

## EL GÉNERO *NAVICULA SENSU STRICTO* (BACILLARIOPHYCEAE) EN HUMEDALES DE ALTURA DE JUJUY, ARGENTINA

NORA I. MAIDANA<sup>1, 4</sup>, CLAUDIA SEELIGMANN<sup>2</sup> y MARCELO R. MORALES<sup>3, 4</sup>

**Summary:** The genus *Navicula sensu stricto* (Bacillariophyceae) in highland wetlands of Jujuy, Argentina. In this paper we present the main outcomes of the study of the diversity of genus *Navicula* Bory in 22 highland wetlands located in the Jujuy Province, Argentina (22° 30' - 22° 44' S; and 66° 39' - 66° 59' W; between 3500 and 4683 masl), including the Vilama Lake Complex. The environments with broader species richness were Vilama, Catal, Rincón de Cajas and Del Arenal, meanwhile in Laguna Colorada the genus was absent. The more frequent species were *Navicula lauca* Rumrich & Lange-Bertalot, *N. paranicota* Rumrich & Lange-Bertalot, *N. salinicola* Hustedt var. *salinicola* and *N. veneta* Kützing. We also discuss some ecological, bio-geographical and taxonomical issues and we assigned the exclusively American species to one of the two Sections of the genus. With the following contribution we improve the knowledge about the diatoms of highlands environments of Southamerica.

**Key words:** diatoms, *Navicula*, wetlands, high mountain.

**Resumen:** Aquí presentamos los resultados del estudio de la diversidad del género *Navicula* Bory en 22 humedales de altura de la provincia de Jujuy, Argentina (22° 30' - 22° 44' S; y 66° 39' - 66° 59' W; entre 3500 y 4683 m snm), incluyendo el Complejo Lagunar Vilama. Los ambientes con mayor riqueza de especies fueron las lagunas Vilama, Catal, Rincón de Cajas y Del Arenal, mientras que en la laguna Colorada el género estuvo ausente. Las especies con mayor frecuencia de ocurrencia fueron *Navicula lauca* Rumrich & Lange-Bertalot, *N. paranicota* Rumrich & Lange-Bertalot, *N. salinicola* Hustedt var. *salinicola* y *N. veneta* Kützing.

En este trabajo discutimos algunos aspectos ecológicos, biogeográficos y taxonómicos y asignamos a una de las dos Secciones del género a las especies exclusivamente americanas. Con esta contribución ampliamos el conocimiento disponible sobre las diatomeas de ambientes de altura de Sudamérica.

**Palabras clave:** diatomeas, *Navicula*, humedales, alta montaña.

## INTRODUCCIÓN

En los trópicos, el 3,4 % de la tierra comprende zonas de alta montaña y cerca del 3 % de la superficie terrestre está cubierta por ecosistemas acuáticos de

altura (FAO, 2001). En zonas áridas o semiáridas, los humedales contribuyen al establecimiento de microclimas ya que la evaporación y la evapotranspiración mantienen los niveles locales de humedad y precipitaciones.

La altura que alcanza el territorio argentino en su borde occidental ejerce un efecto fundamental sobre las características del ambiente. Desde la frontera con Bolivia en el extremo noroeste hasta el norte de la provincia de Catamarca, se extienden entremezclados dos paisajes caracterizados por su altitud: la Puna y los Altos Andes. La Puna, ubicada entre los 3000 y 4000 m snm, se caracteriza por presentar un paisaje desértico, fragmentado, con escasos humedales y una escasa cobertura vegetal dominada por especies arbustivas, mientras que los Altos Andes, ubicados por encima de los 4000

<sup>1</sup> Laboratorio de Diatomeas Continentales, Dpto. de Biodiversidad y Biología Experimental. Fac. Cs. Exactas y Naturales. C. Universitaria, Pab. 2 C1428EHA Buenos Aires Argentina. E-mail: nim@bg.fcen.uba.ar

<sup>2</sup> ILINOA, Facultad de Cs. Nat. e Inst. M. Lillo UNT, M. Lillo 205, 4000 S. M. de Tucumán, Argentina. E-mail: cseeligmann@hotmail.com

<sup>3</sup> Instituto de Arqueología, FFyL UBA. Universidad de Buenos Aires, 25 de Mayo 217 3er piso. C1002ABE, Buenos Aires Argentina. E-mail: marcelomoralessar@gmail.com.

<sup>4</sup> CONICET

m snm, presentan menor densidad de humedales enmarcados en una extensa estepa de gramíneas.

En la provincia de Jujuy se encuentra el Complejo Lagunar Vilama, uno de los sistemas de humedales más extensos de la Puna. En general, muchas de sus lagunas son someras, lo que determina que la interacción entre la columna de agua y los sedimentos sea muy dinámica, predominando un proceso permanente de sedimentación y resuspensión. Los factores más importantes que determinan este proceso son los vientos, las variaciones de nivel y la actividad de la fauna. Tanto la remoción como la poca profundidad determinan la resuspensión y variaciones marcadas de disponibilidad de oxígeno (Bucher, 2006).

Las peculiaridades de este tipo de humedales de altura tornan interesante el análisis de las taxocenosis de microorganismos acuáticos tales como las diatomeas, que han sido reconocidas como valiosos indicadores ambientales (Stevenson & Pan, 1999). A pesar de la gran extensión geográfica que abarcan estos ambientes, no son numerosos los estudios realizados sobre las diatomeas en el área andina, entre los que se cuentan los referidos tanto a ambientes actuales (Patrick, 1961; Rumrich *et al.*, 2000; Servant-Vildary, 1978a, 1984, 1986; Tapia, 2008 y Tapia *et al.*, 2006; Herbst & Maidana, 1988; Maidana *et al.*, 1998; Maidana & Herbst, 1989) como a su uso como indicadoras paleoambientales (Servant Vildary, 1978b; Servant-Vildary & Blanco, 1984; Servant-Vildary & Mello e Sousa, 1993; Servant-Vildary & Jiménez., 2001; Sylvestre *et al.*, 1999; Tapia *et al.*, 2003, entre otros). En el caso particular de las tierras altas de Argentina, a partir de 1998 han comenzado a realizarse relevamientos regulares de la flora diatomológica en cuerpos de agua de alta montaña en la región de la Puna argentina, en el marco general del Censo Internacional de Aves Altoandinas del Grupo Conservación de Flamentos (GCFA), algunos de cuyos resultados ya han sido publicados (Seeligmann & Maidana, 2003; Maidana & Seeligmann, 2006; Seeligmann *et al.*, 2008).

Durante el relevamiento de la flora diatomológica de 22 humedales de altura en la provincia de Jujuy (22° 30' a 22° 44' S; 66° 39' a 66° 59' W) realizado durante los años 2004 y 2005, se verificó la importancia y la diversidad de representantes del género *Navicula* Bory *sensu lato*. A pesar de ser un

género que ha sido objeto de numerosos estudios (Round, 2001; Lange-Bertalot, 2001) todavía subsisten problemas taxonómicos sustanciales.

Al momento de su descripción original (*i.e.* fines el siglo XIX), *Navicula* incluía a las diatomeas birrafideas, bilateralmente simétricas (Round *et al.*, 1990). Desde ese momento hasta los años 70 del siglo XX, los intentos por organizar el género en grupos o subgéneros fallaron notablemente (Cleve, 1894; Patrick, 1959). A partir de los '70s se revisó la posición sistemática de *Navicula* y se enmendó la descripción genérica de acuerdo con la especie tipo *N. tripunctata* (Müller) Bory (Cox 1979), incluyendo, de esta manera, solo a las especies de la antigua sección *Lineolatae*. Con las contribuciones de Cox (1979, 1995, 1998) y Mann & Stickle (1991), entre otros, se descubrieron nuevas diferencias morfológicas, citológicas y reproductivas, de modo que muchas de las especies que ya no podían ser incluidas en *Navicula* fueron agrupadas y transferidas a géneros nuevos (*v.g.* *Luticola* Mann, *Fallacia* Stickle & Mann, etc.) y otras a antiguos géneros que fueron resucitados a tal fin como *Craticula* Grunow y *Dickieia* Berkeley, por ejemplo. Más adelante, Lange-Bertalot (2001) dividió al género en dos Secciones: *Navicula* y *Alinea*. En la primera agrupó a las especies en las cuales las fisuras centrales del rafe, cuando están evidentemente curvadas, lo hacen hacia el lado secundario de la valva (donde se ubica la discontinuidad de Voigt) mientras que la segunda Sección comprende a aquellas especies en las que las fisuras centrales siempre se curvan claramente hacia el lado primario.

