In Reguera, B., J. Blanco, M.L. Fernandez & T. Wyatt (eds.), Harmful algae. Xunta de Galicia and IOC of UNESCO Publishers: 274-277.
- Rhodes, L., D. White, M. Syhre & M. Atkinson, 1996. *Pseudo-nitzschia* species isolated from New Zealand coastal waters: domoic acid production *in vitro* and links with shellfish toxicity. In Yasumoto, T., Y. Oshima & Y. Fukuyo (eds.), Harmful and Toxic Algal Blooms. IOC of UNESCO: 155-158.
- Richardson, K., 1997. Harmful or exceptional phytoplankton blooms in the marine ecosystem. Adv. Mar. Biol. 31: 302-381.
- Rivera, P., 1985. Las especies del género *Nitzschia* Hassall, sección *Pseudonitzschia* (Bacillariophyceae) en las aguas marinas chilenas. Gayana Bot. 42: 9-38.
- Sala, S.E., E.A. Sar & M.E. Ferrario, 1998. Review of materials reported as containing *Amphora coffeaeformis* (Agardh) Kützing in Argentina. Diatom Res. 13 (2): 323-336.
- Sar, E.A., M.E. Ferrario & C. Castaños, 1998. Authentication of the type materials of *Pseudo-nitzschia australis* Frenguelli. Diatom Res. 13: 183-185.
- Sarno, D. & J. Dahlmann, 2000. Production of Domoic Acid in another species of *Pseudo-nitzschia*: *P. multistriata* in the Gulf of Naples (Mediterranean Sea). Harmful Algae News 21, IOC of UNESCO: 5.
- Sastre, A.V., N.H. Santinelli, J.L. Esteves & M.E. Ferrario, (2001). Aspectos ecológicos de especies de *Pseudo-nitzschia* en aguas costeras patagónicas (Argentina). In Alveal, K & T. Antezana (eds.), Sustentabilidad de la biodiversidad. Universidad de Concepción, Concepción: 217-235.
- Scholin, C., 1999. A toxic bloom of *Pseudo-nitzschia australis* in Monterey Bay, California. Harmful Algae News 18, IOC of UNESCO: 6.
- Scholin, C., F. Gulland, G.J. Doucette, S. Benson, M. Busman, F.P. Chavez, J. Cordaro, R. DeLong, A. De Vogelaere, J. Harvey, M. Haulena, K. Lefebvre, T. Lipscomb, S. Loscutoff, L.J. Lowenstine, R. Marin, P.E. Miller, W.A. McLellan, P.D.R. Moeller, C.L. Powell, T. Rowles, P. Silvagni, M. Silver, T. Spraker, V. Trainer & F.M. Van Dolah, 2000. Mortality of sea lions along the central California coast linked to a toxic diatom bloom. Nature 403: 80-83.
- Shimizu, Y., S. Gupta, K. Masuda, L. Maranda, C.K. Walker & R. Wang, 1989. Dinoflagellates and other microalgal toxins: chemistry and biochemistry. Pure Appl. Chem. 61:513-516.
- Skvortzow, B.V., 1946. Species novae et minus cognitae Algarum, Flagellatarum et Phycomicetarum. Zap. Kharbin. Obshch. Estest. Ethnogr. 2: 1-34.
- Smith, J.C., R. Cormier, J. Worms, C.J. Bird, M.A. Quilliam, R. Pocklington, R. Angus & L. Hanic, 1989. Toxic blooms of the domoic acid containing diatom *Nitzschia pungens* in the Cardigan River, Prince Edward Island, in 1988. In Granéli, E., B.G. Sundström, L. Edler & D.M. Anderson (eds.), Toxic marine phytoplankton. Elsevier, New York: 227-232.
- Smith, J.C., K. Pauley, P. Cormier, R. Angus, P. Odense, D. O'Neil, M.A. Quilliam & J. Worms, 1991. Population dynamics and toxicity of various species of *Dinophysis* and *Nitzschia* from the Southern Gull of St. Lawrence. In Gordon, D.C. (ed.), Proceeding of the Second Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Can. Tech. Rep. Fish. Aquatic Sci. 1799: 25.
- Stapleford, L.S. & R.E.H. Smith, 1996. The interactive effects of temperature and silicon limitation on the psychrophilic ice diatom *Pseudonitzschia seriata*. Polar Biol. 16: 589-594.
- Subba Rao, D.V., M.A. Quilliam & R. Pocklington, 1988. Domoic acid - a neurotoxic amino acid produced by the marine diatom *Nitzschia pungens* in culture. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 2076-2079.
