

## FRAGILARIACEAE (BACILLARIOPHYTA) EN HUMEDALES DE ALTURA DE CATAMARCA (ARGENTINA)

CLAUDIA T. SEELIGMANN<sup>1\*</sup>, NORA I. MAIDANA<sup>2-3</sup> y EDUARDO A. MORALES<sup>4</sup>

**Summary:** Fragilariaceae (Bacillariophyta) in high altitude wetlands of Catamarca (Argentina). Three high mountain wetlands were studied in the Catamarca Province, Argentina, as part of a larger study focusing on high mountain waterbodies in the Argentinian Andes. In this contribution we present species in the group of small Fragilariaceae found so far in: Laguna Diamante (hiperhaline), Laguna Salitre (fresh) and Laguna Negra (mesohaline). The species belong to the genera *Staurosira*, *Staurosirella* and *Pseudostaurosira*. Three species, *Staurosirella galanensis*, *S. salitrensis* and *Pseudostaurosira ferrarioae* are new to science, which are herein described, illustrated and compared to morphologically similar taxa. *S. galanensis* is smaller and more rhomboidal than the other cruciform species of the genus, while *S. salitrensis* is smaller and less silicified than closely related species. *Pseudostaurosira ferrarioae* is distinguished from similar taxa especially by its well developed apical pore fields. The other representatives of the family found in these sites were *Staurosira binodis*, which is a new record for the Catamarca Province, *Pseudostaurosira altiplanensis*, cited here for the first time for Argentina and *P. aff. polonica*.

**Key words:** Andes, fragilarioids, Bacillariophyta, diatoms, high mountain ecosystems.

**Resumen:** Se estudiaron tres humedales de alta montaña en la provincia de Catamarca, Argentina, como parte de un estudio más amplio que se enfoca en cuerpos de agua en los Andes argentinos. En esta contribución damos a conocer dentro del grupo de Fragilariaceae de pequeño tamaño, especies de los géneros *Staurosira*, *Staurosirella* y *Pseudostaurosira* halladas en las lagunas Diamante (hiperhalina) y Salitre (dulce) y en la vega de la laguna Negra (mesohalina). De las especies encontradas, *Staurosirella galanensis*, *S. salitrensis* y *Pseudostaurosira ferrarioae* son nuevas para la ciencia y fueron descritas, ilustradas y comparadas con taxones similares. *S. galanensis* es más pequeña y romboidal que otras especies cruciformes del género, mientras que *S. salitrensis* es de menor tamaño y menos silicificada que otras especies estrechamente relacionadas. *Pseudostaurosira ferrarioae* se distingue de especies afines especialmente por tener campos de poros apicales bien desarrollados. Los otros representantes de esta familia encontrados en el área de estudio fueron *Staurosira binodis*, especie que se menciona por primera vez para Catamarca, *Pseudostaurosira altiplanensis*, citada por primera vez para Argentina y *P. aff. polonica*.

**Palabras clave:** Andes, fragilarioides, Bacillariophyta, diatomeas, ecosistemas de alta montaña.

## INTRODUCCIÓN

En Argentina, los numerosos y variados cuerpos de agua en alta montaña (ubicados a más de 2000 m snm), se encuentran, según el esquema de Morrone (2002), dentro de las provincias Puna y

Prepuna. Estas provincias, biogeográficamente muy relacionadas, pertenecen a la Subregión Páramo-Puneña. En el área de estudio existen numerosos humedales entre los que se encuentran lagos y salares de diversos tamaños, integrados en sistemas de cuencas endorreicas, que constituyen parches

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e IML, Argentina.

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, Laboratorio de Diatomeas Continentales, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> CONICET- Universidad de Buenos Aires, Instituto de Biodiversidad y Biología Experimental y Aplicada - (IBBEA), Laboratorio de Diatomeas Continentales, Buenos Aires, Argentina.

<sup>4</sup> Universidade de Évora, Laboratório da Água e Instituto Ciências da Terra, Évora, Portugal.

\*claudiaseeligmann@gmail.com

de hábitats acuáticos en una matriz desértica. Estos ecosistemas albergan una biodiversidad peculiar con especies endémicas, de las cuales las aves son especialmente variadas. Los lagos son poco profundos y no presentan una verdadera comunidad de plancton; hay una proliferación frecuente de formas adaptadas a baja humedad. Las diatomeas han sido reconocidas como el grupo de algas más importante, tanto en abundancia como en riqueza de especies, seguido de cianobacterias y clorofitas (Maidana & Seeligmann, 2014). Los humedales son muy variables espacial y temporalmente y tienen una alta fragilidad debido, en parte, a las prolongadas sequías, alta irradiación, fuertes vientos y amplitudes térmicas elevadas (Caziani & Derlindati, 2000).

Una gran parte de la diatomoflora andina es aún poco conocida y el número de endemismos y de nuevas especies podría ser mucho mayor que lo reportado hasta ahora en la literatura. A pesar de ello, se han descrito numerosos taxones, y se ha registrado un alto número de especies en algunos sitios de los Andes (Maidana & Seeligmann, 2006, 2015; Maidana *et al.*, 2011; Morales *et al.*, 2009, 2014a; Rumrich *et al.*, 2000; Seeligmann & Maidana, 2003; Seeligmann *et al.*, 2008, entre otros).

Durante las últimas tres décadas, los taxónomos prestaron especial interés a las especies de fragilarioides de pequeño tamaño. Estudios de la ultraestructura de sus valvas dieron como resultado, por ejemplo, la reasignación de varias especies tradicionalmente incluidas en *Fragilaria* Lyngbye en algunos géneros nuevos y otros reestablecidos a tal fin (Williams & Round, 1987; Morales, 2001, 2002, entre otros). Entre los caracteres ultraestructurales más destacados actualmente utilizados para circunscribir los géneros se encuentran: la estructura de las aréolas, de las espinas y de los campos porosos apicales (CPAs).

Los géneros más ampliamente distribuidos de las pequeñas fragilarioides son *Staurosira* Eherenberg, *Staurosirella* Williams & Round y *Pseudostaurosira* Williams & Round. Las especies de *Staurosira* se caracterizan por ser cruciformes, con estrías compuestas por aréolas alargadas en sentido apical, espinas huecas, CPA poco desarrollados y bandas cingulares abiertas. Forman siempre colonias, son epifitas y accidentalmente pueden ser planctónicas. *Staurosirella* tiene valvas lineales, cruciformes o elípticas; puede haber una depresión en uno de los ápices, el borde abvalvar es paralelo a la unión valva/manto y las aréolas son como hendidas. Los CPAs

están bien desarrollados, las espinas son huecas o sólidas, las bandas cingulares pueden ser abiertas o cerradas y las fimbrias están bien desarrolladas. En *Pseudostaurosira* las valvas son lineales, elípticas o cruciformes. Este género está caracterizado por presentar estrías cortas, formadas por areolas grandes, tener *volae* bifurcadas y robustas, CPAs reducidos, espinas sólidas y con lígulas, areolas con alerones y el manto con placas. Habitualmente, se encuentran formando colonias adheridas al substrato y accidentalmente pueden ser planctónicas.

La clasificación de las pequeñas fragilarioides de agua dulce es una de las más complejas dentro de las diatomeas (Morales, 2002) por su pequeño tamaño y características valvares que se hallan bajo el límite de resolución del microscopio óptico sumado al reducido número de caracteres y la relativa falta de estudios monográficos que ilustren la variabilidad intra y extrapoblacional, aun de los taxa más comunes. Esta escasez de información se hace extensiva a Sudamérica donde la carencia es más notoria, especialmente para ambientes de alta montaña. A esto se superpone la deriva taxonómica, que ha llevado a la existencia de más de un concepto para un solo taxón (Morales *et al.*, 2014a). Es por ello que, a pesar de la frecuente ocurrencia de este grupo, falta un análisis detallado que incorpore información tanto de microscopía óptica (MO) como de microscopía electrónica de barrido (MEB) (Morales, 2005) y permita resolver la taxonomía de muchas especies.

