

La familia Hemiaulaceae (Bacillariophyceae) de las aguas marinas chilenas

The family Hemiaulaceae (Bacillariophyceae) from marine Chilean waters

PATRICIO RIVERA¹, SERGIO AVARIA² & FABIOLA CRUCES¹

¹Departamento de Botánica, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile;
e-mail: privera@udec.cl

²Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Valparaíso, Casilla 5080, Reñaca, Chile

RESUMEN

La familia Hemiaulaceae comprende cuatro géneros, señalados previamente para las aguas chilenas con las siguientes especies: *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey, *Hemiaulus sinensis* Greville, *H. membranaceus* Cleve, *Climacodium biconcavum* Cleve, *Eucampia antarctica* (Castracane) Mangin, *E. cornuta* (Cleve) Grunow y *E. zodiacus* Ehrenberg. Sin embargo, el análisis con microscopía fotónica y electrónica de muestras recolectadas en aguas marinas chilenas que contenían representantes de esta familia (incluyendo la mayoría de aquellas estudiadas anteriormente por otros investigadores nacionales) reveló que (1) el género *Cerataulina* está representado por *C. pelagica*, distribuida a lo largo de la costa chilena entre Arica por el norte y el Estrecho de Magallanes por el sur, (2) el género *Eucampia* está representado por cuatro taxa: *E. zodiacus* f. *cylindrocornis* Syvertsen (señalada en trabajos anteriores como *E. zodiacus* f. *zodiacus*), *E. zodiacus* f. *recta* Rivera, Avaria & Cruces f. nov. (descrita aquí), *E. cornuta* y *E. antarctica*. Los primeros tres taxa se distribuyen en la zona central y norte de Chile, mientras que *E. antarctica* es propia de las aguas antárticas desde el Estrecho de Magallanes al sur, (3) las citas anteriores de *Hemiaulus sinensis*, *H. membranaceus* y *Climacodium biconcavum* para las aguas chilenas corresponden a determinaciones erróneas de *Eucampia zodiacus* f. *recta*, f. nov. Se entregan descripciones de los taxa encontrados y fotografías obtenidas con los microscopios fotónico y electrónicos que ilustran sus principales características morfológicas.

Palabras clave: diatomeas, Hemiaulaceae, Chile, morfología, taxonomía.

ABSTRACT

The Family Hemiaulaceae comprises four genera, all of which have been previously reported for coastal waters off Chile, and represented by the following taxa: *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey, *Hemiaulus sinensis* Greville, *H. membranaceus* Cleve, *Climacodium biconcavum* Cleve, *Eucampia antarctica* (Castracane) Mangin, *E. cornuta* (Cleve) Grunow and *E. zodiacus* Ehrenberg. However, examination with light and electron microscopy of marine samples from along the Chilean coast and the Antarctic Peninsula (including those used in earlier publications) revealed that (1) the genus *Cerataulina* is represented by *C. pelagica*, and is distributed along the Chilean coast between Arica in the north and the Magellan Strait in the south, (2) the genus *Eucampia* comprises four taxa: *E. zodiacus* f. *cylindrocornis* Syvertsen (previously reported for Chile as *E. zodiacus* f. *zodiacus*), *E. zodiacus* f. *recta* Rivera, Avaria & Cruces (described here), *E. cornuta* and *E. antarctica*. The former three taxa occur in the central and northern coast of Chile, while *E. antarctica* lives in Antarctic waters south of the Magellan Strait, (3) earlier records of *Hemiaulus membranaceus*, *H. sinensis* and *Climacodium biconcavum* in Chilean waters are misidentifications of *Eucampia zodiacus* f. *recta* f. nov. A short description is included for each taxon, and photographs provide information about the main morphological characteristics.

Key words: diatoms, Hemiaulaceae, Chile, morphology, taxonomy.

INTRODUCCIÓN

Los representantes de la familia Hemiaulaceae se caracterizan por (1) formar cadenas mediante la unión de una elevación que se presenta en

cada extremo de las valvas, (2) poseer aréolas del tipo poroide, (3) tener un proceso labiado en cada valva y (4) sus numerosos cloroplastos de reducido tamaño (Hasle & Syvertsen 1996). Comprende los géneros *Cerataulina* H. Peraga-

llo ex Schütt, *Hemiaulus* Heiberg, *Climacodium* Grunow y *Eucampia* Ehrenberg. Se diferencian fundamentalmente por las características relacionadas con las elevaciones valvares (forma, largo), con los costate ocelli presentes en sus extremos y por la forma de sus cadenas (derechas, curvadas).

De acuerdo con Rivera (1983) y Rivera et al. (1990), todos estos géneros han sido señalados previamente para las aguas chilenas con las siguientes especies: *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendeby, *Hemiaulus sinensis* Greville, *H. membranaceus* Cleve, *Climacodium biconcavum* Cleve, *Eucampia antarctica* (Castracane) Mangin, *E. cornuta* (Cleve) Grunow y *E. zodiacus* Ehrenberg. Exceptuando a *E. antarctica* que se distribuye en aguas antárticas hasta el Paso de Drake, las restantes especies son comunes en el fitoplancton marino nerítico de aguas chilenas, sin producir floraciones intensas.

En una serie de tiempo de treinta años en la Bahía de Valparaíso se han registrado en casi todos los años en concentraciones inferiores a 50.000 células L⁻¹. En cruceros oceanográficos realizados en el norte de Chile, entre Arica y Antofagasta desde 1980 hasta 1984, se registraron también con bastante frecuencia, pero tan solo una vez se detectó, frente a Iquique, una floración de *E. cornuta* que alcanzó una concentración de 259.000 células L⁻¹ (S. Avaria, resultados no publicados).

Los objetivos del presente trabajo son dar a conocer a la comunidad científica los géneros y especies pertenecientes a la familia Hemiaulaceae que están realmente presentes en las aguas marinas de Chile, describir la morfología de sus frústulos, las posibles diferencias existentes con poblaciones de otros lugares y actualizar su distribución a lo largo del área de estudio. Son muy pocos las investigaciones taxonómicas sobre diatomeas chilenas (marinas y de aguas dulces) que se llevan a cabo en nuestro país. Trabajos anteriores realizados por Rivera y colaboradores (e.g., Rivera 1981, 1985, Rivera & Koch 1984, Rivera et al. 1996, 2002, 2003) han demostrado que nuestro conocimiento sobre esa flora es muy incompleto y que algunos taxa reportados para el país por otros autores han sido erróneamente identificados, originando con ello serios problemas para los fitoplanctólogos dedicados a la biogeografía o a la ecología de estas microalgas.

En el presente estudio se analizaron numerosas muestras de fitoplancton recolectadas en el Pacífico Suroriental que contenían representantes de esta familia, incluyendo la mayoría del material utilizado con anterioridad por otros investigadores nacionales que

señalaron diversos taxa de la familia Hemiaulaceae para Chile.

Nuestros resultados revelan solamente la presencia en aguas chilenas de los géneros *Cerataulina* y *Eucampia*. Las citas anteriores de los géneros *Hemiaulus* y *Climacodium* para la zona norte y central de Chile corresponden a determinaciones erróneas de *Eucampia zodiacus* f. *recta* Rivera, Avaria & Cruces, f. nov., taxon que se describe por primera vez en este trabajo. Además, se señala por primera vez para Chile a *E. zodiacus* f. *cyliandrocornis* Syvertsen, confundida anteriormente en Chile con la forma *zodiacus* Ehr., que no fue encontrada en el material analizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material estudiado en el presente trabajo se encuentra depositado en la Colección Diatomológica de la Universidad de Concepción, Concepción, Chile (DIAT-CONC), y corresponde a muestras recolectadas a lo largo de la costa chilena y Antártica por diferentes expediciones y en distintos períodos (Tabla 1). Parte del material fue oxidado y montado en Hyrax siguiendo el método propuesto por Hasle & Fryxell (1970). DIAT-CONC M- y un número, corresponde a una muestra líquida, mientras que DIAT-CONC y un número, corresponde a una preparación permanente. El microscopio fotónico utilizado fue un Zeiss Fotomicroscopio III. Las observaciones con microscopía electrónica se hicieron en un microscopio de barrido ETEC-Autoscan U-1 y en uno de transmisión JEOL-1200 Ex, pertenecientes al Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad de Concepción. Las medidas morfológicas de cada taxon se presentan en la Tabla 2. La terminología adoptada en este trabajo corresponde a la propuesta por Ross et al. (1979) y por Hasle & Syvertsen (1996).