Uno de los principales problemas para el reconocimiento de las especies, es la marcada similitud en los caracteres morfológicos y morfométricos. Al respecto, un problema persistente en la clarificación de este género, que aumenta la complejidad de la situación anterior, es la limitada información disponible sobre la variación morfológica intrapoblacional causada por cambios en las condiciones ambientales (Cox, 1999).

Cox (1994) señala que existen evidencias de que los morfotipos pueden funcionar como indicadores de las condiciones del medio de una comunidad determinada. Round (2001) consideró que la información ecológica detallada de las comunidades de *Navicula* puede facilitar la determinación taxonómica, así como permitir la identificación

de diferentes ecotipos, de acuerdo a las variables ambientales que puedan ejercer algún tipo de presión sobre las comunidades de diatomeas.

Con estos problemas en mente, se definió como objetivo central para este trabajo al estudio de la variabilidad de los representantes de *Navicula sensu stricto* en los ambientes estudiados y la discusión de su taxonomía y distribución. En este trabajo se asignan las especies exclusivamente americanas encontradas, a una u otra de las Secciones propuestas por Lange-Bertalot (2001).

## ÁREA DE ESTUDIO

Los humedales de altura aquí estudiados (Figura 1) se encuentran ubicados en un rango altitudinal comprendido entre los 3500 y 4683 m snm e incluyen al Complejo Lagunar Vilama (CLV). Este último se encuentra emplazado en la provincia fitogeográfica Altoandina, en el noroeste de la provincia de Jujuy, a unos 40 km del Cerro Zapaleri, punto limítrofe tripartito entre Bolivia, Chile y Argentina. El área está compuesta por esta serie de lagunas y humedales enmarcados en una estepa de gramíneas con escasas especies arbustivas y una cobertura vegetal menor al 20%. El CLV, designado Sitio Ramsar en el año 2000, se ubica a 4500 m snm en la provincia geológica de la Puna, dentro de una altiplanicie escalonada entre numerosos volcanes, que constituyen la máxima altura de la Cordillera de Los Andes en la República Argentina. Se pueden distinguir algunas lagunas pequeñas a medianas, de aguas dulces y más profundas y otras, de mayores dimensiones, como Vilama y Palar, que son muy someras, con alta evaporación y concentración de sales y un gran aporte de sedimentos volcánicos. Estos cuerpos palustres se caracterizan por presentar grandes fluctuaciones del nivel de agua. Su retracción en los períodos secos lleva a profundas modificaciones en sus características, como la eliminación de parte del hábitat acuático o su hipersalinización (Caziani & Derlindati, 2000).

Las características climáticas del área se encuentran pautadas por las tendencias generales registradas para la Puna, tratándose de un ambiente desértico con intensa radiación solar debida a la altitud, marcada amplitud térmica, fuerte estacionalidad en las lluvias y una baja presión

atmosférica. La temperatura media anual es de unos 6° C y presenta un régimen de precipitaciones estivales (Diciembre a Marzo) que no supera usualmente los 200 mm/año (Garreaud *et al.*, 2003).

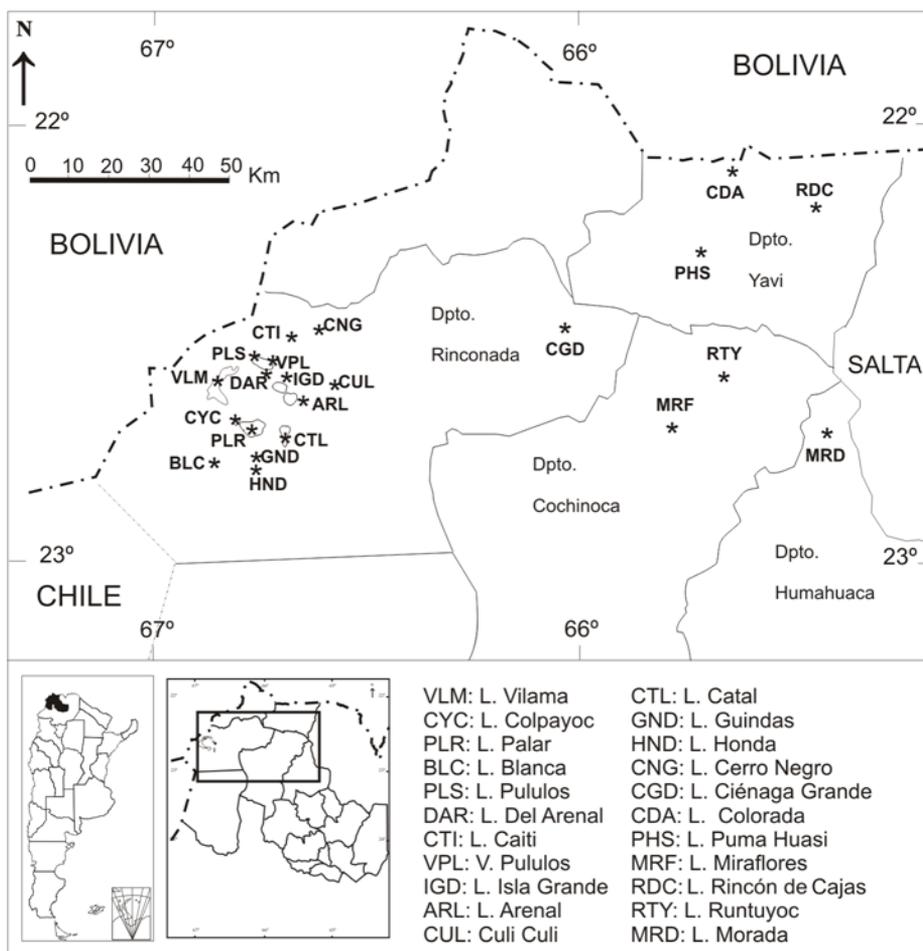
## MATERIAL Y MÉTODO

Los relevamientos, realizados durante 2004 y 2005, comprendieron 22 humedales (Tabla 1), tres de los cuales (Pululos, Vilama e Isla Gande) fueron muestreados los dos años. En las recolecciones de campo se midieron diferentes parámetros físicos y químicos que se resumen en la Tabla 1. La clasificación de los ambientes estudiados según su salinidad fue tomada de Hammer (1986).

El material, recolectado con red de plancton de 25 µm de apertura de malla en la zona litoral de los distintos cuerpos de agua, fue fijado *in situ* con formaldehído al 4 % e incorporado al Herbario de la Fundación Miguel Lillo (ver detalle en Seeligmann *et al.*, 2008; Maidana *et al.*, 2009).

Las muestras fueron tratadas siguiendo el protocolo estándar de Battarbee (1986) que consiste en la oxidación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y calor, eliminando el medio de oxidación mediante lavados y centrifugados sucesivos. Finalmente, se realizaron preparados definitivos con Naphrax®. Las muestras fueron analizadas con un microscopio binocular (MO) Reichert-Jung (Polyvar) con contraste interferencial a 1000x, y un microscopio electrónico de barrido (MEB) Phillips XL30 TMP previa metalización con Oro-Paladio. En cada ejemplar fotografiado se midieron eje apical, eje transapical, cantidad de estrías en 10 µm y, en los casos en que fue posible, el número de lineolas en 10 µm. En cada caso se indican los resultados de estas mediciones, la media y el desvío estándar, excepto en los casos en que el número de ejemplares encontrados fue menor a cinco. En el caso particular de *Navicula cryptotenella* se realizaron ANOVAs para analizar la variabilidad morfométrica observada.