Durante el análisis de muestras colectadas dentro de los proyectos realizados (Ecología de humedales de Alta Montaña) en la provincia de Catamarca, se observaron varios taxa de fragilarioides (Seeligmann & Maidana, 2003; Maidana & Seeligmann, 2006). En este trabajo presentamos un estudio detallado sobre tres especies que tienen un conjunto de características que las distinguen de otros taxones del grupo descritos anteriormente. Además, ilustramos otras tres especies que si bien ya han sido descritas no fueron citadas para Argentina o no habían sido mencionadas anteriormente para Catamarca o en ambientes tan extremos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el marco del Censo Internacional de Aves Altoandinas del GCFA, realizado en enero de 2005, se obtuvieron muestras de agua con red de plancton

de 20  $\mu\text{m}$  de apertura de malla en la zona litoral de tres humedales de la Provincia de Catamarca situados entre los  $26^{\circ}02'08''$  y los  $27^{\circ}39'23''$  S, a más de 3600 m snm (Fig. 1). El material recolectado fue incorporado al Herbario (index herbariorum LIL) Colección Ficológica de la Fundación Miguel Lillo bajo los rótulos: laguna Diamante: ARGENTINA. *Prov. de Catamarca: Dpto. Antofagasta de la Sierra*, 20-01-2005, Seeligmann 26103 (LIL), hiperhalina; laguna Salitre: ARGENTINA. *Prov. de Catamarca: Dpto. Antofagasta de la Sierra*, 20-01-2005, Seeligmann 26105 (LIL), dulce y en la vega de la laguna Negra: ARGENTINA. *Prov. de Catamarca: Dpto. Tinogasta*, 22-01-2005, Seeligmann 26108 (LIL), mesohalina. La salinidad, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la profundidad se midieron en el campo. Las variables físico-químicas para cada

ecosistema se pueden encontrar en Maidana & Seeligmann (2015, Tabla 1).

El tratamiento de las muestras fue realizado siguiendo la metodología estándar descrita en Battarbee (1986). Se usó Naphrax® como medio de montaje en preparados permanentes.

Las observaciones se realizaron usando un microscopio óptico binocular Reichert-Jung Polyvar equipado con objetivos PlanApo 100X, NA 1.32 y una cámara digital Canon EOS 600D.

Para la observación con MEB se utilizó un microscopio Carl Zeiss SUPRA 40 (15kV) del Centro de Microscopías Avanzadas (CMA), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Los especímenes fotografiados tanto con MO como con MEB fueron medidos usando el programa Zeiss Axiovision 4.8.2.

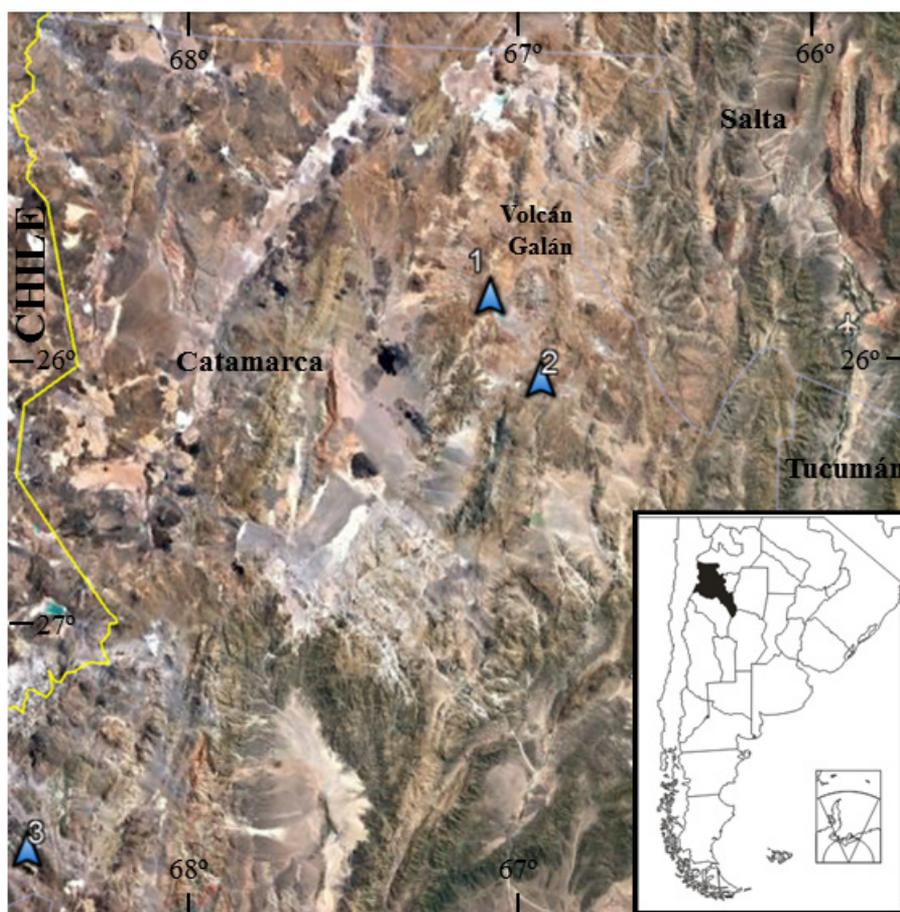


Fig. 1. Mapa del área de estudio: 1: Laguna Diamante, 2: Laguna Salitre, 3: Vega de Laguna Negra.

Para la descripción de las nuevas especies se siguió la terminología sugerida por Ross *et al.* (1979) para la de estrías, areolas y espinas; la de Barber & Haworth (1981) para la forma de la valva y patrón de estrías y la de Williams & Round (1987) y Round *et al.* (1990) para la subestructura areolar, poros apicales y características de las bandas cingulares.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

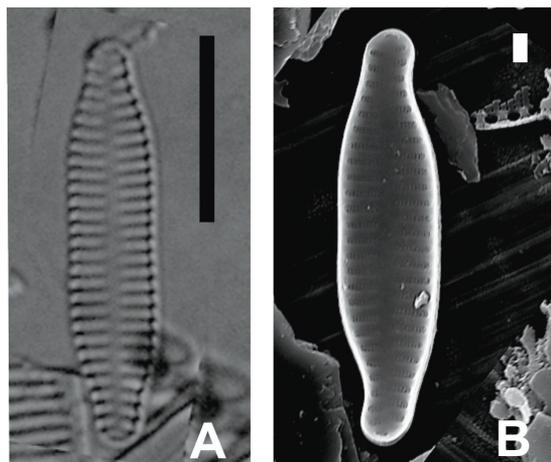
En los humedales ya estudiados para la provincia de Catamarca, hemos encontrado una notable riqueza de especies y una gran variabilidad morfológica de taxones pertenecientes a la familia Fragilariaceae (Maidana & Seeligmann, 2015). Las lagunas con mayor número de fragilarioides fueron Salitre (10), Vega de la Laguna Negra (5) y la laguna Diamante (4).

En general, se considera que las pequeñas fragilarioides son formas habituales en ambientes con conductividades elevadas (Seddon *et al.*, 2014) y Morales (2002) sostiene que son componentes importantes de la flora de aguas duras. Algunas especies de *Pseudostaurosira* fueron reportadas para ambientes con conductividad baja a media (Cejudo-Figueiras *et al.*, 2011). Las Fragilariaceae en la Puna y Prepuna fueron halladas en un variado espectro de salinidad: en agua dulce (laguna Salitre), mesohalina (vega de la laguna Negra) e hiperhalina (laguna Diamante).

El análisis morfológico y morfométrico de las pequeñas Fragilariaceae halladas en las lagunas Diamante y Salitre y en la vega adyacente a la laguna Negra reveló la presencia de una sola especie del género *Staurosira*, *S. binodis* (Ehrenberg) Lange-Bertalot, que se menciona por primera vez para Catamarca, dos especies nuevas de *Staurosirella*: *S. galanensis* sp. nov. y *S. salitrensis* sp. nov. Asimismo, identificamos tres especies de *Pseudostaurosira*, de las cuales una representa una nueva especie para la que proponemos el nombre de *P. ferrarioae* sp. nov. Además, encontramos a *P. altiplanensis* Lange-Bertalot & U. Rumrich, que se cita por primera vez para Argentina y a *P. aff. polonica* (M. Witak & Lange-Bertalot) E. A. Morales & M. B. Edlund.