RESULTADOS

Género Cerataulina H. Peragallo ex Schütt 1896

Células cilíndricas, con numerosos cloroplastos, unidas en cadenas mediante una corta elevación que existe en cada uno de los polos de la valva y que lleva una prolongación aliforme de largo variable. Valvas circulares a subcirculares, presentando un proceso labiado distintamente ubicado según las especies. Cada una de las elevaciones valvares termina en un costate ocellus provisto de costillas paralelas.

TABLA 1

Muestras analizadas. (*) Analizadas previamente por los autores señalados
 Samples examined. (*) Previously examined by the cited authors

Número	Fecha	Localización	Observaciones
DIAT-CONC M- 773	18 Agosto 1972	Mar Chile 18°20' S, 74°16' O	
DIAT-CONC M- 3199	Mayo 1981	Bahía de Iquique Aprox. 20°12' S, 70°10' O	Colector: S. Avaria
DIAT-CONC M- 853	10 Diciembre 1963	Bahía de Valparaíso 33°02' S, 71°38' O	Colector: S. Avaria
DIAT-CONC M- 2433	1977	Bahía de Valparaíso 33°02' S, 71°38' O	Colector: S. Avaria
DIAT-CONC M- 2419	24 Octubre 1977	Bahía de Valparaíso 33°02' S, 71°38' O	Colector: S. Avaria *Alvial & Avaria (1982)
DIAT-CONC M- 2420	4 Julio 1979	Bahía de Valparaíso 33°02' S, 71°38' O	Colector: S. Avaria *Avaria & Muñoz (1982)
DIAT-CONC M- 3189	11 Noviembre 1998	Bahía de Valparaíso 33°02' S, 71°38' O	Colector: S. Avaria
DIAT-CONC M- 3188	4 Enero 1989	Bahía de Valparaíso 33°02' S, 71°38' O	Colector: S. Avaria
DIAT-CONC M- 2093	9 Febrero 1985	Bahía de Coliumo 36°32' S, 72°57' O	
DIAT-CONC M- 2263	23 Abril 1966	Bahía de Concepción, Caleta Leandro, Tumbes 36°40' S, 73°07' O	Colector: J. Hermosilla *Rivera (1969)
DIAT-CONC M- 207	15 Octubre 1970	Bahía de Concepción 36°42' S, 73°02' O	Colector: D. Arcos
DIAT-CONC M- 871	4 Diciembre 1965	Bahía de Concepción 36°42' S, 73°02' O	Colector: P. Rivera *Rivera (1969)
DIAT-CONC M- 1054	21 Noviembre 1965	Bahía de Concepción 36°42' S, 73°02' O	Col. P. Rivera *Rivera (1969)
DIAT-CONC M- 2199	4 Diciembre 1965	Bahía de Concepción, El Morro, Talcahuano, 36°42' S, 73°02' O	Colector: J. Hermosilla *Rivera (1969)
DIAT-CONC M- 4	15 Octubre 1970	Estero Lenga 36°46' S, 73°11' O	Colector: P. Rivera *Rivera et al. (1973)
DIAT-CONC M- 1356	22 Noviembre 1978	38°00' S, 73°50' O	Colector: P. Rivera
DIAT-CONC 2734	Diciembre 1982	Bahía de Corral 39°52' S, 73°25' O	Colector: J.C. Uribe
DIAT-CONC M- 459	15 Enero 1972	Bahía Foster 62°58'2'' S, 60°42'1'' O	Antártica
DIAT-CONC M- 524	19 Enero 1973	Bahía Andvord 64°51'00'' S, 62°37'09'' O	Antártica

Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey, p. 279 (1937), Fig. 1.

Referencias: Hasle & Syvertsen (1980, 1996), Takano (1990).

Material estudiado: DIAT-CONC M- 4, 207, 853, 2199, 2734.

Células cilíndricas, 12-48 μm de diámetro y 23-60 μm de largo, unidas en cadenas levemente giradas respecto al eje pervalvar, dejando una separación muy pequeña entre dos valvas adyacentes (Fig. 1A, 1B). Cingulum formado por bandas abiertas, iguales entre sí, provistas de lígula y antilígula en posición opuesta (Fig. 1K), con líneas verticales de poros, 4-6 en 1 μm (Fig. 1L). Un área no perforada se presenta en el lado advalvar y a lo largo de todas las bandas (Fig. 1K, 1L). Valvas circulares a subcirculares, llevando un proceso labiado en posición central o subcentral (Fig. 1C, 1D, 1F, 1H). Proceso labiado alargado, rodeado de un área hialina no perforada, orientado hacia los costate ocelli (Fig. 1E, 1H, 1I) o perpendicular a esa dirección (Fig. 1D, 1F) y levemente elevado sobre la cara externa de la valva (Fig. 1F, 1I). Aréolas de contorno cuadrangular (Fig. 1J), formando estrías orientadas radialmente hacia el proceso labiado (Fig. 1H, 1I), 17-26 en 10 μm sobre la cara valvar y algo más numerosas, 30-33 en 10 μm en el manto valvar. Cada costate ocellus está provisto de una corta expansión aliforme, que se introduce en una depresión existente en la valva adyacente (Fig. 1E-1G, 1I).

Distribución: especie cosmopolita, señalada para la costa chilena entre Arica (18°28' S) y el Estrecho de Magallanes (aproximadamente 53°00' S) (Rivera 1983, Rivera et al. 1990, Vera et al. 1996, Avaria et al. 1997).

Género *Eucampia* Ehrenberg 1841

Células con numerosos cloroplastos, unidas en cadenas mediante una elevación de la valva que se encuentra en cada uno de sus extremos; cadenas rectas o helicoidalmente curvadas en vista conectival ancha. Elevaciones valvares largas o cortas, truncadas, dejando siempre una notoria separación entre dos valvas adyacentes, y llevando en su extremo un costate ocellus con las costillas orientadas en forma radial, paralelas o paralelas al centro y radiales en los extremos. Valvas lanceoladas a elípticas, con un proceso labiado de posición central o marginal según las especies, no prolongado hacia el exterior. En el Anexo 1 se entrega una clave para separar las especies de *Eucampia* encontradas en el material estudiado.

Eucampia antarctica (Castracane) Mangin p. 480 (1914), Fig. 2.

Sinónimo: *Eucampia balaustium* Castracane, p. 97 (1886).

Referencias: Ross et al. (1977), Syvertsen & Hasle (1983), Fryxell (1989), Fryxell et al. (1989), Fryxell & Prasad (1990), Hasle & Syvertsen (1996).

Material estudiado: DIAT-CONC M- 459, 524.

Aunque la mayor parte del material analizado estaba constituido por células aisladas, también fueron observadas algunas cadenas cortas de 2-3 células, derechas en vista conectival ancha (Fig. 2A), pero levemente arqueadas en vista conectival angosta. Cada cingulum está formado por 5-12 bandas abiertas provistas de líneas de poros un tanto alargados (Fig. 2F, 2G), 24-33 en 10 μm ; un área no perforada se presenta en el lado advalvar de cada banda, separando los primeros 4-5 poros de cada línea (Fig. 2F, 2I). Valvas elípticas (Fig. 2B, 2C), 36-90 μm de largo, con elevaciones valvares relativamente anchas, truncadas (Fig. 2A), cada una provista de un costate ocellus con costillas paralelas, rodeado de un área hialina no siempre bien nítida (Fig. 2H, 2K). En vista conectival ancha, las valvas son planas o levemente convexas. Un proceso labiado, carente de prolongación externa, se sitúa 2-3 aréolas separado del margen valvar (Fig. 2C-2E). Aréolas rectangulares y/o angulares (Fig. 2C, 2H, 2J, 2K), 5-9 en 10 μm , orientadas hacia el proceso labiado.