- Takano, H. & K. Kuroki, 1977. Some diatoms in the Section *Pseudo-nitzschia* found in coastal waters of Japan. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 91:41-51.
- Taylor, F.J.R. & R.A. Horner, 1994. Review of the marine environment and biota of Strait of Georgia, Puget Sound and Juan de Fuca Strait. In Wilson, R.C.H., R.J. Beanish, F. Aitkens & J. Bell (eds.), Proc. BC/Washington Symp. Mar. Environm. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1948: 175-186.
- Todd, E.C.D., 1993. Domoic acid and amnesic shellfish poisoning. A review. J. Food Protect. 56(1): 69-83.
- Trainer, V.L., J.C. Wekell, R.A. Horner, C.L. Hatfield & J.E. Stein, 1998. Domoic acid production by *Pseudo-nitzschia pungens*. In Reguera, B., J. Blanco, M.L. Fernandez & T. Wyatt (eds.), Harmful algae. Xunta de Galicia and IOC of UNESCO: 337-340.
- Villac, M.C., 1996. Synecology of the genus *Pseudo-nitzschia* H. Peragallo from Monterey Bay, California, USA. PhD Thesis of Texas A & M University: 1-254.
- Villac, M.C. & G.A. Fryxell, 1998. *Pseudo-nitzschia pungens* var. *cingulata* var. nov. (Bacillariophyceae) based on field and culture observations. Phycologia 37 (4): 269-274.
- Villac, C.M. & D.R. Tenenbaum, 2001. The coastal *Pseudo-nitzschia* from the State of Rio de Janeiro, Brazil. In In

- Hallegraeff, G.M., S. Blackburn, R. Lewis & C. Bolch (eds.), Harmful Algal Blooms. IOC of UNESCO: 34-37.
- Villac, M.C., D.L. Roelke, F.P. Chavez, L.A. Cifuentes & G.A. Fryxell, 1993a. *Pseudo-nitzschia australis* Frenguelli and related species from the West coast of the U.S.A.: occurrence and domoic acid production. J. Shellfish Res. 12 (2): 457-465.
- Villac, M.C., D.L. Roelke, T.A. Villareal & G.A. Fryxell, 1993b. Comparison of two domoic acid producing diatoms: a review. Hydrobiologia 269-270: 213-224.
- Villareal, T.A., D.L. Roelke & G.A. Fryxell, 1994. Occurrence of the toxic diatom *Nitzschia pungens* f. *multiseries* in Massachusetts Bay, Massachusetts. Mar. Environm. Res. 37: 417-423.
- Vrieling, E.G., R.P.T. Koeman, C.A. Scholin, P. Scheerman, L. Peperzak, M. Veenhuis & W.W.C. Gieskes, 1996. Identification of a domoic acid-producing *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) in the Dutch Wadden Sea with electron microscopy and molecular probes. Eur. J. Phycol. 31(4): 333-340.
- Walz, P.M., D.L. Garrison, W.M. Graham, M.A. Catey, R.S. Tjeerdema & M.W. Silver, 1994. Domoic acid-producing diatom blooms in Monterey Bay, California: 1991-1993. Nat. Toxins 2 (5): 271-279.
- Wang R., L. Maranda, P.E. Hargraves & Y. Shimizu, 1993. Chemical variation of *Nitzschia pungens* as demonstrated by the co-occurrence of domoic acid and bacillariolides. In Smayda T.J. & Y. Shimizu (eds.), Toxic phytoplankton blooms in the sea. Elsevier, Amsterdam: 637-649.
- Work, T.M., B. Barr, A.M. Beale, L. Fritz, M.A. Quilliam & J.L.C. Wright, 1993. Epidemiology of domoic acid poisoning in brown pelicans (*Pelecanus occidentalis*) and Brandt's cormorants (*Phalacrocorax penicillatus*) in California. J. Zoo Wildlife Med. 24: 54-62.
- Wright, J. L.C., R.K. Boyd, A.S.W. De Freitas, M. Falk, R.A. Foxall, W.D. Jamieson, M.V. Laycock, A.W. McCulloch, A.G. McInnes, P. Odense, V.P. Pathak, M.A. Quilliam, M.A. Ragan, P.G. Sims, P. Thibault, J.A. Walter, M. Gilgan, D.J.A. Richard & D. Dewar, 1989. Identification of domoic acid, a neuroexcitatory amino acid, in toxic mussels from Eastern Prince Edward Island. Can. J. Chem. 67:481-490.
- Yoo, K.I. & J.H. Lee, 1982. Studies on the planktonic diatoms in the vicinity of Kori nuclear power plant. Bull. Korea Ocean Res. Dev. Inst. 4: 53-62.