La identificación taxonómica se basó fundamentalmente en la monografía de Lange-Bertalot (2001) y en Hustedt (1927), Krammer & Lange-Bertalot (1986), Rumrich *et al.* (2000) y Simonsen (1987). Para la distribución geográfica en Argentina se consultó a Vouilloud, 2003. Los taxones identificados en las muestras analizadas figuran en la Tabla 2 y sus características distintivas se resumen en una clave dicotómica.



**Fig. 1.** Ubicación de los 22 humedales muestreados. Las siglas de las localidades estudiadas son las que figuran en la Tabla 1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 17 taxones a nivel infragenérico, 16 de los cuales, por la curvatura de las fisuras centrales del rafe, pertenecen a la Sección *Navicula* mientras que sólo uno (*N. gregaria*) corresponde a la Sección *Alinea* (Tabla 2).

*Navicula lauca* Rumrich & Lange-Bertalot fue la más frecuentemente hallada en los cuerpos de agua estudiados (92% de las muestras analizadas), seguida por *N. parinacota* Rumrich & Lange-Bertalot (64%), *N. salinicola* Hustedt var. *salinicola* (56%) y *N. veneta* Kützing (52%). Estas cuatro especies aparecieron simultáneamente en 11 (44%) de las muestras, mientras que las dos más

frecuentes coexistieron en 15 de las muestras (60%), con una amplia distribución en la zona de estudio bajo condiciones ambientales aparentemente diversas. *N. capitatoradiata* Germain, *N. microcari* Ehrenberg y *N. phylleptosoma* Lange-Bertalot fueron, por su parte, las menos frecuentes (menos del 15% de las muestras).

Los ambientes con mayor riqueza de especies fueron las lagunas Vilama (en 2004) y Catal (CTL) con 11 especies y Rincón de Cajas (RDC) y Arenal (ARL) con 10 especies. En las lagunas Runtuyoc (RTY), Miraflores (MRF) y Guindas (GND) se halló una sola especie y en la laguna Colorada (CDA) no se hallaron ejemplares de este género.

# N. I. Maidana *et al.* - El género *Navicula sensu stricto* en humedales de altura

**Tabla 1.** Parámetros físicos y químicos de los humedales estudiados. Clasificación de los ambientes según grado de salinidad (Hammer, 1986): Hiposalina: 3-20 g/l, Mesosalina: 20-50 g/l, Hipersalina: 50-100 g/l, Hipersalina extrema: > 100 g/l

Lagunas (L) y Vega (V)	Coordenadas	Altura m snm	pH	Temp. del agua (°C)	Cond. $\mu\text{S cm}^{-1}$	Salinidad g/l	Clasificación Salinidad
ARL: L. Arenal	22°35'11"S 66°43'00"W	4564	10	16	6177	4,7	Hiposalina
BLC: L. Blanca	22°50'22"S 66°57'41"W	4500	11	-	18150	15,4	Hiposalina
CDA: L. Colorada	22°10'49"S 65°38'57"W	3551	8,7	14,2	120	0,9	Oligosal.
CGD: L. Ciénga Grande	22°27'52"S 66°01'30"W	3650	9,8	11	2280	1,7	Oligosal.
CNG: L. Cerro Negro	22° 30'44"S 66°41'31"W	4400	8,4	-	2550	1,9	Dulce
CTI: L. Caití	22°32'53"S 66°45'51"W	4573	8,8	-	969	0,7	Dulce
CTL: L. Catal	22°42'01"S 66°42'08"W	4320	8,6	-	26100	22,2	Mesosalina
CUL: L. Culi-Culi	22°36'58"S 66°38'01"W	4683	9,3	11	730	0,5	Oligosal.
CYC: L. Colpayoc	22° 39'53"S 66°51'33"W	4389	9	-	6750	5,1	Hiposalina
DAR: L. Del Arenal	22°35'11"S 66°43'00"W	4564	10	16	4750	3,6	Hiposal.
GND: L. Guindas	22°48'11"S 66°51'49"W	4500	11	-	123600	105	Hipersalina
HND: L. Honda	22°49'26"S 66°51'49"W	4500	10,9	-	116880	99,3	Hipersalina
IGD4: L. Isla Grande 2004	22°35'40"S 66°42'31"W	4564	8,5	14	870	0,6	Oligosal.
IGD5: L. Isla Grande 2005	22°35'40"S 66°42'31"W	4564	8,5	14	14000	11,9	Mesosalina
MRD: L. Morada	23°07'30"S 65°12'04"W	4050	10,4	22	167	0,1	Dulce
MRF: L. S. J. Miraflores	22°42'34"S 65°43'07"W	3502	10	17	990	0,7	Oligosal
PHS: L. Puma- Huasi	22°22'00"S 65°41'35"W	3567	8,5	18	144	0,2	Dulce
PLC: L. Palar Chica	22°40'57 "S 66°48'21"W	4451	8,5	-	8350	6,3	Hiposalina
PLG: L. Palar Grande	22°40'24"S 66°48'41"W	4309	8,5	-	8350	6,3	Hiposalina
PLS4: L. Pululos 2004	22°32'43"S 66°48'25"W	4557	9,2	16	1300	0,9	Oligosal.
PLS5: L. Pululos 2005	22°32'43"S 66°48'25"W	4557	9,2	16	2990	2,3	Dulce
RDC: L. Rincón de Cajas	22°13'10"S 65°16'58"W	3951	9	19,8	303	0,2	Dulce
RTY: L. Runtuyoc	22°39'06"S 65°41'48"W	3524	9,8	15,4	920	0,7	Oligosal.
VLM4: L. Vilama 2004	22°34'14"S 66°52'29"W	4543	8,6	23	27800	23,6	Mesosal.
VLM5: L. Vilama 2005	22°34'14"S 66°52'29"W	4543	8,6	23	29900	25,4	Mesosalina
VPL: V. Pululos	22°34'38"S 66°43'12"W	4571	10,1	15	250	0,2	Dulce
ARL: L. Arenal	22°35'11"S 66°43'00"W	4564	10	16	6177	4,7	Hiposalina
BLC: L. Blanca	22°50'22"S 66°57'41"W	4500	11	-	18150	15,4	Hiposalina
CDA: L. Colorada	22°10'49"S 65°38'57"W	3551	8,7	14,2	120	0,9	Oligosal.
CGD: L. Ciénga Grande	22°27'52"S 66°01'30"W	3650	9,8	11	2280	1,7	Oligosal.
CNG: L. Cerro Negro	22° 30'44"S 66°41'31"W	4400	8,4	-	2550	1,9	Dulce
CTI: L. Caití	22°32'53"S 66°45'51"W	4573	8,8	-	969	0,7	Dulce
CTL: L. Catal	22°42'01"S 66°42'08"W	4320	8,6	-	26100	22,2	Mesosalina
CUL: L. Culi-Culi	22°36'58"S 66°38'01"W	4683	9,3	11	730	0,5	Oligosal.
CYC: L. Colpayoc	22° 39'53"S 66°51'33"W	4389	9	-	6750	5,1	Hiposalina
DAR: L. Del Arenal	22°35'11"S 66°43'00"W	4564	10	16	4750	3,6	Hiposal.
GND: L. Guindas	22°48'11"S 66°51'49"W	4500	11	-	123600	105	Hipersalina
HND: L. Honda	22°49'26"S 66°51'49"W	4500	10,9	-	116880	99,3	Hipersalina
IGD4: L. Isla Grande 2004	22°35'40"S 66°42'31"W	4564	8,5	14	870	0,6	Oligosal.
IGD5: L. Isla Grande 2005	22°35'40"S 66°42'31"W	4564	8,5	14	14000	11,9	Mesosalina
MRD: L. Morada	23°07'30"S 65°12'04"W	4050	10,4	22	167	0,1	Dulce
MRF: L. S. J. Miraflores	22°42'34"S 65°43'07"W	3502	10	17	990	0,7	Oligosal
PHS: L. Puma- Huasi	22°22'00"S 65°41'35"W	3567	8,5	18	144	0,2	Dulce
PLC: L. Palar Chica	22°40'57 "S 66°48'21"W	4451	8,5	-	8350	6,3	Hiposalina
PLG: L. Palar Grande	22°40'24"S 66°48'41"W	4309	8,5	-	8350	6,3	Hiposalina
PLS4: L. Pululos 2004	22°32'43"S 66°48'25"W	4557	9,2	16	1300	0,9	Oligosal.
PLS5: L. Pululos 2005	22°32'43"S 66°48'25"W	4557	9,2	16	2990	2,3	Dulce
RDC: L. R. de Cajas	22°13'10"S 65°16'58"W	3951	9	19,8	303	0,2	Dulce
RTY: L. Runtuyoc	22°39'06"S 65°41'48"W	3524	9,8	15,4	920	0,7	Oligosal.
VLM4: L. Vilama 2004	22°34'14"S 66°52'29"W	4543	8,6	23	27800	23,6	Mesosal.
VLM5: L. Vilama 2005	22°34'14"S 66°52'29"W	4543	8,6	23	29900	25,4	Mesosalina
VPL: V. Pululos	22°34'38"S 66°43'12"W	4571	10,1	15	250	0,2	Dulce