Distribución: taxón propio de aguas antárticas, señalada por Meyer (1966) para el Paso de Drake.

Eucampia zodiacus Ehrenberg f. *cylindrocornis* Syvertsen, p. 173 (1983). Fig. 3.

Referencias: Syvertsen & Hasle (1983), Hasle & Syvertsen (1996).

Material estudiado: DIAT-CONC M- 773, 871, 2199, 2734.

Células cilíndricas, unidas en cadenas curvadas en vista conectival ancha (Fig. 3A). Cingulum formado por numerosas bandas abiertas, provistas de líneas paralelas de poros redondeados, 35-60 en 10 μm ; un área no perforada se presenta en la parte central de cada banda (Fig. 3F). Valvas elípticas, eje apical 23-37 μm , con elevaciones relativamente largas (7-9 μm), subcilíndricas (Fig. 3B, 3C); cara valvar levemente cóncava en vista conectival ancha, dejando aberturas más o menos rectangulares entre las células (Fig. 3C). Aréolas 10-14 en 10 μm , cuadrangulares a rectangulares, dispuestas en líneas radiales a partir de un proceso labiado central carente de prolongación externa (Fig. 3D). Costate ocellus ovalado (Fig. 3D) y pro-

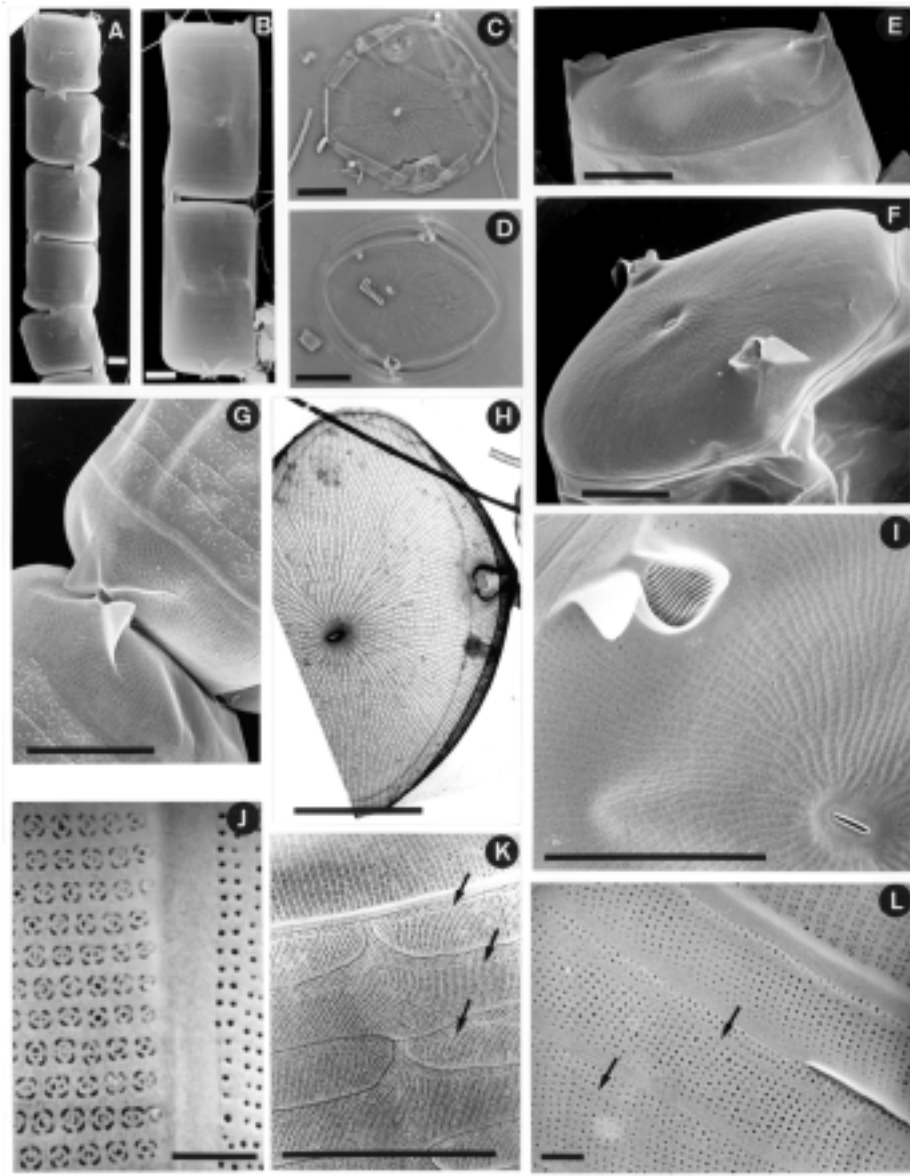


Fig. 1: Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey. (A, B, E-G, I-L) MEB; (C, D) ML; (H) MET. Escala: 10 μm (A-I, K), 1 μm (J, L). (A) cadena de 6 células, note la torsión de las thecas; (B) dos células adyacentes de una cadena con una pequeña separación entre las dos valvas; (C, D) contorno valvar, proceso labiado subcentral, procesos marginales; (E, F) disposición de las aréolas, costate ocelli marginales y orientación diferente del proceso labiado; (G) dos valvas adyacentes y estructuras aliformes de los costate ocelli; (H) vista interna de una valva, proceso labiado orientado hacia el costate ocellus y aréolas radiales; (I) costate ocellus con expansión aliforme y costillas paralelas, vista exterior del proceso labiado; (J) margen valvar y primera banda del cingulum, note la forma cuadrangular de las aréolas y la cribra; (K, L) parte del cingulum, bandas abiertas con lígula (arriba) y antilígula (abajo), note área no perforada por poroides hacia el lado advalvar (flechas).

Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey. (A, B, E-G, I-L) SEM; (C, D) LM; (H) TEM. Scale: 10 μm (A-I, K), 1 μm (J, L). (A) chain of six cells, note the torsion of the thecas; (B) two adjacent cells of a chain with a short distance between the two valves; (C, D) shape of valves, subcentral labiate process, marginal processes; (E, F) areolae array, marginal costate ocelli, and orientation of labiate process; (G) two adjacent valves and costate ocelli with wing-like prolongation; (H) internal view of a single valve, labiate process oriented to the costate ocellus and radial areolae; (I) costate ocellus with a wing-like prolongation and parallel costae, external view of the labiate process; (J) valve margin and first band of the cingulum, notice the square shape of the areolae and the cribra; (K, L) part of a cingulum, open bands with ligula (top) and antiligula (bottom), note a non-perforated area toward the advalvar side of each band (arrows).