***Staurosira binodis*** (Ehrenberg) Lange-Bertalot (Fig. 2A-B)

Valvas lanceoladas en especímenes pequeños, algo constrictas en el centro en los más grandes,



**Fig. 2.** *Staurosira binodis*. A: (MO). B: (MEB) vista interna. Escalas= A: 10  $\mu$ m; B: 2  $\mu$ m.

con extremos subcapitados y ápices redondeados.

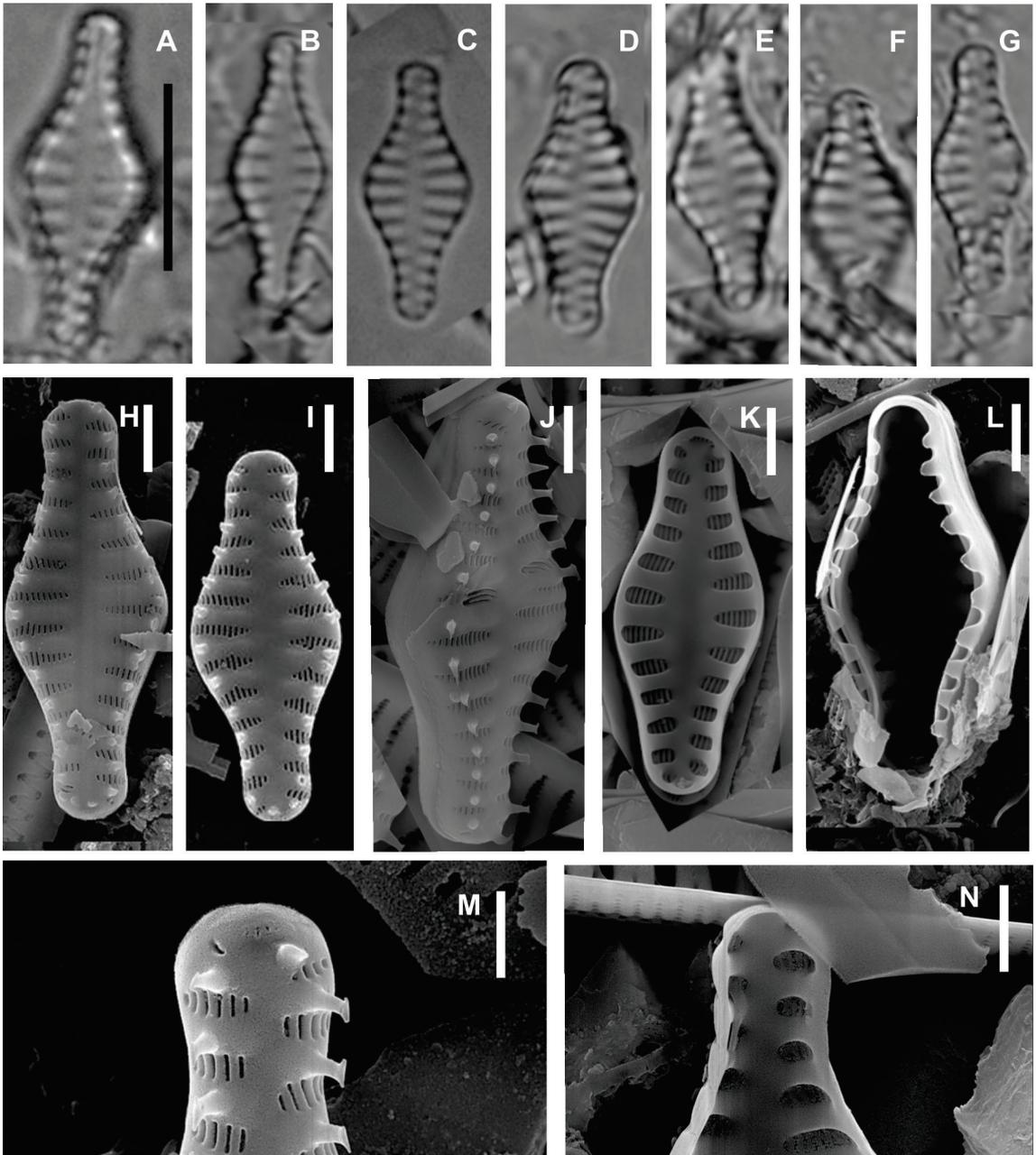
*Dimensiones:* eje apical 19,3-21,6  $\mu$ m, eje transapical 3,9-4,6  $\mu$ m. Estrías 13-14 en 10  $\mu$ m

*Material estudiado:* laguna Diamante.

*Staurosira binodis* fue mencionada anteriormente para Argentina en Laguna de Los Pozuelos (Jujuy) como *Staurosira construens* var. *binodis* (Ehrenberg) Hamilton (González Achem *et al.*, 2014).

***Staurosirella galanensis*** Seeligmann, C. T., N. I. Maidana & E. A. Morales sp. nov. (Fig. 3A-N)

Frústulos rectangulares en vista conectival. Valvas cruciformes, isopolares a levemente heteropolares. Extremos rostrados con ápices redondeados de longitud variable. Área axial angosta, lanceolada, delimitada por estrías levemente radiales. Las estrías son uniseriadas y están formadas por areolas alargadas en sentido apical, ininterrumpidas desde la superficie valvar hasta el manto (Fig. 3H-J). Las aréolas decrecen en tamaño desde el margen de la superficie valvar hacia el manto y hacia el área central. Espinas sólidas, marginales, ubicadas entre las estrías y en los polos (Fig. 3H, M), con ápices abruptamente espatulados (Fig. 3J, M). En las aréolas, las *volae* no fueron observadas y, debido a la pequeña apertura areolar, es muy probable que estén muy reducidas (Fig. 3M, N). CPAs en ambos ápices, desigualmente desarrollados y pequeños,



**Fig. 3.** *Stausosirella galanensis*. **A-G:** (MO). **H-N:** (MEB). **H-J:** vistas externas. **J:** par de estrías centrales con una posición anómala de las aréolas. **K-L, N:** vistas internas. **L:** valvocúpula ancha y fimbrias bien desarrolladas. **M:** detalle de uno de los ápices mostrando un CPA formado por pequeños poroides y las espinas sólidas con extremos espatulados. Escalas = A-G: 10 µm; H-L: 2 µm; M-N: 1 µm.

formados hasta por ocho poroides redondeados (Fig. 3K, M). Valvocúpula ancha, con fimbrias desarrolladas en la parte interior (Fig. 3L).

*Description:* Frustules in girdle view rectangular. Valves cruciform, isopolar to slightly heteropolar, rostrate with rounded apices of variable length.

*Axial area narrow, lanceolate, delimited by slightly radial striae. Striae uniseriated, formed by apically elongated areolae, appearing sunken into the valve and uninterrupted from valve face to mantle. Striae decrease in width toward valve margin and toward valve center. Spines solid, marginal, located between striae, also present at the poles, with abruptly spatulate apices. Volae were not observed and are probably reduced due to small areolar aperture. APF present at both apices, unequally developed, formed by up to 8 poroids. Valvocopula wide with well-developed fimbriae in the pars interior.*

*Dimensiones:* eje apical 11,6-15,3  $\mu\text{m}$  (N=41); eje transapical 4-5,5  $\mu\text{m}$  (N=41); relación largo/ancho: 2,4-3,3. Largo del ápice: 2,5-3,5  $\mu\text{m}$  (N=20). Estrías 9-12 en 10  $\mu\text{m}$  (N= 41).

*Holotipo:* ARGENTINA. Prov. Catamarca: Dpto. Antofagasta, 20-01-2005, Seeligmann 26105-1 (LIL). Parcialmente ilustrado en Fig. 3A-G.

*Localidad tipo:* Laguna Salitre 26°14'51''S 66°54'04''W, 4248 m snm (Dpto. Antofagasta, Catamarca, Argentina).

*Etimología:* el epíteto de la especie se refiere a que fue encontrada en las inmediaciones del volcán Galán.