**Tabla 2.** Especies de *Navicula* identificadas en las muestras estudiadas. En gris: humedales muestreados en 2004 y 2005.

	2004											2005														
	CDA	CGD	CUL	DAR	IGD4	MRD	MRF	PHS	PLS4	RDC	RTY	VLM4	VPL	ARL	BLC	CNG	CTI	CTL	CYC	GND	HND	IGD5	PLR	PLS5	VLM5	
<b>Sect. <i>Navicula</i></b>																										
<i>N. atacamana</i>				x						x		x			x							x				
<i>N. capitatoradiata</i>									x	x																
<i>N. cryptocephala</i>									x					x		x		x								
<i>N. cryptotenella</i>	x				x	x				x		x	x	x		x		x					x		x	
<i>N. lauca</i>	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
<i>N. libonensis</i>				x	x				x	x			x					x	x			x				
<i>N. microcari</i>									x			x														
<i>N. microdigitoradiata</i>				x								x	x	x		x		x					x		x	
<i>N. paranicota</i>	x		x		x		x		x		x	x		x	x	x		x	x		x	x	x		x	
<i>N. peregrina</i>									x	x			x								x			x		
<i>N. perminuta</i>	x		x							x		x	x	x				x	x						x	
<i>N. phyleptosoma</i>										x				x				x								
<i>N. pseudogracilis</i>				x								x		x									x		x	
<i>N. salinicola</i> var. <i>salinicola</i>	x	x	x	x	x							x	x	x		x	x	x	x		x	x		x		
<i>N. salinicola</i> var. <i>boliviana</i>									x			x		x	x			x							x	
<i>N. veneta</i>	x		x				x		x	x		x	x			x		x	x			x	x		x	
<b>Sect. <i>Alinea</i></b>																										
<i>N. gregaria</i>						x		x																		
<b>Total de especies</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	

*Clave para el reconocimiento de las especies del género Navicula sensu stricto en los humedales de altura estudiados*

- 1 Fisuras centrales del rafe curvadas hacia el lado primario de la valva. (Secc. *Alinea*). Extremos diferenciables del cuerpo principal; área central rectangular, asimétrica ..... *Navicula gregaria*
- 1' Fisuras centrales del rafe rectas o curvadas hacia el lado secundario de la valva (Secc. *Navicula*). Combinación de caracteres diferente ..... 2
- 2 Estrías paralelas en el centro de la valva ..... 3
- 2' Estrías radiales en el centro de la valva ..... 5
- 3 Área central rectangular ..... *Navicula atacamana*
- 3' Área central indistinguible o ausente ..... 4
- 4 Valvas lineales con extremos agudos ..... *Navicula salinicola* var. *boliviana*
- 4' Valvas angostamente lanceoladas con extremos obtusamente redondeados ..... *Navicula salinicola* var. *salinicola*

## N. I. Maidana *et al.* - El género *Navicula sensu stricto* en humedales de altura

5	Estrías con lineolas claramente distinguibles al microscopio óptico .....	6
5'	Lineolas poco evidentes al microscopio óptico .....	7
6	Longitud de las valvas mayor a 64 $\mu\text{m}$ .....	<i>Navicula peregrina</i>
6'	Longitud de las valvas menor a 40 $\mu\text{m}$ .....	<i>Navicula libonensis</i>
7	Valvas con 11 o menos estrías en 10 $\mu\text{m}$ .....	8
7'	Valvas con 12 o más estrías en 10 $\mu\text{m}$ .....	9
8	Valvas lanceoladas, con extremos angostamente cuneados .....	<i>Navicula pseudogracilis</i>
8'	Valvas elípticas a lineal-elípticas, con extremos obtusamente redondeados .....	<i>Navicula parinacota</i>
9	Valvas con 12 a 16 estrías en 10 $\mu\text{m}$ .....	10
9'	Valvas con más de 16 estrías en 10 $\mu\text{m}$ .....	14
10	Valvas con área central transversal, más o menos rectangular .....	11
10'	Valvas con área central con forma diferente o indistinguible .....	13
11	Valvas con extremos rostrados o subrostrados .....	12
11'	Valvas con extremos no diferenciables del cuerpo principal .....	<i>Navicula microcari</i>
12	Valvas con las estrías centrales más distanciadas entre sí que las restantes .....	<i>Navicula lauca</i>
12'	Valvas con estrías igualmente espaciadas .....	<i>Navicula veneta</i>
13	Extremos notablemente capitados; rafe filiforme .....	<i>Navicula capitatoradiata</i>
13'	Extremos no diferenciables del cuerpo principal; rafe lateral .....	<i>Navicula microdigitoradiata</i>
14	Valvas pequeñas, lanceoladas con extremos obtusamente redondeados; nunca mayores a 4 $\mu\text{m}$ de ancho .....	<i>Navicula perminuta</i>
14'	Valvas diferentes .....	15
15	Valvas con extremos subcapitados .....	<i>Navicula cryptocephala</i>
15'	Valvas con extremos no diferenciables del cuerpo principal .....	16
16	Valvas con área central orbicular, evidente, delimitada por estrías regularmente acortadas .....	<i>Navicula phylleptosoma</i>
16'	Valvas con área central muy reducida, con el par de estrías centrales opuestas más largo que las adyacentes .....	<i>Navicula cryptotenella</i>

### Sección *Navicula*

*Navicula atacamana* Patrick 1961: 50, Fig. 1: 11 (Fig. 2 G; Fig. 4 E)  
(= N. (?nov.) spec. cf. *accedens* Hustedt in Rumrich *et al.*, 2000: 320, Figs, 4-8)

Valvas linear lanceoladas con ápices agudos. Área central angosta; área central anchamente rectangular alcanzando los márgenes valvares. Rafe rectilíneo con las fisuras proximales rectas. Estrías paralelas en el centro de la valva y ligeramente convergente hacia los ápices.

*Dimensiones*: eje apical 45,7-57,6 (51,5  $\pm$  4,82)  $\mu\text{m}$ ;

eje transapical 5,8-6,6 (6,38  $\pm$  0,29)  $\mu\text{m}$ ; 9 estrías en 10  $\mu\text{m}$ ; 60 lineolas en 10  $\mu\text{m}$ .

*Ecología*: pobremente conocida. En este estudio fue hallada en ambientes oligo a mesosalinos ubicados aproximadamente de 4500 m snm y con valores de pH entre 8,5 y 11.

*Distribución*: fue encontrada en ambientes de altura de Bolivia, Chile y Argentina (Patrick, 1961, Rumrich *et al.*, 2000 y Maidana & Seeligmann, 2006).