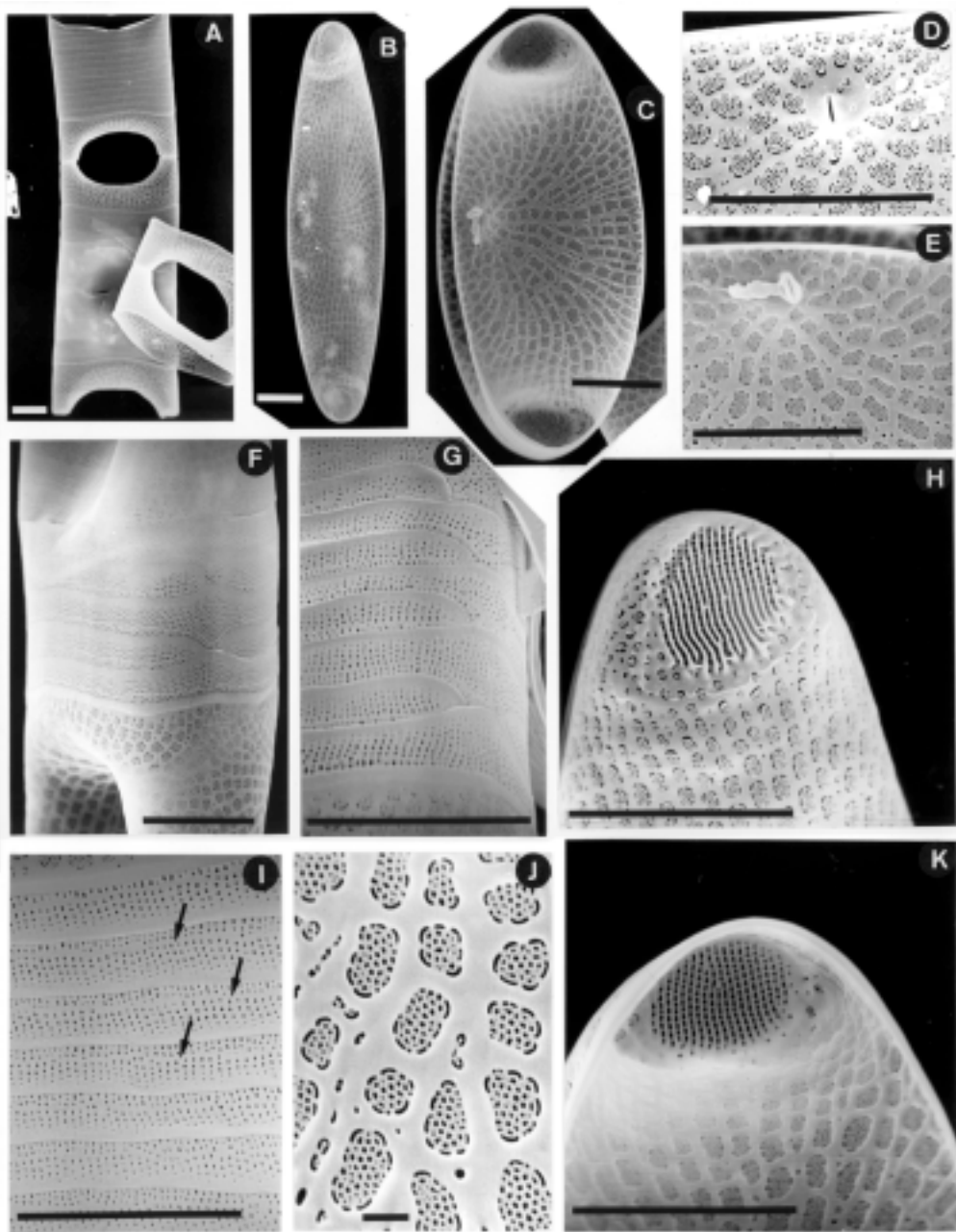


Fig. 2: Eucampia antarctica (Castracane) Mangin. MEB. Escala: 10 μm (A-I, K), 1 μm (J). (A) cadena derecha, corta, vista conectival ancha; (B, C) valvas en vista externa e interna, aréolas orientadas hacia el proceso labiado marginal; (D) abertura externa del proceso labiado; (E) proceso labiado, vista interna, separado 2-3 aréolas del margen valvar; (F, G) bandas abiertas del cingulum, con lígula y antilígula; (H) vista externa del costate ocellus, anillo hialino no bien definido; (I) parte del cingulum, note los poros alargados de las bandas y el área no perforada hacia el lado advalvar (flechas); (J) aréolas sobre la cara valvar; (K) vista interna del costate ocellus provisto de un anillo hialino.

Eucampia antarctica (Castracane) Mangin. SEM. Scale: 10 μm (A-I, K), 1 μm (J). (A) short, straight chain, broad girdle view; (B, C) external and internal views of valves, areola array oriented towards marginal labiate process; (D) external opening of labiate process; (E) labiate process, internal view, 2-3 areolae away from valve margin; (F, G) open bands of cingulum with ligula and antiligula; (H) external view of costate ocellus, hyaline ring not clear; (I) part of cingulum, notice the elongated pores of bands and the non-perforated area to the advalvar side (arrows); (J) areolae on valve face; (K) inside view of costate ocellus with a hyaline marginal ring.

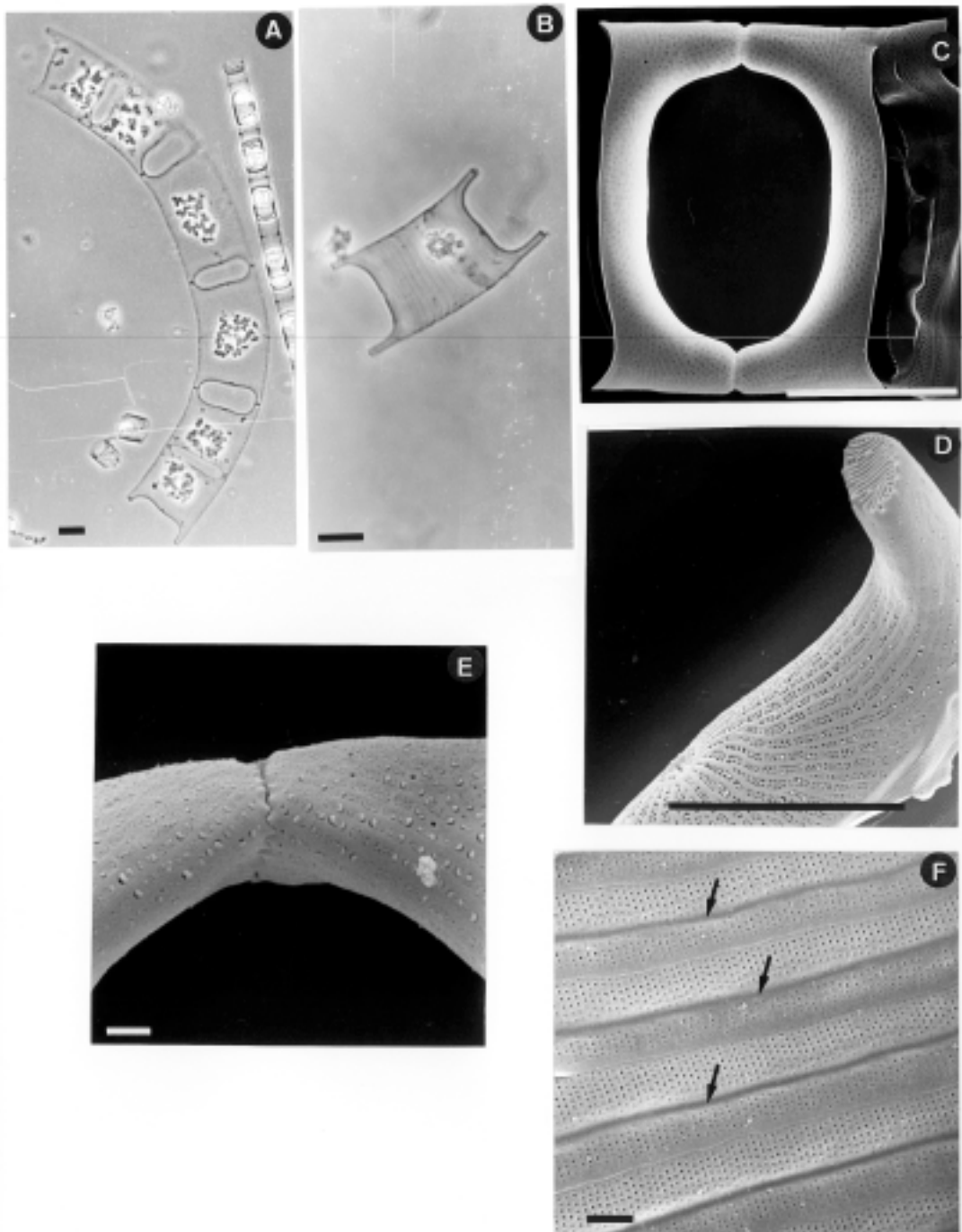


Fig. 3: Eucampia zodiacus Ehr. f. *cylindrocornis* Syvertsen. (A, B) ML, (C-F) MEB. Escala: 10 μ m (A-D), 1 μ m (E, F). (A) células curvadas en vista conectival ancha; (B) célula solitaria, note las largas elevaciones en los polos; (C) valvas típicas en vista conectival ancha; (D) abertura externa del proceso labiado central, orientación de las aréolas y costate ocellus oval con costillas paralelas en el centro pero curvadas en los extremos; (E) dientes marginales de los costate ocelli; (F) parte del cingulum, note un área no perforada en el centro de cada banda (flechas).