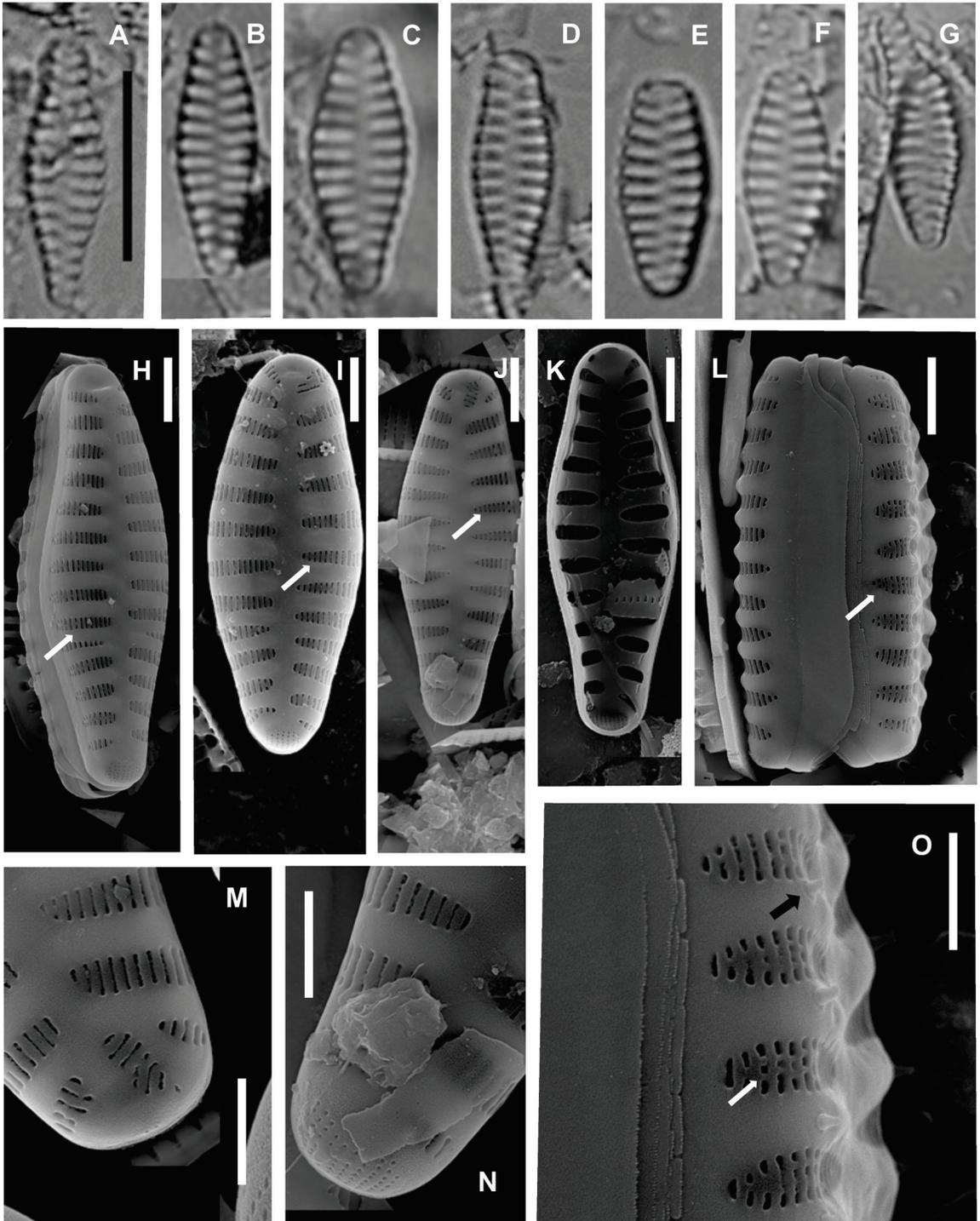
*Observaciones:* Las características ultraestructurales (tipo de estrías, fimbrias bien desarrolladas y valvocópula ancha) muestran claramente que esta especie pertenece a *Staurosirella*, aunque es la única que tiene CPAs pequeños. Las valvas más pequeñas de *S. rhomboides* Morales & Manoylov (Morales & Manoylov, 2006a) se parecen a *S. galanensis* sp. nov., sin embargo, la forma de la valva es romboide en *S. rhomboides* y sus dimensiones son mayores, alcanzando longitudes de hasta 55  $\mu\text{m}$ , un ancho valvar entre 5,5-9  $\mu\text{m}$  y una densidad de estrías menor (6,5-9  $\mu\text{m}$  en 10  $\mu\text{m}$ ), medidas que no se superponen con los de la nueva especie. Los CPAs son también mucho menos desarrollados en *S. galanensis*, en la que no se observa la marcada heteropolaridad de *S. rhomboides* (Morales & Manoylov, 2006a, fig. 96).

*Staurosirella galanensis* sp. nov. es también diferente a la otra especie cruciforme del género, *S. leptostauron* (Ehrenberg) Williams & Round. Si bien las formas más pequeñas pueden superponerse en su longitud (12-33  $\mu\text{m}$ ) a las de *S. galanensis* sp. nov., las valvas de *S. leptostauron* tienen una construcción

mucho más robusta y el ensanchamiento de las valvas en el área central es mucho más pronunciado, llegando a tener incluso formas cuneadas a ambos lados de la valva. Asimismo, en *S. leptostauron* las estrías son mucho más anchas y marcadas y las valvas son también más anchas (7-19  $\mu\text{m}$ ) (Morales & Manoylov, 2006a, figs. 1-12). *S. acidophila* Almeida, Wetzel, Morales, Ector & Bicudo también tiene valvas romboidales, sin embargo la forma es lanceolada, con ápices relativamente más estrechos (Almeida *et al.*, 2015, figs. 2-31). Además, las valvas llegan a ser más largas (hasta 19,5  $\mu\text{m}$ ), más anchas (hasta 6,8  $\mu\text{m}$ ) y la densidad de estrías es mucho menor (8-9 en 10  $\mu\text{m}$ ), los CPAs son mucho más desarrollados (Almeida *et al.*, 2015, figs. 33, 34, 37) y las espinas son mucho más desarrolladas, pudiendo encontrarse una o dos filas de tres espinas sobre una misma interestría (Almeida *et al.*, 2015, figs. 33, 34, 37, 38).

*Staurosirella salitrensis* Seeligmann, C. T., N. I. Maidana & E. A. Morales sp. nov. (Fig. 4A-O)

Valvas marcadamente heteropolares. El extremo apical desde rostrado hasta no diferenciado del cuerpo principal, con el ápice redondeado, de ancho variable, generalmente tiene un escalón más o menos evidente (Fig. 4H-I), con o sin estrías y con un CPA reducido, con escasos poroides, difíciles de observar ya que se ubican en el manto valvar (Fig. 4M). El extremo basal es más angosto, redondeado y, en algunos ejemplares, rostrado (Fig. 4A-G); con un CPA bien desarrollado, ubicado algo más arriba de la unión manto-superficie valvar y que se extiende hasta el extremo abvalvar del manto (Fig. 4I, K, N). Área axial angosta, lineal a lanceolada. Estrías anchas, dispuestas en forma alterna respecto del eje apical, no visibles en el extremo basal. La superficie valvar es ondulada, con costillas marcadas separando las estrías, que se ubican en depresiones (Fig. 4L, O). Las estrías están formadas por aréolas alargadas en sentido apical. En cada estría las aréolas de los extremos son mucho más cortas que las centrales (Fig. 4H). Las estrías son normalmente uniseriadas aunque, a veces, las areolas aparecen divididas en dos o en tres aréolas más pequeñas (Fig. 4I, L, O), a través de conexiones silíceas (*cross-bars*). Estas divisiones, pueden verse en un mismo individuo en algunas, todas o ninguna de las estrías (Fig. 4L, O). Las espinas, cuando presentes, son muy pequeñas, sólidas y cónicas,



**Fig. 4.** *Staurosirella salitrensis*. **A-G:** (MO). **H-O:** (MEB). **H-J:** vistas externas con (H-I) y sin (J) escalones en el extremo apical y CPA en el extremo basal de la valva. **K:** vista interna. **L, O:** vista cingular donde se observa la superficie valvar ondulada, las estrías están localizadas en una sinuosidad y cada espina cónica está ubicada en una depresión circular (flecha negra). **M:** detalle de uno de los ápices con escalón. **N:** CPA bien desarrollado. Las flechas blancas señalan la formación de estrías seriadas. Escalas = A-G: 10  $\mu$ m; H-L: 2  $\mu$ m; M-O: 1  $\mu$ m.

ubicadas en depresiones circulares, sobre las costillas (Fig. 4O). Cíngulo compuesto por varias bandas no perforadas, siendo la valvocópula la más ancha. No se pudo determinar el carácter abierto o cerrado de los elementos del cíngulo. (Fig. 4L).