*Observaciones*: Rumrich *et al.*, (op. cit.) ilustran ejemplares procedentes del altiplano chileno (Lám. 40, Figs. 4-8: *Navicula* ( $\zeta$ nov.) spec. cf. *accedens*

Hustedt,) que son idénticos a *N. atacamana*. De acuerdo a las dimensiones obtenidas de las fotografías son ligeramente menores (32-42 x 4-5,7  $\mu\text{m}$ ) que lo indicado por Patrick (1961) pero están incluidos en el rango de variación del material encontrado en ambientes de altura de la provincia de Catamarca (Maidana & Seeligmann, 2006) tanto en su aspecto en vista valvar y cingular como en sus dimensiones.

Resultó llamativa la constancia en el número de estrías en 10  $\mu\text{m}$  en todos los ejemplares observados.

Como se trata de un taxón exclusivamente americano, esta especie no fue incluida por Lange-Bertalot (2001) en ninguna de las Secciones del género. Dado que las fisuras centrales del rafe son evidentemente rectas, corresponde incluirla en la Sección *Navicula*.

*Navicula capitatoradiata* Germain 1981: 188, Fig.72: 7 (Fig. 3 E)

Lange-Bertalot, 2001: 22, Fig. 29: 15-20; 73: 6

Valvas elípticas-lanceoladas con extremos rostrados a rostrado-capitados. Área axial muy angosta; área central pequeña delimitada por estrías de longitud irregular. Rafe filiforme. Estrías radiales en el centro y convergentes hacia los extremos.

*Dimensiones*: eje apical 30-38  $\mu\text{m}$ ; eje transapical 6,65-8  $\mu\text{m}$ ; 15-16 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .

*Ecología*: en aguas ligeramente salobres o con alto contenido electrolítico (Lange-Bertalot, 2001).

*Distribución*: especie cosmopolita (Lange-Bertalot *op cit.*). En Argentina fue citada para Jujuy, Córdoba, Tucumán y Buenos Aires (Vouilloud, 2003; Vouilloud *et al.*, 2005).

*Navicula cryptocephala* Kützing 1844: 95, Fig.3: 20, 26 (Fig. 3 F)

Lange-Bertalot, 2001: 27, Fig. 17: 1-10; 18: 9-20

Valvas lanceoladas a angostamente lanceoladas con los extremos subcapitados. Área axial muy angosta; área central orbicular a transversalmente elíptica, ligeramente asimétrica. Rafe filiforme. Estrías fuertemente radiales en el centro a ligeramente convergentes hacia los extremos.

*Dimensiones*: eje apical 22,9  $\mu\text{m}$ ; eje transapical

5,7  $\mu\text{m}$ ; 20 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .

*Ecología*: esta especie tiene un amplio rango de tolerancia en cuanto a pH, contenido de nutrientes y electrolitos (Lange-Bertalot, 2001).

*Distribución*: especie cosmopolita (Lange-Bertalot *op cit.*). En Argentina fue citada para Salta, Río Negro, Corrientes, Córdoba, Buenos Aires, La Pampa, Chaco, Entre Ríos, Misiones, Jujuy, Mendoza, Santa Fé y Neuquén (Vouilloud *op cit.*).

*Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot *in* Krammer & Lange-Bertalot, 1985: 62, fig. 18: 22-23 (Fig. 3 J, O, P, Q y N)

Lange-Bertalot, 2001: 28, Fig. 26: 17-32; 27: 19-22; 28: 3; 69: 5

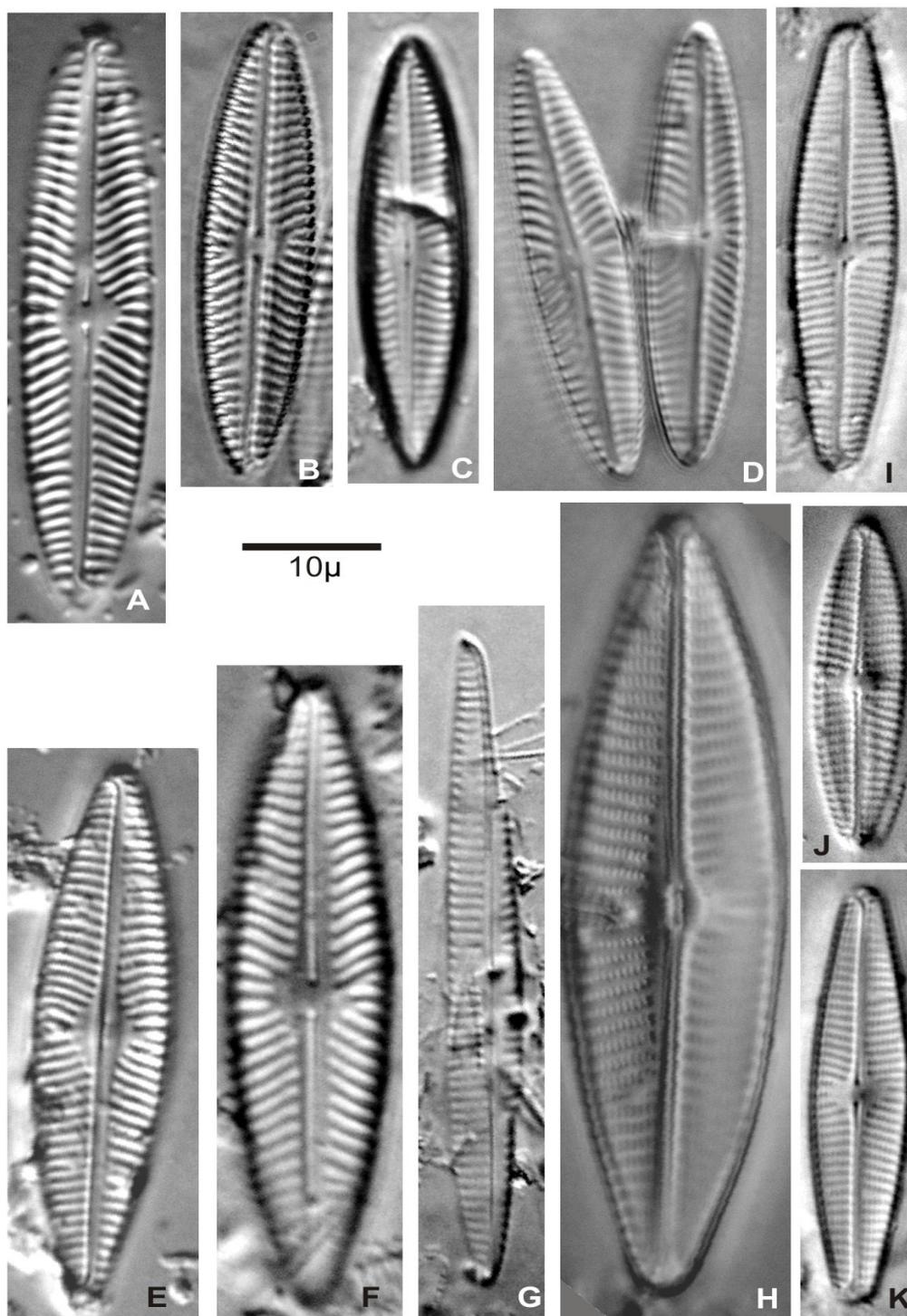
Valvas desde angostamente lanceoladas a rómbico-lanceoladas con extremos agudamente redondeados a subrostrados. Área axial angosta y lineal, área central prácticamente indistinguible. Rafe filiforme a levemente lateral, fisuras centrales no visiblemente curvadas. Estrías radiales en el centro y paralelas a levemente convergentes hacia los extremos.

*Dimensiones*: eje apical 14,6-30  $\mu\text{m}$  (20,46  $\pm$  3,59); eje transapical 4-5,4  $\mu\text{m}$  (4,64  $\pm$  0,33); 18 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .

*Ecología*: en ambientes lóticos y lénticos oligo-a eutróficos, con conductividades moderadas. Indicadora de aguas  $\beta$ -mesosaprobias o de mejor calidad, desaparece bajo condiciones de  $\beta$ - $\alpha$ -mesosaprobiedad (Lange-Bertalot, 2001). En este trabajo, la especie fue hallada en ambientes diversos, de oligo a mesosalinos y con valores de pH entre 8,4 y 10,4, acompañando frecuentemente a *N. lauca* y *N. parinacota*, pero estuvo mejor representada en los humedales con pH superior a 9.