Eucampia zodiacus Ehr. f. *cylindrocornis* Syvertsen. (A, B) LM, (C-F) SEM. Scale: 10 μ m (A-D), 1 μ m (E, F). (A) cells curved in broad girdle view; (B) single cell, note the long horns at the poles; (C) typical valves in broad girdle view; (D) external opening of central labiate process, areola array and oval costate ocellus with parallel ribs at the center but curved at the ends; (E) marginal teeth of costate ocelli; (F) part of girdle, note a non-perforated area at the center of each band (arrows).

visto de pequeñas espinas o prolongaciones marginales (Fig. 3E), con costillas paralelas en la parte central y luego curvadas cerca de los extremos (Fig. 3D).

Distribución: este taxón, que no había sido señalado anteriormente para la costa chilena, se distribuye entre Arica (18°28'S) y la Bahía de Corral (39°52'S).

Eucampia zodiacus Ehrenberg f. *recta* Rivera, Avaria & Cruces f. nov., Fig. 4.

Diferens forma *zodiacus* per colonias facie connectivali visae rectae et per minorem longitudinem valvarum (18-39 µm).

Holotypus: Lamina DIAT-CONC 172.

Localidad tipo: Bahía de Concepción, Caleda El Morro, Talcahuano, 04.12.1965, M-71, Chile, DIAT-CONC M- 2199.

Material estudiado: DIAT-CONC M- 871, 1054, 2199, 2093, 2263, 2419, 2420, 2734, 3188, 3199.

Células cilíndricas, unidas en cadenas derechas en vista conectival ancha, pero levemente giradas respecto al eje perivalvar (Fig. 4A, 4B). Cingulum formado por bandas abiertas (Fig. 4H, 4I), 4-10 en cada teca, con líneas paralelas de poros redondeados o algo alargados (Fig. 4I, 4J), 32-43 en 10 µm; un área no perforada se presenta hacia el lado advalvar de cada banda (Fig. 4J). Valvas elípticas a lanceoladas (Fig. 4D), 18-39 µm de largo, con sus elevaciones polares cortas (2,5-6 µm) y cónicas en vista conectival ancha (Fig. 4A-4D, 4F, 4H), dejando aberturas elípticas a angular-elípticas entre dos células adyacentes (Fig. 4A, 4B, 4H). Aréolas de contorno cuadrangular (Fig. 4E, 4F, 4J), 14-20 en 10 µm, dispuestas en líneas radiales a partir del proceso labiado que se ubica en una pequeña depresión en el centro de la valva (Fig. 4C, 4D); proceso labiado no prolongado hacia el exterior, pero bastante prominente hacia el interior (Fig. 4G). Costate ocelli ovalados a subcirculares, sin espinas marginales, provistos de costillas radiales que dejan una pequeña área central no perforada (Fig. 4D-4F). Difiere de la forma *zodiacus* por sus cadenas derechas en vista conectival ancha y por la menor longitud de las valvas.

Distribución: fue encontrada en muestras recolectadas entre Iquique (aprox. 20°12'S) y la Bahía de Corral (39°52' S). Fue señalada como *Climacodium biconcavum* Cleve para la Bahía de Concepción por Rivera (1969).

Eucampia cornuta (Cleve) Grunow in Van Heurck Lám. 95bis, fig. 5 (1883), Fig 5.

Referencias: Syvertsen & Hasle (1983), Hasle & Syvertsen (1996).

Material estudiado: DIAT-CONC M- 1356, 2420, 2433, 3189, 3199. Células dos o más veces más largas que anchas, unidas en cadenas curvadas en vista conectival ancha (hasta cuatro células unidas fueron observadas, aunque la gran mayoría correspondió a células solitarias) (Fig. 5A-5C). Cada cingulum está formado por 8-11 bandas en el material analizado (Fig. 5B, 5C), cada una provista de líneas paralelas de poros de contorno más o menos cuadrangular (Fig. 5G, 5I, 5J), 44-51 en 10 µm; un área no perforada se sitúa un poco más cerca del lado advalvar de cada banda (Fig. 5I, 5J). Valvas elípticas, 13-29 µm de largo, con elevaciones largas y angostas (11-18 µm) que dejan una gran abertura elíptica entre dos valvas adyacentes (Fig. 5A-5E). Aréolas rectangulares, dispuestas en líneas radiales a partir del proceso labiado central (Fig. 5E), 11-15 en 10 µm sobre la cara valvar pero más numerosas en las elevaciones valvares. Proceso labiado ubicado en una pequeña depresión de la valva, sin tubo externo (Fig. 5E), pero bastante prolongado hacia el lado interior (Fig. 5G, 5H). Costate ocelli provistos de costillas paralelas, apicalmente orientadas, y terminando en el margen en estructuras a modo de espinas o dientes (Fig. 5E, 5F).

Distribución: había sido señalada desde los 18°28' S hasta la Bahía de Concepción -36°42' S (Rivera 1983, Rivera et al. 1990). El presente estudio extiende su área de distribución hasta los 38°00' S.

DISCUSIÓN

Sobre la base de las características de las cadenas, los dos géneros de la familia Hemiaulaceae presentes en aguas chilenas son fáciles de reconocer, incluso en muestras líquidas y utilizando microscopía fotónica. En *Cerataulina* estas son derechas, pero levemente giradas respecto al eje perivalvar, y las valvas presentan elevaciones muy cortas, provistas de una expansión aliforme, de modo que la distancia entre dos valvas adyacentes en un filamento es muy pequeña. Por el contrario, en el género *Eucampia*, las elevaciones valvares son mucho más largas, dejando siempre una gran abertura entre dos valvas adyacentes. Además, las cadenas pueden ser rectas o curvadas en vista conectival ancha.

Cerataulina pelagica, especie cosmopolita y el único taxón de este género encontrado hasta el presente en aguas chilenas, se diferencia de las otras dos especies válidamente descritas, *C. dentata* Hasle y *C. bicornis* (Ehrenberg) Hasle (Hasle & Syvertsen 1996), por presentar el proceso labiado en posición central o subcentral,