*Description: Valves clearly heteropolar. Apical end varying from rostrate to non-differentiated from the rest of the valve, generally with a depression (step), with or without striae and with a reduced apical pore field composed of small poroids, difficult to observe since they are situated on the valve mantle. Basal apex is narrower than apical one, rounded to rostrate always with a well-developed apical pore field, located at the transition between valve face and mantle and extending to the abvalvar side of the latter. Axial area narrow, linear to lanceolate. Striae wide, alternate, not visible toward basal end. Valve surface undulate with marked costae, separating striae located on depressions. The striae formed by apically elongated areolae. In each stria, areolae at ends are shorter than middle ones. Striae are usually uniseriate although, sometimes, the areolae are subdivided into 2 or 3 shorter ones through siliceous connections (cross-bars). Within the same population, some individuals lack such subdivisions while others have partial or totally subdivided striae, thus resembling members of *Punctastriata*. Spines, when present, small, solid, conical and located on circular depressions on the costae. Cingulum composed of several non-perforated bands, the valvocopula being the widest.*

*Dimensiones:* eje apical 9,8-13,5  $\mu\text{m}$  (N=30); eje transapical 3,2-4,4  $\mu\text{m}$  (N=30). Estrías 10-14 en 10  $\mu\text{m}$  (N=30); aréolas 58-66 en 10  $\mu\text{m}$ .

*Holotipo:* ARGENTINA. Prov. Catamarca: Dpto. Antofagasta, 20-01-2005, Seeligmann 26105-1 (LIL). Parcialmente ilustrado en Fig. 4A-G.

*Localidad tipo:* Laguna Salitre 26°14'51''S 66°54'04''W, 4248 m snm (Dpto. Antofagasta, Catamarca, Argentina).

*Etimología:* el epíteto de la especie se refiere a que fue encontrada en la laguna Salitre.

*Observaciones:* Si bien al MEB las valvas del material estudiado guardan cierta semejanza con *S. martyi* (Hérribaud) Morales & Manoylov (ver Morales & Manoylov, 2006a, Figs. 105, 106); al MO lucen mucho menos silicificadas, menos ovaladas y tienen mayor densidad de estrías (comparar sus Figs. 34-43 con nuestras Fig. 4A-G).

*S. martyi* nunca tiene espinas y solo tienen CPAs en el polo basal (Morales & Manoylov, 2006a, figs. 102-104) mientras que en *S. salitrensis* sp. nov. están en ambos polos, aunque el del polo apical es mucho más reducido que el del basal. Asimismo, hay una diferencia en las bandas cingulares, las de *S. martyi* son notablemente convexas en su margen abvalvar (Morales & Manoylov, 2006a, fig. 107) mientras que en *S. salitrensis* sp. nov. este margen es paralelo al borde abvalvar del manto. *S. incognita* Morales & Manoylov también es heteropolar aunque con el polo basal mucho más delgado y cuneado; con el escalón siempre presente en el polo apical (Morales & Manoylov, 2006b, figs. 7-26). Las valvas de *S. incognita* llegan a ser más largas (hasta 21  $\mu\text{m}$ ), son más anchas (4-6  $\mu\text{m}$ ), las estrías son mucho menos densas (7-9 in 10  $\mu\text{m}$ ) y los CPAs son mucho más desarrollados (Morales & Manoylov, 2006b, figs. 24, 25). Si bien las dimensiones de *S. salitrensis* se superponen con las de *S. pinnata* sensu Morales (Morales, 2010), la heteropolaridad en esta última no es tan notoria y las valvas tienden a ser más elípticas y no ovaladas como en *S. salitrensis*. Además, las espinas están bien desarrolladas en *S. pinnata*.

La presencia de un escalón en el polo apical también fue observada para otras especies del género, como *S. martyi*, *S. confusa* (Morales, 2005) y *S. incognita* (Morales & Manoylov, 2006b).

La presencia de divisiones en las aréolas en el género *Staurosirella* ya ha sido mostrada para varias especies (Morales, 2005; Morales *et al.*, 2014b).

***Pseudostaurosira altiplanensis*** Lange-Bertalot & U. Rumrich in Rumrich *et al.* 2000 (Fig 5A-B)

Valvas estrictamente elípticas, con extremos truncos redondeados, nunca rostrados.

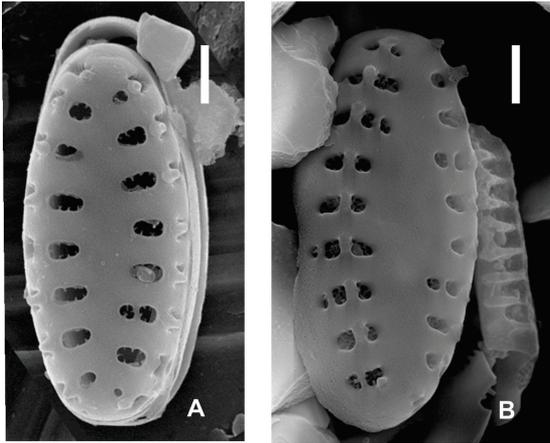
*Dimensiones:* eje apical 6,8  $\mu\text{m}$ , eje transapical 2,5-3  $\mu\text{m}$ . Estrías 12-15 en 10  $\mu\text{m}$ .

*Material estudiado:* laguna Salitre.

*Pseudostaurosira altiplanensis* es citada por primera vez para Argentina. Fue encontrada por Rumrich *et al.* (2000) en el Parque Nacional Lauca (4.300 m snm, Chile).

***Pseudostaurosira ferrarioae*** Seeligmann, C. T., N. I. Maidana & E. A. Morales **sp. nov.** (Fig. 6A-M)

Valvas rómbico-lanceoladas, con ápices alargados, subrostrados, raramente subcapitados, redondeados. Área axial ancha, lanceolada. Estrías