*Distribución*: especie cosmopolita (Lange-Bertalot *op cit.*). En Argentina fue citada para Chaco, Catamarca y La Pampa (Vouilloud *op cit.*).

*Observaciones*: entre los ejemplares observados, algunos no presentaban extremos agudos (Fig.



**Fig. 2.** Microscopio óptico. **A, B:** *N. parinacota*; **C-F:** *N. pseudogracilis*; **C, D:** valvas típicas; **E, F:** valvas con estriás centrales prácticamente equidistantes; **G:** *N. atacamana*; **H:** *N. peregrina*; **I-K:** *N. libonensis*.

3N), sino subrostrados redondeados, siendo idénticos los restantes caracteres diagnósticos y fueron considerados, en principio, como un taxón diferente. El análisis estadístico de los caracteres morfométricos de 62 ejemplares de ambos morfotipos no mostró diferencias significativas, por lo que fueron tratados como variantes de la misma especie. Resultó llamativa la constancia en el número de estrías en 10  $\mu\text{m}$  (18) en todos los ejemplares medidos.

*Navicula lauca* Rumrich & Lange-Bertalot en Rumrich *et al.* 2000: 162, Fig. 51: 1-17, 20-23; 52: 1, 2 (Fig. 3 L y M; Fig. 4 A)

Valvas linear-lanceoladas con extremos subrostrados. Área axial angosta; área central transversalmente rectangular. Rafe filiforme. Estrías anchas, radiales en la parte media y ligeramente convergente hacia los extremos.

*Dimensiones:* eje apical 18,3-31,1 (25,64  $\pm$  3,4)  $\mu\text{m}$ ; eje transapical 4,3-6,2 (5,11  $\pm$  0,52)  $\mu\text{m}$ ; 12-15 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .

*Ecología:* poco conocida. La especie exhibió una amplia distribución a lo largo del gradiente altitudinal y bajo condiciones de salinidad y pH muy diversas, aunque fue notable que, a pesar de su alta frecuencia, no fuera hallada en cuatro de los cinco humedales ubicados por debajo de los 3600 m snm.

*Distribución:* esta especie ha sido citada hasta el momento solo para ambientes de altura de Chile, Bolivia y Argentina (Rumrich *et al.*, 2000; Seeligmann & Maidana, 2003, 2006; Maidana *et al.*, 2009).

*Observaciones:* *N. lauca*, junto a *N. parinacota* y *N. peregrina*, fueron las únicas especies de *Navicula* s. str. presentes en los ambientes hipersalinos y fue la única registrada en la laguna Guindas (123.600  $\mu\text{Scm}^{-1}$ ).

*Navicula libonensis* Schoeman 1970: 242, Fig. 36, 37 (Fig. 2 I, J y K)  
Lange-Bertalot, 2001: 45, Fig. 43: 7-14

Valvas lanceoladas a lineal-lanceoladas con extremos cuneados a subrostrados y ápices redondeados. Área axial angosta, lineal, ligeramente dilatada hacia el centro; área central variable, expandida transversalmente formando un rectángulo. Rafe filiforme o débilmente lateral, fisuras centrales del rafe ligeramente curvadas hacia el lado secundario de la valva. Estrías notablemente lineoladas, moderadamente radiales en el centro y convergentes en los ápices.

*Dimensiones:* eje apical 26,8-38,8 (33,74  $\pm$  2,67)  $\mu\text{m}$ ; ancho: 5,5-7,8 (6,66  $\pm$  0,6)  $\mu\text{m}$ ; 12-14 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .

*Ecología:* usualmente abundantes en ambientes lóticos y lénticos eutróficos, ricos en electrolitos e incluso poluídas (Lange-Bertalot, 2001). En este estudio, la especie fue hallada en ambientes oligo a mesosalinos con valores de pH entre 8,5 y 10,1 por encima de los 3900 m snm.

*Distribución:* especie cosmopolita. En Argentina, fue citada para, Catamarca, Río Negro, Entre Ríos, La Pampa, Jujuy y San Luis (Vouilloud *op. cit.*).

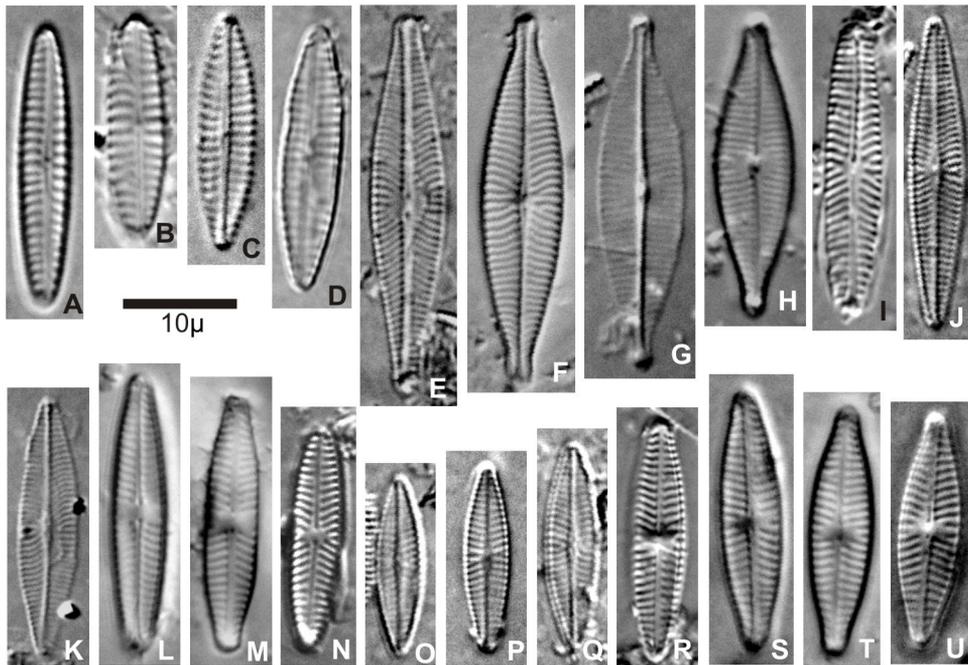
*Observaciones:* en la población de RDC, los ejemplares fueron ligeramente más anchos (6,6-7,8  $\mu\text{m}$ ) que lo indicado en la bibliografía para esta especie (5-5,8  $\mu\text{m}$ ) aunque el resto de sus características coincide totalmente.

*Navicula microcari* Lange-Bertalot, 1993: 121; Fig. 58: 1-5 (Fig. 3 R)  
Lange-Bertalot, 2001: 48, Fig. 52: 30-36

Valvas lanceoladas a lineal-lanceoladas con ápices obtusamente redondeados. Área axial muy angosta, lineal; área central transversalmente rectangular. Rafe filiforme con las fisuras centrales ligeramente curvadas. Estrías fuertemente radiales y curvadas en el centro y convergentes hacia los ápices.

*Dimensiones:* eje apical 21,1-22,9  $\mu\text{m}$ ; eje transapical 4,8-4,9  $\mu\text{m}$ ; 12-14 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .

*Ecología:* en ambientes con altas conductividades (Lange-Bertalot, 2001) lo que coincide con las



**Fig. 3.** Microscopio óptico. **A, B:** *N. salinicola* var. *salinicola*; **C, D:** *N. salinicola* var. *boliviana*; **E:** *N. cryptocephala*; **F:** *N. capitatoradiata*; **G, H:** *N. gregaria*; **I:** *N. microdigitoradiata*; **J, O-Q:** *N. cryptotenella*; **K:** *N. phylleptosoma*; **L, M:** *N. lauca*; **N:** *N. cryptotenella* (morfofoto 2); **R:** *N. microcari*; **S-U:** *N. veneta*.

características de los dos humedales en los que fue hallada.