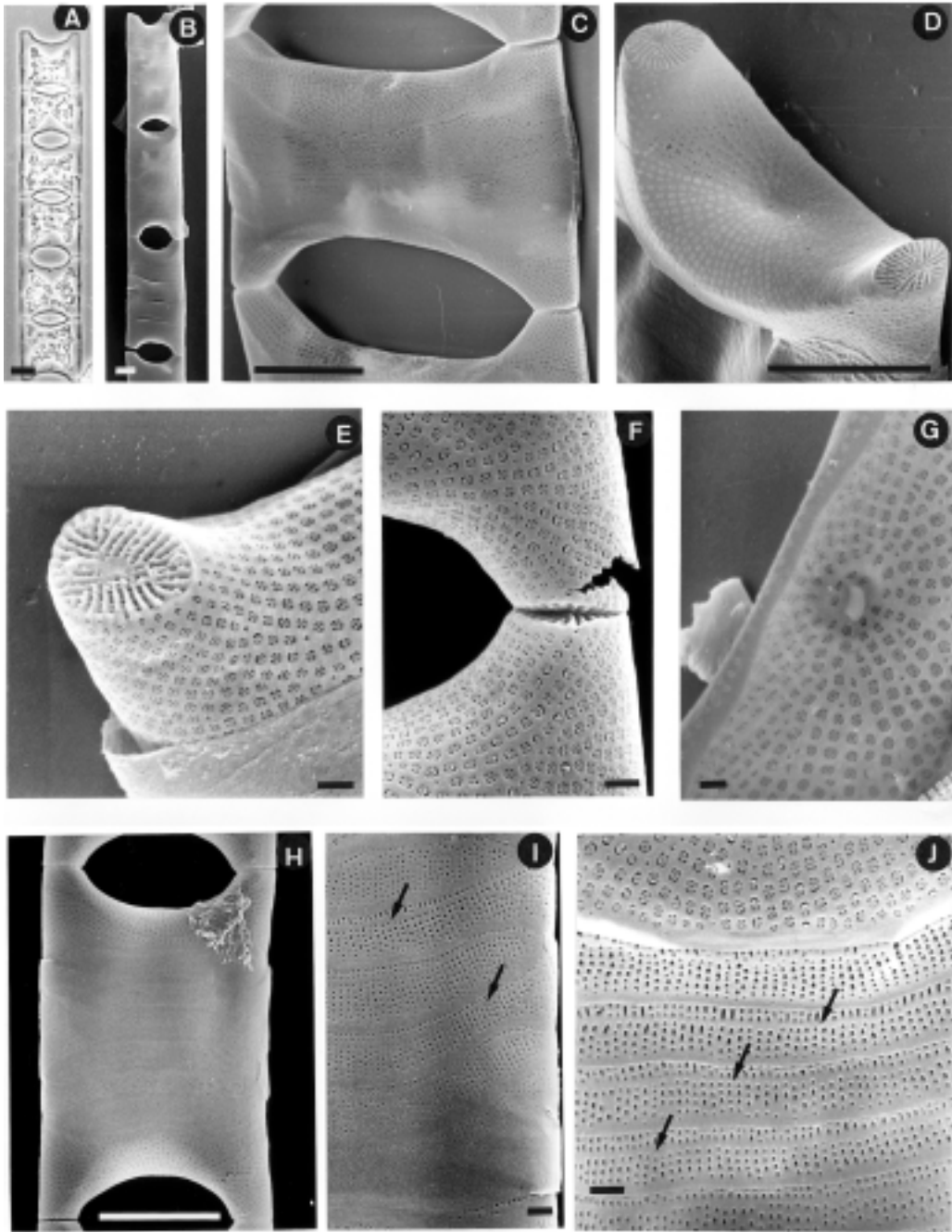


Fig. 4: Eucampia zodiacus Ehr. f. *recta* f. nov. (A) ML, (B-J) MEB. Escala: 10 μm (A-D, H), 1 μm (E-G, I, J). (A, B) típicas cadenas derechas en vista conectival ancha; (C, D) proceso labiado central, orientación de las aréolas y costate ocellus; (E, F) costate ocelli con costillas radiales y pequeña área central, aréolas de contorno cuadrangular; (G) vista interna del proceso labiado; (H) típica célula en vista conectival ancha, note las cortas y anchas elevaciones valvares y las aberturas elípticas; (I, J) cingula: note los poros redondeados o alargados de las bandas y el área no perforada hacia el lado advalvar (flechas).

Eucampia zodiacus Ehr. f. *recta* f. nov. (A) LM, (B-J) SEM. Scale: 10 μm (A-D, H), 1 μm (E-G, I, J). (A, B) typical straight chains in broad girdle view; (C, D) central labiate process, areolae array and costate ocellus; (E, F) costate ocelli with radial ribs and small central area, areolae square in outline; (G) internal view of labiate process; (H) typical cell in broad girdle view, note short and broad horns at the poles and elliptical apertures; (I, J) cingula: note the round or elongated pores of the bands and the non-perforated area toward the advalvar side (arrows).

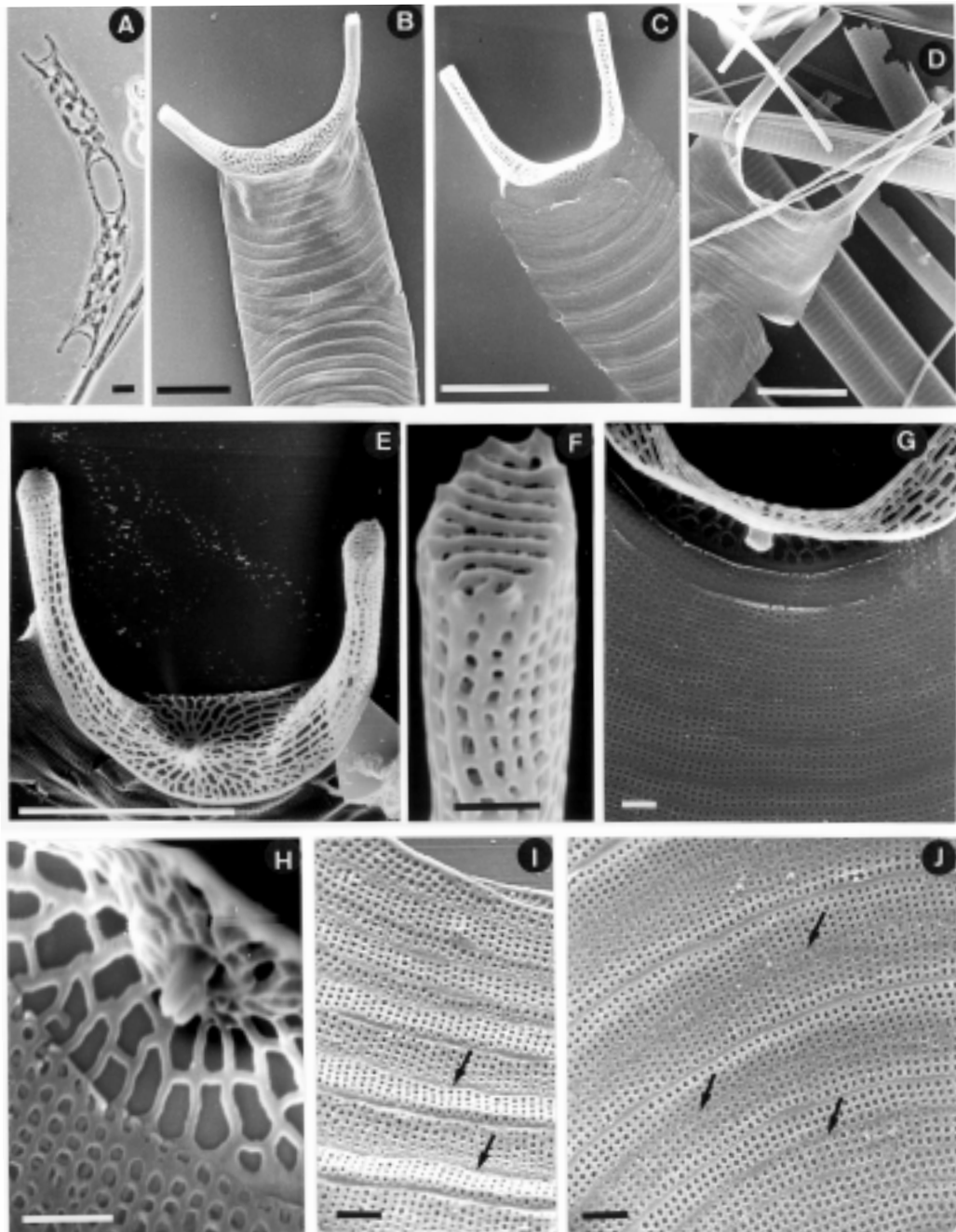


Fig. 5: Eucampia cornuta (Cleve) Grunow. (A) ML, (B-J) MEB. Escala: 10 μ m (A-E), 1 μ m (F-J). (A) típica cadena en vista conectival ancha, células con eje pervalvar y elevaciones valvares largas; (B-D) parte de células en vista conectival ancha mostrando las largas y angostas elevaciones valvares y las numerosas bandas del cingulum; (E) aréolas rectangulares orientadas hacia el proceso labiado central y largas elevaciones valvares con costate ocelli; (F) costate ocellus con costillas paralelas; (G, H) proceso labiado hacia el interior de la valva; (I, J) parte del cingulum con bandas perforadas por poros cuadrangulares, un área no perforada se ubica hacia el lado advalvar (flechas).

Eucampia cornuta (Cleve) Grunow. (A) LM, (B-J) SEM. Scale: 10 μ m (A-E), 1 μ m (F-J). (A) typical curved chain in broad girdle view, cells with long pervalvar axis and horns; (B-D) part of cells in broad girdle view showing long and narrow horns and numerous bands of the cingulum; (E) rectangular areolae oriented towards the central labiate process, and long horns with costate ocelli; (F) costate ocellus with parallel ribs; (G, H) labiate process on inside of valve; (I, J) parts of cingulum, arrows point to the non-perforated area toward the advalvar side.