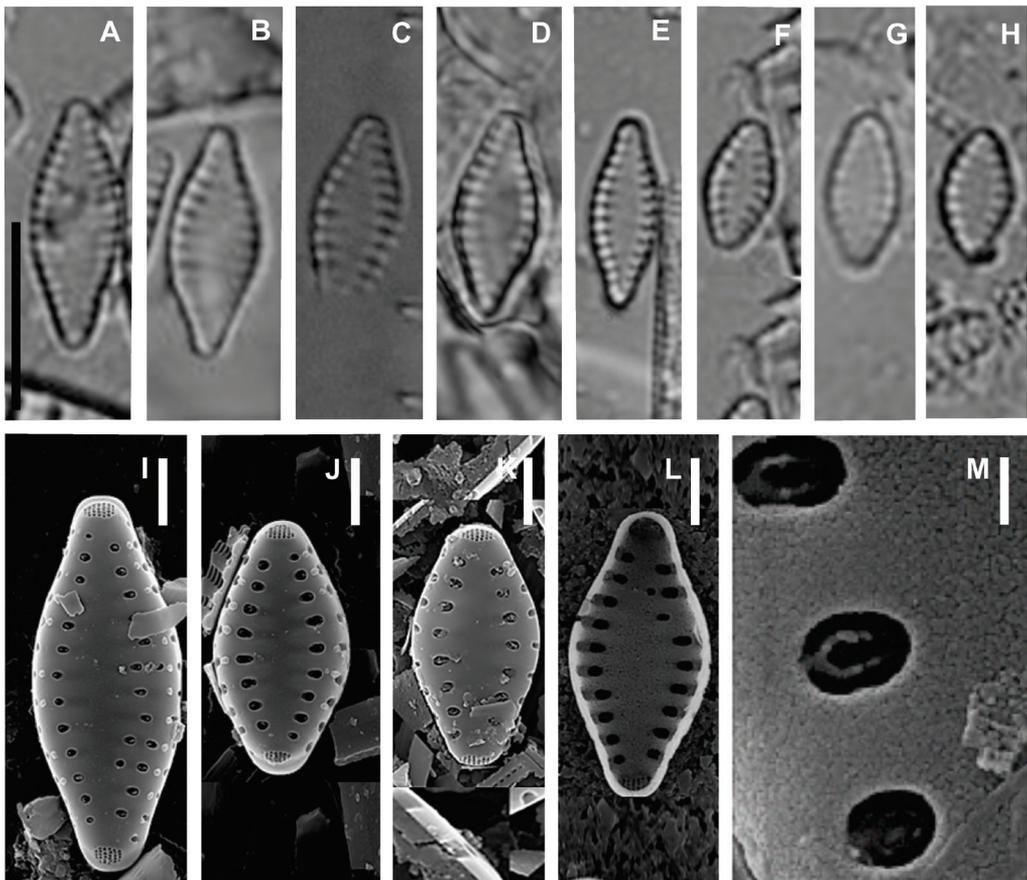


**Fig. 5.** *Pseudostaurosira altiplanensis*. **A-B:** (MEB) vistas externas. Escalas= A-B: 1  $\mu$ m.

cortas, radiales, formadas por dos, raramente tres, aréolas grandes, alargadas en sentido transapical (Fig. 6I). Una o dos aréolas en la superficie valvar y una en el manto, ocluidas por *volae* dicotómicamente ramificadas (Fig. 6M).

CPAs desarrollados (Fig. 6I-L), formados por 6-8 filas de pequeños poroides redondeados. Espinas, cuando presentes, muy cortas y cónicas, interrumpiendo las estrías (Fig. 6I-J).

*Description:* Valves rhomboid with elongated, subrostrate, rarely subcapitate apices. Striae formed by two, rarely three large, elongated areolae. One or two areolae on valve face and one on valve mantle; occluded by dichotomously branched *volae*. Apical pore fields (APF) developed, formed by 6-8 rows of small, rounded



**Fig. 6.** *Pseudostaurosira ferrarioae*. **A-H:** (MO). **I-M:** (MEB). **I-K:** vistas externas de las valvas mostrando estrías formadas por 1-2 aréolas, espinas cortas y CPAs formados por pequeños poroides. **L:** vista interna. **M:** detalle de la vista externa mostrando aréolas ocluidas por *volae* dicotómicamente ramificadas. Escalas = A-H: 10  $\mu$ m; I-L: 2  $\mu$ m; M: 200 nm.

poroids. Spines, when present, short and conical, interrupting the striae.

*Dimensiones:* eje apical 8,5-10  $\mu\text{m}$  (N=37), eje transapical 3,8-4,4  $\mu\text{m}$  (N=37). Estrías, 13-15 en 10  $\mu\text{m}$  (N=37).

*Holotipo:* ARGENTINA. Prov. Catamarca: Dpto. Antofagasta, 20-01-2005, Seeligmann 26105-2 (LIL). Parcialmente ilustrado en Fig. 6A-H.

*Localidad tipo:* Laguna Salitre 26°14'51''S 66°54'04''W, 4248 m snm (Dpto. Antofagasta, Catamarca, Argentina).

*Etimología:* dedicamos esta nueva especie a la Dra. Martha Ferrario, maestra de diatómólogos.

*Observaciones:* Si bien la mayoría de las especies de *Pseudostaurosira* tiene CPAs reducidos (Cejudo-Figueiras *et al.*, 2011), hay taxones, como *P. parasitica* (W. Smith) Morales y la nueva especie aquí propuesta, que los tienen bien desarrollados (ver Morales *et al.*, 2015, figs. 95-96). Sin embargo, en *P. parasitica* el CPA está hundido en el ápice valvar, lo cual se observa también en vista interna, como un adelgazamiento de toda la placa del CPA (Morales, 2003, figs. 54-58, 64, Morales *et al.*, 2015, figs. 95-98).

Al MO, la nueva especie es muy parecida a *P. brevistriata* (Grunow) Williams & Round y a *P. microstriata* (Marciniak) Flower. Si bien *P. brevistriata* y *P. ferrarioae* sp. nov. poseen aproximadamente el mismo ancho valvar y la misma densidad de estrías, las valvas de *P. ferrarioae* sp. nov. son más cortas (8,5-10  $\mu\text{m}$  contra 11-19  $\mu\text{m}$  en *P. brevistriata*). En *P. brevistriata* las valvas son mucho más lanceoladas y las espinas son robustas (Morales *et al.*, 2015, figs. 107-143). Los CPAs de *P. brevistriata* también están hundidos (Morales *et al.*, 2015, figs. 140-142) pero están muy reducidos (4 poroides) mientras que en *P. ferrarioae* sp. nov. están bien desarrollados, con numerosos poroides dispuestos regularmente en hileras (Fig. 6 I-J). *P. microstriata* tiene valvas mucho más pequeñas (5,5-7,5 de largo y 2,1-3,3 de ancho) y la densidad de estrías es también mucho mayor en esta especie (18-22 en 10  $\mu\text{m}$ ). El contorno de *P. microstriata* es menos romboidal y más lanceolado, los extremos incluso llegan a ser subrostrados y los ápices son más redondeados que los de *P. ferrarioae* sp. nov. (Marciniak, 1982). Adicionalmente, los CPAs de *P. microstriata* son muy reducidos y se circunscriben a no más de cuatro poros. *Pseudostaurosira microstriata* var. *spinosa* Flower difiere de la variedad nominal por la menor densidad de estrías (17 en 10  $\mu\text{m}$ ), la presencia de espinas bien

desarrolladas, ubicadas sobre las estrías y CPAs reducidos (Flower, 2005), contrariamente a lo que sucede en *P. ferrarioae* sp. nov.

*Pseudostaurosira ferrarioae* sp. nov. también se asemeja a *P. elliptica* pero esta última es más angosta (3-3,5  $\mu\text{m}$ ), posee espinas bien desarrolladas interrumpiendo sus estrías, CPAs con espínulas y hundidos interna y externamente (Edlund *et al.*, 2006, figs. 17-24).

Los CPAs de *P. ferrarioae* sp. nov. se asemejan a los de *P. moralesi* Graeff, Kocielek & S.R. Rushforth en su grado de desarrollo pero nuestro material carece de las estrías fantasma que caracterizan a *P. moralesi*. También, la forma valvar es elíptica con ápices cuneados en *P. moralesi* y los CPAs están hundidos hacia el interior (Graef *et al.*, 2013 figs. 56-63).

*Pseudostaurosira ferrarioae* también difiere de *P. decipiens* en que esta última posee valvas lanceoladas, más anchas (4-6  $\mu\text{m}$ ) y los CPAs se hallan hundidos en ambos ápices valvares tanto externa como internamente (Morales *et al.*, 2012, figs. 39, 42, 44). Además, *P. decipiens* también posee las alas o discos flotantes en la parte interna y externa de las aperturas areolares (Morales *et al.*, 2012, figs. 39, 40, 44), los cuales no se han observado en *P. ferrarioae*.

La nueva especie también se diferencia de *P. laucensis* por la forma de la valva, que en el caso de esta última es lanceolada con ápices muy delgados en relación al resto de la valva; las valvas pueden ser más largas (hasta 20  $\mu\text{m}$ ) y más anchas (hasta 5,5  $\mu\text{m}$ ). Las estrías de *P. laucensis* están más desarrolladas, delimitando un área axial menos ancha que la de *P. ferrarioae* (Rumrich, *et al.*, 2000, figs. 10-20, 22, 23). Estas últimas figuras muestran también las estrías fantasma de *P. laucensis* que están ausentes en *P. ferrarioae*. Adicionalmente, las espinas de *P. laucensis* están reducidas a grupos de prominencias que se hallan interrumpiendo las estrías y que, en algunos casos, parecen formar un ribete continuo a lo largo del borde de la cara valvar, próximo a su unión con el manto (Rumrich *et al.*, 2000, lám. 3, fig. 22). Si bien los CPAs están desarrollados en *P. laucensis* (Rumrich *et al.*, 2000, lám. 3, figs 22, 23), estos se hallan hundidos en el ápice valvar en vista externa. No existen imágenes de MEB de la vista interna de este taxon.