*Distribución:* esta especie fue encontrada en Israel, España e Italia (Lange-Bertalot *op cit.*). Citada para Buenos Aires, Argentina por Vouilloud *et al.*, 2005.

***Navicula microdigitoradiata*** Lange-Bertalot, 1993: 122; Fig. 58: 9-15 (Fig. 3 I)

Lange-Bertalot, 2001: 49, Fig. 52: 1-7

(=*Navicula species 4* Lange-Bertalot (2001): 68, Fig. 52: 8-29)

(=*Navicula spec. cf. microdigitorradiata* en Rumrich *et al.* 2000; Lám. 55, Figs. 10-14)

Valvas elíptico-lanceoladas a linear lanceoladas con extremos cuneados, obtusamente redondeados. Área axial angosta, linear; área central elíptica poco evidente. Rafe levemente lateral. Estrías

fuertemente radiales en el centro, convergentes en los polos, irregularmente acortadas alrededor del área central.

*Dimensiones:* eje apical 18,4-35,3 ( $22,94 \pm 4,39$ )  $\mu\text{m}$ ; eje transapical 4,2-6,1 ( $5,01 \pm 0,5$ )  $\mu\text{m}$ , 12-15 ( $13,67 \pm 0,77$ ) estrías en 10  $\mu\text{m}$ .

*Ecología:* en aguas con moderado a bajo contenido electrolítico y en biotopos con condiciones fluctuantes de humedad (Lange-Bertalot 2001).

*Distribución:* Europa (Lange-Bertalot, 2001). Para Argentina se la cita por primera vez.

*Observaciones:* de acuerdo a sus dimensiones, los individuos observados se podían separar en dos grupos. El primero (Figura 3 I) coincidía con la diagnosis de *N. microdigitoradiata* en todas sus características morfológicas: eje apical 25,5-35,3 ( $30,8 \pm 3,56$ ); eje transapical 4,6-6,1 ( $5,53 \pm 0,62$ )  $\mu\text{m}$  y 14-15 estrías en 10  $\mu\text{m}$ . El segundo era morfológicamente idéntico

al anterior pero con dimensiones menores: eje apical 18-26,9 ( $21,87 \pm 2,48$ ); eje transapical 4,2-5,5 ( $4,92 \pm 0,31$ )  $\mu\text{m}$  y 12-15 estrías en 10  $\mu\text{m}$ ). Estos individuos eran muy semejantes a lo que Lange-Bertalot (2001) denominó *Navicula species 4* (y que también relacionó con *N. microdigitoradiata*) y a *Navicula spec. cf. microdigitoradiata*, ilustrada en Rumrich *et al.* 2000. Dada la gran similitud entre ambos grupos de individuos, la superposición parcial de los rangos de variación de sus dimensiones y que ambos coexisten en algunas de las muestras estudiadas, consideramos que deben ser tratados como pertenecientes a la misma especie.

*Navicula parinacota* Rumrich & Lange-Bertalot en Rumrich *et al.* 2000: 164, Fig. 50: 1-11 (Fig. 2 A y B; Fig. 4 D y F)

Valvas elípticas a linear elípticas con extremos obtusamente redondeados. Área axial rectilínea; área central orbicular aproximadamente simétrica. Rafé lateral con las fisuras centrales externas no curvadas y no separadas en vista interna (Figura 4 F). Estrías radiales en el centro de la valva, suavemente convergentes hacia los extremos.

*Dimensiones*: eje apical 25,3-45 ( $34,43 \pm 4,76$ )  $\mu\text{m}$ ; eje transapical 7,2-9,9 ( $8,36 \pm 0,79$ )  $\mu\text{m}$ ; 9-11 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .

*Ecología*: poco conocida. Esta especie, altamente frecuente en las muestras estudiadas, aparece casi en los mismos sitios que *N. lauca* (Tabla 2) por lo que es posible suponer que tienen similares requerimientos ecológicos. Junto con *N. peregrina*, fueron las únicas especies del género halladas en la laguna Honda ( $116.880 \mu\text{Scm}^{-1}$ ).

*Distribución*: especie conocida solo para ambientes de altura de Chile (Rumrich *et al.*, 2000).

*Observaciones*: esta especie se cita por primera para Argentina.

*Navicula peregrina* (Ehrenberg) Kützing 1844: 97 (Fig. 2 H)  
Lange-Bertalot, 2001: 54, Fig. 48: 1-4; 73: 1-2

Valvas lanceoladas, extremos redondeados, a veces ligeramente proyectados. Área axial angosta, linear; área central transversal, de contorno variable, moderadamente amplia. Rafé lateral con los poros centrales notables, curvados en forma de gancho. Estrías notablemente lineoladas, radiales en el centro y convergentes hacia los extremos.

*Dimensiones*: eje apical 64,3-68,8  $\mu\text{m}$ ; eje transapical 15,4-15,9  $\mu\text{m}$ ; 7 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .

*Ecología*: en áreas costeras o influenciadas por mareas, en ambientes continentales con elevada concentración salina o altas conductividades (Lange-Bertalot, 2001). Aunque esta especie no presentó una frecuencia elevada en los humedales estudiados, se la ha hallado tanto en ambientes hipersalinos con conductividad muy elevada como oligosalinos con bajos valores conductividad (Tablas 1 y 2). El escaso número de ejemplares hallados en estos últimos humedales podría atribuirse al transporte de valvas de origen alóctono, dispersados ya sea por los fuertes vientos o por las numerosas aves migratorias que se desplazan entre los distintos cuerpos de agua de la región.

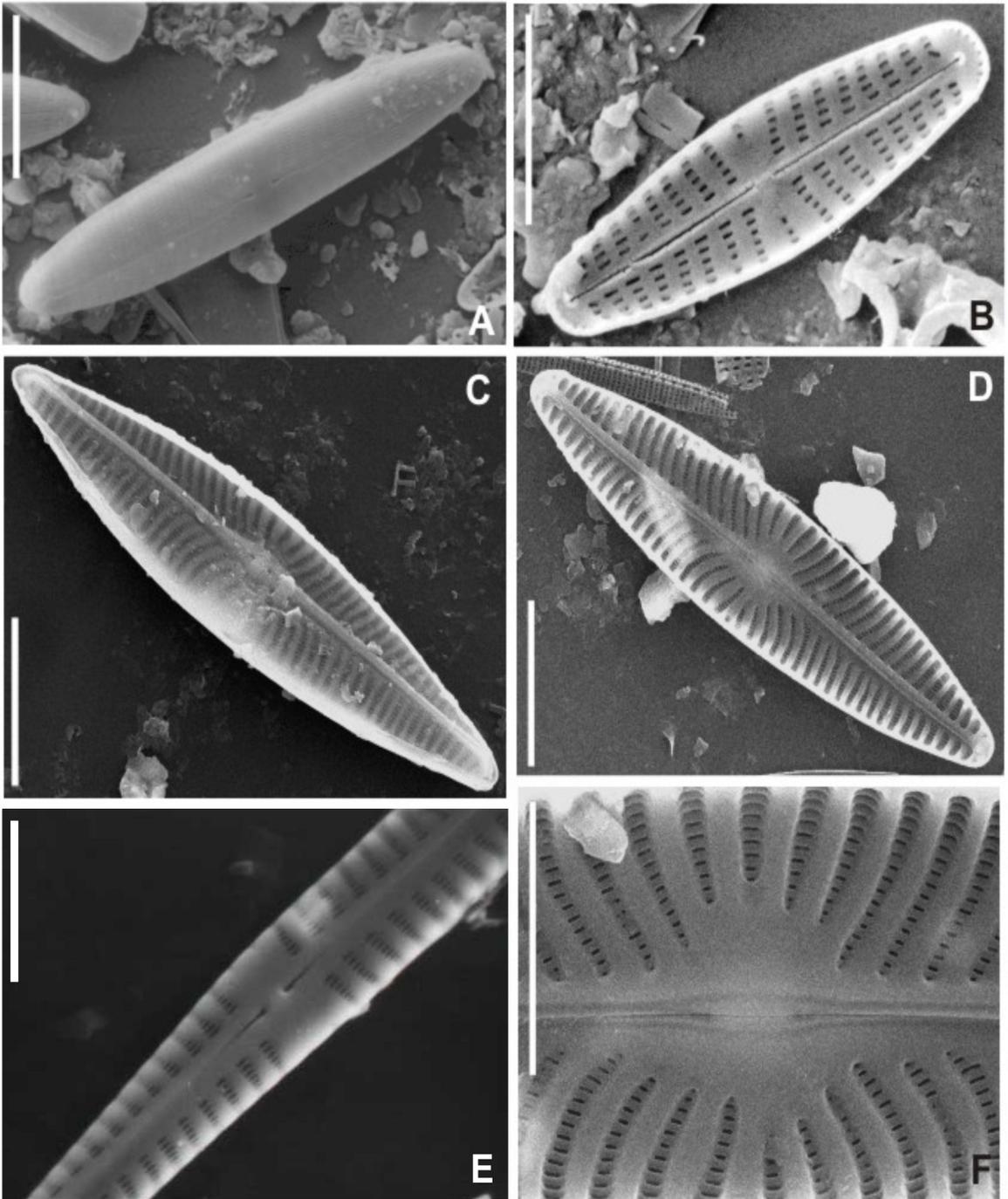
*Distribución*: especie cosmopolita (Lange-Bertalot *op cit.*). En Argentina ampliamente distribuida (Vouilloud *op cit.*).