TABLA 2
 Información morfométrica de las especies de la Familia Hemiaulaceae en aguas marinas chilenas
 Morphometric data of Species of the family Hemiaulaceae in marine Chilean waters

	Eje apical o diámetro (µm)	Aréolas o estrías valva (10 µm)	Poroides en bandas (10 µm)	Forma aréolas cara valvar	Forma de las cadenas	Aberturas entre células	Elevaciones valvares	Costate ocellus	Posición proceso labiado
<i>Cerataulina pelagica</i>	29-48 diámetro	17-27 estrías	38-58	Cuadrangular	Rectas, giradas eje perivalvar	Angosta	Cortas, con una	Costillas paralelas extensión aliforme	Central o subcentral
<i>Eucampia antarctica</i>	33-90	5-9	24-33	Rectangular	Rectas	Hexagonales	Cortas y anchas	Costillas paralelas	Submarginal
<i>Eucampia cornuta</i>	13-30	11-12	45-51	Rectangular	Curvadas	Elípticas	Muy largas y angostas	Costillas paralelas	Central
<i>Eucampia zodiacus</i> f. <i>cylindrocornis</i>	25-38	10-14	35-60	Rectangular	Curvadas	Rectangulares	Largas, angostas	Costillas centrales paralelas, curvadas en extremos	Central
<i>Eucampia zodiacus</i> f. <i>recta</i> f.	18-45	14-18	32-40	Cuadrangular	Rectas, giradas eje perivalvar	Elípticas	Cortas y anchas	Costillas radiales	Central

característica que también puede ser observada cuando se emplea microscopía fotónica. Otras diferencias relacionadas con la orientación de las estrías sobre la cara valvar, o inherentes a las elevaciones valvares, solamente pueden ser visualizadas con exactitud al emplearse técnicas de microscopía electrónica. La información morfométrica obtenida del material chileno coincide plenamente con la encontrada en la literatura para esta especie, con excepción del número de poros en las bandas que es algo menor que el señalado por Hasle & Syvertsen (1980).

Eucampia antarctica es la única especie del género que presenta el proceso labiado en posición submarginal, característica también visible con microscopía fotónica. Además, la gran silicificación de sus células constituye otra gran diferencia con las restantes especies del género. Como el material estudiado de esta especie fue recolectado hace casi tres décadas, la gran mayoría de las células observadas no estaban unidas en cadenas; sin embargo, algunas cadenas rectas, formadas por dos a tres células, pudieron ser observadas incluso con microscopía electrónica. Este hecho nos hizo ver que nuestras células no correspondían plenamente con *E. antarctica* var. *antarctica*, que presenta cadenas curvadas en vista conectival ancha. En 1990 Fryxell & Prasad describieron la variedad *recta*, caracterizada principalmente por sus colonias derechas en vista conectival ancha, pero algo arqueadas en vista conectival angosta, coincidiendo así plenamente con nuestro material. Otras características de nuestro material que corresponden bien con aquellas de la var. *recta* son el gran tamaño del eje apical (hasta 90 μm , y solamente 20-40 μm en la var. *antarctica*), el mayor número de aréolas (rectangulares a angulares) en la cara valvar de las células vegetativas (hasta 9 en 10 μm , y 5-6 en 10 μm en la var. *antarctica*), y la posición del proceso labiado situado a 2-3 aréolas del margen valvar. Sin embargo, características del costate ocellus presentes en cada una de las elevaciones valvares no parecen corresponder con aquellas presentes en las células vegetativas de la var. *recta*. Efectivamente, en esta última variedad el costate ocellus está rodeado de un notorio anillo hialino, no perforado, sin espinas, que no parece existir en algunas células de nuestro material (Fig. 2B, 2H) y su reconocimiento en vistas internas de otras células no es lo suficientemente claro (Fig. 2C, 2K). Sobre la base de lo anteriormente expuesto no podemos definir con precisión la variedad de *E. antarctica* presente en nuestro material, aunque pensamos que es más cercana a la var. *recta*. De igual forma, la escasa información morfológica entregada por

Meyer (1966) sobre el material recolectado en el Paso de Drake, y el no haber podido disponer de esas muestras para nuestro propio análisis, impiden precisar a qué variedad de *E. antarctica* corresponde. No se encontraron esporas de reposo en el material estudiado de esta especie, aunque Hoban et al. (1980) y Syvertsen & Hasle (1983) demostraron que tiene la capacidad de producir las y describieron sus características morfológicas.

En este trabajo se señala por primera vez para las aguas chilenas a *Eucampia zodiacus* f. *cyliandrocornis*, taxón que se diferencia de la forma típica por el contorno y largo de las elevaciones valvares que son cilíndricas, más largas y delgadas, y por poseer costate ocelli con costillas paralelas en el centro pero curvadas en los extremos. La forma *zodiacus* también presenta cadenas curvadas en vista conectival ancha, pero sus elevaciones valvares son cortas y cónicas, y el costate ocellus lleva costillas radialmente orientadas (Syvertsen & Hasle 1983). Hasta la fecha, *E. zodiacus* f. *cyliandrocornis* fue confundida en Chile con la forma *zodiacus* (Rivera 1969), la cual no fue encontrada en el material analizado en este estudio. Sus características morfométricas coinciden plenamente con la descripción entregada por Syvertsen para este taxón, con excepción de que a veces existe un mayor número de poros en las bandas del cingulum (35-60 en 10 μm en lugar de 32-38).

Eucampia zodiacus f. *recta* f. nov. se distingue de las restantes formas de la especie por sus cadenas rectas, largas, levemente giradas con respecto al eje principal de las mismas, y por el contorno cuadrangular de las aréolas presentes sobre la cara valvar. Cada costate ocellus lleva costillas radialmente orientadas, como los de la f. *zodiacus*, con la diferencia que el área central del ocellus es de un tamaño notoriamente menor. Además, en la f. *zodiacus*, el tamaño del eje apical de las células puede alcanzar hasta los 80 μm , no sobrepasando los 45 μm en la f. *recta* f. nov. Aunque *Eucampia groenlandica* Cleve también puede presentarse formando cadenas rectas, y a veces giradas helicoidalmente, se diferencia de *E. zodiacus* f. *recta* f. nov. por presentar costate ocelli con costillas ordenadas en forma paralela, y por sus células muy poco silicificadas. Por otra parte, se sabe actualmente que la distribución geográfica de *E. groenlandica* está limitada a las aguas frías del Hemisferio Norte (Hasle & Syvertsen 1996).

Eucampia cornuta es fácil de reconocer por sus largas y angostas elevaciones valvares, por la gran longitud del eje pervalvar respecto al eje apical, y por sus cadenas curvadas en vista

conectival ancha. El número de poros encontrados en las bandas del material chileno (44-51 en 10 μm) es superior al señalado por Syvertsen & Hasle (1983) para esta especie (26-31). En esa misma publicación, Syvertsen & Hasle (1983) señalan como característica distintiva de *E. cornuta*, el presentar una costilla muy silicificada en el lado advalvar de cada una de sus bandas. En el material chileno de *E. cornuta* también fue posible observar esta característica, la que no fue exclusiva solo de esta especie, sino que se presentó también en todos los taxa del género, incluso en *Cerataulina*.

Sobre la base de los resultados obtenidos en el presente estudio, que incluyó la mayor parte del material previamente analizado por otros investigadores nacionales, podemos afirmar que son erróneas las citas de los géneros *Hemiaulus* Heiberg (*H. sinensis* Greville, *H. membranaceus* Cleve) y *Climacodium* Grunow (*C. biconcavum* Cleve) para las aguas chilenas (Rivera 1969, Alvial & Avaria 1982, Avaria & Muñoz 1982, Rodríguez & Escribano 1996). En *Hemiaulus* las elevaciones valvares son largas, puntiagudas, y carecen de costate ocelli; en *Climacodium* el eje perivalvar es muy corto y las aberturas entre las células de una cadena son de gran tamaño. Ninguna de estas características fue observada en el material chileno analizado, y en las muestras donde estos géneros fueron señalados por otros investigadores nacionales encontramos solamente a *Eucampia zodiacus* f. *recta* f. nov. y a *E. cornuta*. Por otra parte, en las publicaciones de Avaria & Muñoz (1991) y Muñoz et al. (1991), cuyo material no fue posible analizar en el presente trabajo, el autor S. Avaria (comunicación personal) está de acuerdo que las características morfológicas de las especies determinadas como *C. biconcavum* y *H. sinensis* corresponden plenamente con aquellas presentes en *E. zodiacus* f. *recta* f. nov. Indudablemente, la no utilización de técnicas de microscopía electrónica en esos trabajos, impidió la correcta visualización de las elevaciones valvares y las características relacionadas con el costate ocellus.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a dos revisores anónimos por sus valiosos comentarios al manuscrito. Agradecemos también a los señores Raúl Alarcón, Hugo Pacheco y Julio Pugin del Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad de Concepción, por su ayuda en la preparación de las muestras y uso de los microscopios electrónicos. Esta investigación fue

financiada parcialmente por la Dirección de Investigación Científica de la Universidad de Concepción.