Algunos ejemplares de *P. tenuis* Morales & Edlund tienen cierta similitud con *P. ferrarioae* (Morales & Edlund, 2003, Fig. 22) pero ambas especies se diferencian por el ancho valvar (2  $\mu\text{m}$ ) y el número de estrías (23 en 10  $\mu\text{m}$ ).

*Pseudostaurosira* aff. *polonica* (M. Witak & Lange-Bertalot) E. A. Morales & M. B. Edlund (Fig. 7A-G)

Valvas anchamente elípticas, con extremos no rostrados y ápices ligeramente aguzados en especímenes pequeños y redondeados en los más grandes.

*Dimensiones:* eje apical 7,8-20,3  $\mu\text{m}$ , eje transapical 2,5-3  $\mu\text{m}$ . Estrías 13-15 en 10  $\mu\text{m}$ .

*Material estudiado:* vega de la laguna Negra.

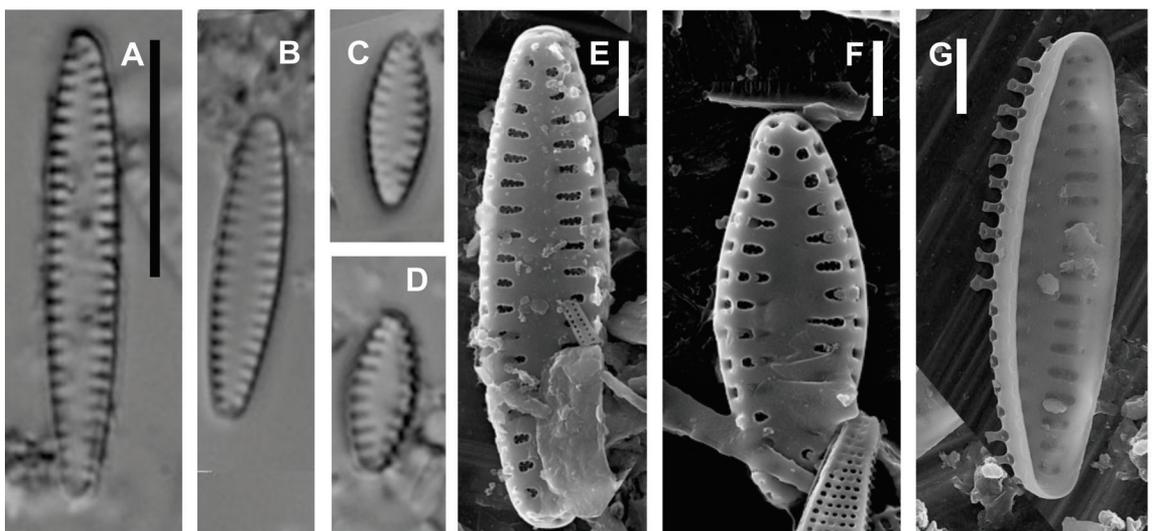
*Observaciones:* Nuestros ejemplares se asemejan a *Pseudostaurosira polonica* por la forma, tamaño, tipo de espinas y aréolas con volae desarrolladas y se diferencian porque los CPAs están muy poco desarrollados o están formados por un poroide. *P. polonica* fue reportada para estuarios en Polonia (Witkowski *et al.*, 1995) y para agua dulce en Mongolia (Morales & Edlund, 2003). Esta discontinuidad geográfica y las preferencias ecológicas aparentemente diferentes sugieren que “*P. polonica*” podría tratarse de un complejo de especies en el cual nuestro material podría estar incluido.

## CONCLUSIONES

Aunque existen numerosos estudios realizados dentro de este grupo de diatomeas, la falta de

coherencia en la taxonomía y en la información brindada por la literatura (Morales *et al.*, 2010) no permite aún establecer las preferencias ecológicas de la mayoría de los taxones hasta ahora descritos. Para algunos autores las Fragilariaceae son frecuentes en alta montaña, donde estos organismos deben adaptarse a bajas temperaturas, con prolongados períodos con hielo, cambios bruscos de las condiciones físico-químicas, bajas concentraciones de nutrientes y alta UV (Schmidt *et al.*, 2004a). Contribuciones realizadas para ambientes de alta montaña por otros autores (Álvarez-Blanco *et al.*, 2011; Morales & Edlund, 2003; Morales *et al.*, 2010, 2012; Rumrich *et al.*, 2000; Schmidt *et al.*, 2004a; 2004b, entre otros) indican que *Staurosira* es el género encontrado con mayor frecuencia en estos ambientes, seguido de *Pseudostaurosira*, siendo *Staurosirella* el menos frecuente. Sin embargo, debe considerarse que los autores mencionados tienen conceptos taxonómicos diferentes para la circunscripción de estos géneros.

El hallazgo de tres especies nuevas en muestras provenientes de sólo tres humedales sugiere que son necesarios nuevos estudios para conocer la real diversidad de las diatomeas fragilarioides en alta montaña y clarificar sus preferencias ecológicas.



**Fig. 7.** *Pseudostaurosira* aff. *polonica*. **A-D:** (MO). **E-G:** (MEB). **E-F:** vistas externas. **E:** espinas espatuladas interrumpiendo las estrías. **G:** vista interna. Escalas = A-D: 10  $\mu\text{m}$ ; E-G: 2  $\mu\text{m}$ .

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Fundación Miguel Lillo por el lugar de trabajo proporcionado. Este trabajo fue cofinanciado por la Unión Europea a través del Fondo de Desarrollo Regional Europeo en el marco de COMPETE 2020 (Operational Programme Competitiveness and Internationalization) y a través del Proyecto ICT (UID/GEO/04683/2013) con referencia POCI-01-0145-FEDER-007690.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALMEIDA, P. D., C. E. WETZEL, E. A. MORALES, L. ECTOR & D. C. BICUDO. 2015. *Staurosirella acidophila* sp. nov., a new araphid diatom (Bacillariophyta) from southeastern Brazil: ultrastructure, distribution and autecology. *Cryptogamie Algol.* 36: 255-270.
- ÁLVAREZ-BLANCO, I., C. CEJUDO-FIGUEIRAS, I. de GODOS, R. MUÑOZ & S. BLANCO. 2011. Las diatomeas de los salares del Altiplano boliviano: singularidades florísticas. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. Biol.* 105: 67-82.
- BARBER, H. G. & E. Y. HAWORTH. 1981. A guide to the morphology of the diatom frustule with a key to the British freshwater genera. *Freshwater Biol. Assoc. Scient. Publ.* 44: 1-112.
- BATTARBEE, E. W. 1986. Diatom Analysis. In: BERGLUND, B. E. (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*, pp. 527-570. J. Wiley & Sons, New York.
- CAZIANI, S. & E. DERLINDATI. 2000. Abundance and habitat of Andes flamingos in northwestern Argentina. *Waterbirds* 23 (Special publication 1): 121-133.
- CEJUDO-FIGUEIRAS, C., E. A. MORALES, C. E. WETZEL, S. L. BLANCO, L. HOFFMANN & L. ECTOR. 2011. Analysis of the type of *Fragilaria construens* var. *subsalina* (Bacillariophyceae) and description of two morphologically related taxa from Europe and the United States. *Phycologia* 50: 67-77.
- EDLUND, M. B., E. A. MORALES & S. A. SPAULDING. 2006. The type and taxonomy of *Fragilaria elliptica* Schumann, a widely misconstrued taxon. In: WIRTOWSKI, A. (ed.), *Eighteenth International Diatom Symposium 2004*, pp. 53-59. Biopress Limited, Bristol.
- FLOWER, R. J. 2005. A taxonomic and ecological study of diatoms from freshwater habitats in the Falkland Islands, South Atlantic. *Diatom Res.* 20: 23-96.
- GONZÁLEZ ACHEM, A. L., C. T. SEELIGMANN & M. ALDERETE. 2014. Variaciones espacio-temporales de la flora diatomológica en Laguna de Los Pozuelos (Jujuy, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 49: 177-193.
- GRAEFF, C. L., J. P. KOCIOLEK & S. R. RUSHFORTH. 2013. New and interesting diatoms (Bacillariophyta) from Blue Lake warm springs, Tooele County, Utah. *Phytotaxa* 153: 1-38.
- MAIDANA, N. I. & C. T. SEELIGMANN. 2006. Diatomeas (Bacillariophyceae) de ambientes acuáticos de altura de la Provincia de Catamarca, Argentina II. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 41: 1-13.
- MAIDANA, N. I. & C. T. SEELIGMANN. 2014. Phytoplankton in high mountain wetlands of Argentina. In: TELL, G. I. IZAGUIRRE & I. O'FARRELL, (eds.), *Freshwater Phytoplankton of Argentina*. Advance in Limnology 65, pp. 23-35. Schweizerbart Science Publishers. Stuttgart.
- MAIDANA, N. I. & C. T. SEELIGMANN. 2015. Diatomeas (Bacillariophyceae) en humedales de altura de la provincia de Catamarca (Argentina). III. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 50: 447-466.
- MAIDANA, N. I., C. T. SEELIGMANN & M. MORALES. 2011. El género *Navicula sensu stricto* (Bacillariophyceae) en humedales de altura de Jujuy, Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 46: 13-29.
- MARCINIAK, B. 1982. Late glacial and Holocene new diatoms from glacial Lake Przedni Staw in the Przedni Stawów Polskich Valley, Poliss Tatra Mts. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.* 25: 161-71.
- MORALES, E. A. 2001. Morphological studies in selected fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from Connecticut waters (USA). *Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.* 151: 105-120.
- MORALES, E. A. 2002. Studies in selected fragilarioid diatoms of potential indicator value from Florida (USA) with notes on the genus *Opephora* Petit (Bacillariophyceae). *Limnologica* 32: 102-113.
- MORALES, E. A. 2003. On the taxonomic status of the genera *Belonastrum* and *Synedrella* proposed by Round and Maidana (2001). *Cryptogamie Algol.* 24: 277-288.
- MORALES, E. A. 2005. Observations of the morphology of some known and new fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from rivers in the USA. *Phycol. Res.* 53: 113-133.
- MORALES, E. A. 2010. Citing online sources: *Staurosirella pinnata*. In Diatoms of North America. [online]. Disponible en: [https://diatoms.org/species/staurosirella\\_pinnata.htm](https://diatoms.org/species/staurosirella_pinnata.htm) [Acceso: 03 July 2018].
- MORALES, E. A. & M. B. EDLUND. 2003. Studies in selected fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from Lake Hovsgol, Mongolia. *Phycol. Res.* 51: 225-239.
- MORALES, E. A. & K. M. MANOYLOV. 2006a. Morphological studies on selected taxa in the genus *Staurosirella* Williams et Round (Bacillariophyceae) from rivers in North America. *Diatom Res.* 21: 343-364.

- MORALES, E. A. & K. M. MANOYLOV. 2006b. *Staurosirella incognita* Morales et Manoylov sp. nov., a non-spiny species from North America, with an emended description of *Staurosirella* Williams et Round (Bacillariophyceae). In: WITKOWSKI, A. (ed.), *Proceedings of the Eighteenth International Diatom Symposium*, pp. 325-336. Biopress Limited, Bristol.
- MORALES, E. A., E. FERNÁNDEZ & P. J. KOCIOLEK. 2009. Epilithic diatoms (Bacillariophyta) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America 3: diatoms from Sehuenas, Carrasco National Park, Department of Cochabamba. *Acta Bot. Croat.* 68: 263-283.
- MORALES, E. A., M. B. EDLUND & S. ASPAULDING. 2010. Description and ultrastructure of araphid diatom species (Bacillariophyceae) morphologically similar to *Pseudostaurosira elliptica* (Schumann) Edlund *et al.* *Phycol. Res.* 58: 97-107.
- MORALES, E. A., M. H. NOVAIS, G. CHÁVEZ, L. HOFFMANN & L. ECTOR. 2012. Diatoms (Bacillariophyceae) from the Bolivian Altiplano: three new araphid species from the Desagüadero River draining Lake Titicaca. *Fottea* 12: 41-58.
- MORALES, E. A., C. E. WETZEL, S. F. RIVERA, B. VAN DE VIJVER & L. ECTOR. 2014a. Current taxonomic studies on the diatom flora (Bacillariophyceae) of the Bolivian Altiplano, South America, with possible consequences for palaeoecological assessments. *J. Micropalaeontol.* 33: 121-129.
- MORALES, E. A., K. BUCZKÓ, C. E. WETZEL, M. H. NOVAIS, N. OGNJANOVA-RUMENOVA, L. HOFFMANN & L. ECTOR. 2014b. Transfer of *Staurosira grunowii* to *Staurosirella*. *Diatom Res.* 29: 105-110.
- MORALES, E. A., C. E. WETZEL, B. VAN DE VIJVER & L. ECTOR. 2015. Morphological studies on type material of widely cited araphid diatoms (Bacillariophyta). *Phycologia* 54: 455-470.
- MORRONE, J. J. 2002. Presentación sintética de un nuevo esquema biogeográfico de América Latina y el Caribe. In: COSTA, C., A. VANIN, J. M. LOBO & A. MELIC (eds.), *Red Latinoamericana de Biogeografía y Entomología sistemática*. Monografías Tercer Milenio 2, pp. 267-275. SEA, Zaragoza.
- ROSS, R., E. J. COX, N. I. KARAYEVA, D. G. MANN, T. B. B. PADDOCK, R. SIMONSEN & P. A. SIMS. 1979. An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedwigia, Beih.* 64: 513-533.
- ROUND, F. E., R. M. CRAWFORD, & D. G. MANN. 1990. *The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press, Cambridge.
- RUMRICH, U., H. LANGE-BERTALOT & M. RUMRICH. 2000. Diatoms of the Andes: from Venezuela to Patagonia/Tierra del Fuego. *Iconogr. Diatomol.* 9: 1-649.
- SCHMIDT, R., C. KAMENIK, H. LANGE-BERTALOT & R. KLEE. 2004a. *Fragilaria* and *Staurosira* (Bacillariophyceae) from sediment surfaces of 40 lakes in the Austrian Alps in relation to environmental variables, and their potential for palaeoclimatology. *J. Limnol.* 63: 171-189.
- SCHMIDT, R., H. LANGE-BERTALOT, & R. KLEE. 2004b. *Staurosira parasitoides* sp. nova and *Staurosira microstriata* (Marciniak) Lange-Bertalot from surface sediment samples of Austrian alpine lakes. *Algol. Stud.* 114: 1-9.
- SEDDON, A. W. R., A. WITKOWSKI, C. A. FROYD, J. K. KURZYDŁOWSKI, J. GRZONKA & K. J. WILLIS. 2014. Diatoms from isolated islands II: *Pseudostaurosira diablarum*, a new species from a mangrove ecosystem in the Galápagos Islands. *Diatom Res.* 29: 201-211.
- SEELIGMANN, C. T. & N. I. MAIDANA. 2003. Diatomeas (Bacillariophyceae) en ambientes de altura de la Provincia de Catamarca (Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 38: 39-50.
- SEELIGMANN, C. T., N. I. MAIDANA & M. MORALES. 2008. Diatomeas (Bacillariophyceae) de humedales de altura de la Provincia de Jujuy - Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 43: 1-17.
- WILLIAMS, D. M. & F. ROUND. 1987. Revision of the genus *Fragilaria* Lyngbye. *Diatom Res.* 2: 267-288.
- WITKOWSKI, A., H. LANGE-BERTALOT & M. WITAK. 1995. Diatom taxa of unusual frustule structure belonging to the genus *Fragilaria*. *Frag. Florist. Geobot.* 40: 729-741.

Recibido el 11 de abril de 2018, aceptado el 7 de septiembre de 2018. Editora: Eugenia Alicia Sar.