LITERATURA CITADA

- ALVIAL A & S AVARIA (1982) Proliferación de primavera del fitoplancton en la Bahía de Valparaíso. II. Dinámica de las comunidades. Revista de Biología Marina de Valparaíso (Chile) 18: 1-56.
- AVARIA S & P MUÑOZ (1982) Producción actual, biomasa y composición específica del fitoplancton de la Bahía de Valparaíso en 1979. Revista de Biología Marina de Valparaíso (Chile) 18: 129-157.
- AVARIA S & P MUÑOZ (1991) Caracterización del fitoplancton de un área de desove de merluza frente a la costa central de Chile. Revista de Biología Marina de Valparaíso (Chile) 26: 161-190.
- AVARIA S, D CASSIS, P MUÑOZ & P VERA (1997) Distribución del microfitorfitoplancton marino en aguas interiores del sur de Chile en octubre de 1995 (Cruce CIMAR-FIORDO 1). Ciencia y Tecnología del Mar (Chile) 20: 107-123.
- FRYXELL G (1989) Marine phytoplankton at the Weddell Sea ice edge: seasonal changes at the specific level. Polar Biology 10: 1-18.
- FRYXELL G & AKSK PRASAD (1990) *Eucampia antarctica* var *recta* (Mangin) stat. nov. (Biddulphiaceae, Bacillariophyceae): life stages at the Weddell Sea ice edge. Phycologia 29: 27-38.
- FRYXELL G, AKSK PRASAD & PA FRYXELL (1989) *Eucampia antarctica* (Castracane) Mangin (Bacillariophyta): complex nomenclatural and taxonomic history. Taxon 38: 638-640.
- HASLE G & G FRYXELL (1970) Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy. Transactions of the American Microscopy Society 89: 469-474.
- HASLE G & E SYVERTSEN (1980) The diatom genus *Cerataulina*: morphology and taxonomy. Bacillaria 3: 79-114.
- HASLE G & E SYVERTSEN (1996) Marine diatom. In: Tomas C (ed) Identifying marine diatoms and dinoflagellates: 5-385. Academic Press. Inc., New York, New York, USA.
- HOBAN MA, GA FRYXELL & KR BUCK (1980) Biddulphioid diatoms: resting spores in Antarctic *Eucampia* and *Odontella*. Journal of Phycology 16: 591-602.
- MEYER RM (1966) Contribución al estudio del fitoplancton del Paso de Drake (Recolectado durante el verano 1960-61). Cuaderno Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso (Chile) 1: 39-82.
- MUÑOZ P, S AVARIA & M FARIAS (1991) Uso de información satélite en el estudio de un nuevo fenómeno de marea roja en la Bahía de Valparaíso Chile. Revista de Biología Marina de Valparaíso (Chile) 26: 415-435.
- RIVERA P (1969) Sinopsis de las diatomeas de la Bahía de Concepción, Chile. Gayana Botánica (Chile) 18: 3-111.
- RIVERA P (1981) Beiträge zur Taxonomie und Verbreitung der Gattung *Thalassiosira* Cleve (Bacillariophyceae) in den Küstengewässern Chiles. Bibliotheca Phycologica, Band 56: 1-369.
- RIVERA P (1983) A guide for references and distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18°28' S and 58° S. Bibliotheca Diatomologica, Band 3. J. Kramer, Vaduz. 386 pp.
- RIVERA P (1985) Las especies del género *Nitzschia* Hassall, Sección *Pseudonitzschia* (Bacillariophyceae), en las

- aguas marinas chilenas. *Gayana Botánica* (Chile) 42: 9-38.
- RIVERA P & P KOCH (1984) Contributions to the Diatom Flora of Chile II. En: Mann DG (ed) *Proceedings of the Seventh International Diatom Symposium*, Philadelphia, USA: 279-298. Koeltz Scientific Books, Koenigstein, Germany.
- RIVERA P, M GEBAUER & HL BARRALES (1990) A guide for references and distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18°28' S and 58° S. Part II. Data from 1982 to 1988. *Gayana Botánica* (Chile) 46: 155-198.
- RIVERA P, L HERRERA & H BARRALES (1996) Report of two species of *Thalassiosira* (Bacillariophyceae): *T. rotula* Meunier and *T. anguste-lineata* (A. Schmidt) Fryxell et Hasle, as new to northern Chile. *Cryptogamie Algologie* 17: 123-130.
- RIVERA P, F CRUCES & A CLEMENT (2002) *Leptocylindrus minimus* Gran (Bacillariophyceae): morfología y distribución en Chile. *Gayana Botánica* (Chile) 59: 7-11.
- RIVERA P, F CRUCES & I VILA (2003) Primera cita de *Stephanodiscus agassizensis* Hakansson & Kling (Bacillariophyceae) en Chile. *Gayana Botánica* (Chile) 59: 79-86.
- RODRÍGUEZ L & R ESCRIBANO (1996) Bahía Antofagasta y Bahía de Mejillones del Sur: observaciones de la temperatura, penetración de la luz, biomasa y composición fitoplanctónica. *Estudios Oceanológicos* (Chile) 15: 75-85.
- ROSS R, PA SIMS & GR HASLE (1977) Observations on some species of the Hemiauloideae. *Nova Hedwigia Beihefte* 54: 179-213.
- ROSS R, EJ COX, NI KARAYEVA, DG MANN, TTB PADDOCK, R SIMONSEN & PA SIMS (1979) An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedwigia Beihefte* 64: 513-533.
- SYVERTSEN E & G HASLE (1983) The diatoms genus *Eucampia*: morphology and taxonomy. *Bacillaria* 6: 169-210.
- TAKANO H (1990) Diatoms. In: Fukuyo Y, H Takano, M Chihara & K Matsouka (eds) *Red tide organism in Japan- an illustrated taxonomic guide*: 162-331. Uchida Rokakuhō, Tokyo, Japan.
- VERA P, S AVARIA & P MUÑOZ (1996) Composición y distribución del fitoplancton de los fiordos adyacentes a Campos de Hielo Sur y su relación con algunos parámetros oceanográficos. *Ciencia y Tecnología del Mar* (Chile) 19: 73-92.

Editor Asociado: Juan Correa

Recibido el 25 de enero de 2002; aceptado el 18 de agosto de 2003

ANEXO 1

Clave para la determinación de las especies de *Eucampia* Ehrenberg

Identification key to species of *Eucampia* Ehrenberg

-
- 1a. Proceso labiado submarginal *E. antarctica*
- 1b. Proceso labiado central 2
- 2a. Células derechas en vista conectival ancha, formando cadenas levemente giradas con respecto al eje perivalvar; elevaciones valvares cortas (hasta 6 µm), cónicas *E. zodiacus* f. *recta*, f. nov.
- 2b. Células curvadas en vista conectival ancha; elevaciones valvares más largas (sobre 7 µm) 3
- 3a. Costate ocellus con costillas paralelas; elevaciones valvares largas (11-18 µm) y angostas *E. cornuta*
- 3b. Costate ocellus con costillas paralelas en el centro y curvadas cerca de los extremos; elevaciones valvares más cortas (7-9 µm), subcilíndricas *E. zodiacus* f. *cylindrocornis*
-