*Navicula perminuta* Grunow in Van Heurck, 1880-1885; Fig. 14: 7 (Fig. 4 B)  
Lange-Bertalot, 2001: 54, Fig. 33: 20-27

Valvas lanceoladas con extremos obtusamente redondeados. Área axial muy angosta y lineal; área central delimitada por el acortamiento del par de estrías centrales opuestas. Rafé filiforme. Estrías casi paralelas en el centro a levemente convergentes hacia los extremos.

*Dimensiones*: eje apical 6,8-17,5 ( $10,04 \pm 3,04$ )  $\mu\text{m}$ ; eje transapical 2-4 ( $2,75 \pm 0,53$ )  $\mu\text{m}$ ; 16-20 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .

*Ecología*: en zonas costeras y ríos salobres (Lange-Bertalot, 2001). En este estudio se halló en ambientes oligo a mesosalinos con pH entre 8,6 y 10.



**Fig. 4.** Microscopio electrónico de barrido. **A:** *N. lauca*; **B:** *N. perminuta*; **C:** *N. pseudogracilis*; **D, F:** *N. parinacota* vista interna; **D:** aspecto general; **F:** detalle de la región central; **E:** *N. atacamana* detalle de la región central. Escalas: 10 $\mu$ m (Figs A,C-D); 5  $\mu$ m (Fig. B y E) y 2 $\mu$ m (Fig. F).

*Distribución:* especie cosmopolita (Lange-Bertalot *op cit.*). En Argentina fue citada para Córdoba y San Luis (Vouilloud *op cit.*).

*Navicula phylleptosoma* Lange-Bertalot in Lange-Bertalot & Genkal, 1999: 69, Fig. 13: 1-5. (Fig. 3 K)

Lange-Bertalot, 2001: 57, Fig. 46: 10-18.

Valvas lanceoladas con extremos moderadamente agudos. Área axial muy angosta, dilatada hacia el centro. Área central casi circular, poco evidente. Rafe filiforme y recto con los poros centrales notablemente próximos. Estrías ligeramente radiales y curvadas en el centro, paralelas a levemente convergentes hacia los polos.

*Dimensiones:* eje apical 24-27,5 (25,5 ± 1,8) µm; eje transapical 5,5-5,8 (5,6 ± 0,17) µm; 18 estrías en 10 µm.

*Ecología:* ambientes con alta conductividad o salobres de zonas desérticas (Lange-Bertalot, 2001), lo que coincide con las características de dos de los tres humedales en los que fue hallada. La presencia de una valva de esta especie en la laguna Rincón de Cajas, oligosalina, puede atribuirse a su transporte desde otro humedal de la región.

*Distribución:* especie cosmopolita (Lange-Bertalot *op cit.*).

*Observaciones:* se cita por primera vez para Argentina.

*Navicula pseudogracilis* Hustedt 1927: 244, Lám. 8, Fig. 4 (Fig. 2 C, D, E y F; Fig. 4 C)

Simonsen 1987: 107, Lám. 166, Fig. 13

(= *Navicula* aff. *pseudogracilis* Hustedt en Seeligmann & Maidana 2003: 44, Fig 3A)

Valvas lanceoladas con extremos cuneados y ápices angostamente redondeados. Área axial angosta y linear, ligeramente dilatada hacia el centro donde se fusiona con el área central rómbica y pequeña. Rafe ligeramente lateral, con los poros centrales evidentes, rectos. Estrías

radiales y de longitud irregular en el centro y algo más distanciadas que las restantes y paralelas a levemente convergentes hacia los ápices.

*Dimensiones:* eje apical 33,4-45,8 (40,08 ± 4,47) µm; eje transapical 8-9,6 (8,69 ± 0,59) µm; 10-11 estrías en 10 µm

*Ecología:* poco conocida. En este estudio la especie estuvo presente en ambientes hipo a mesosalinos con valores elevados de pH pero fueron más abundantes en aquellos con salinidad más elevada y pH cercano a 8,5.

*Distribución:* sólo fue citada para ambientes de altura de Chile (Rumrich *et al.*, 2000) y de Argentina (Seeligmann & Maidana, 2003 y Maidana *et al.* 2009).

*Observaciones:* el material estudiado presenta una gran variabilidad en cuanto a la distancia que separa las estrías centrales. De hecho, en aquellos ejemplares en los cuales las estrías son equidistantes presentan gran semejanza con las valvas más pequeñas (Figura 2 E y F) de *Navicula broetzii* Lange-Bertalot & Reichardt in Lange-Bertalot & Metzeltin, 1996: 77, Fig. 81: 1-7, Lange-Bertalot, 2001: 20, Fig. 7: 1-8, motivo por el cual fue citada como tal en Maidana *et al.* 2009.

*Navicula salinicola* Hustedt var. *salinicola* Hustedt 1939: 638, Figs. 61-69 (Fig. 3 A y B)

Lange-Bertalot, 2001: 66, Fig. 31: 14-20.

Valvas angostamente lanceoladas con extremos obtusamente redondeados. Área axial muy angosta y un área central muy pequeña o indistinguible. Rafe filiforme con los poros centrales muy próximos Estrías paralelas en el centro, convergentes hacia los extremos.

*Dimensiones:* eje apical 13,6-24,4 (17,42 ± 2,42) µm; eje transapical 3,3-4,7 (4,16 ± 0,36) µm; 10-13 estrías en 10 µm.

*Ecología:* en ambientes salobres o con alto contenido electrolítico y sobre tierra húmeda (Lange-Bertalot, 2001). En este estudio se la ha hallado en forma abundante en ambientes oligo a

## N. I. Maidana *et al.* - El género *Navicula sensu stricto* en humedales de altura

mesosalinos, con pH de 8,4 a 10,1.

*Distribución:* especie cosmopolita (Lange-Bertalot *op cit.*). En Argentina fue citada para Buenos Aires, Jujuy y Catamarca (Vouilloud *op cit.*).

*Navicula salinicola* var. *boliviana* Patrick 1961: 50 Lám. 1, Fig. 1: 11 (Figs. 3 C y D)

(= *N. altiplanensis* Rumrich & Lange-Bertalot en Rumrich *et al.*, 2000: 152, Figs 55: 21-27)

Se diferencia de la variedad nominal fundamentalmente por la forma lineal de la valva y los extremos agudos.

*Dimensiones:* eje apical 17,5-29,5 (21,84 ± 2,99) µm; eje transapical 3,6-5,8 (4,93 ± 0,54) µm; 11-14 estrías en 10 µm.

*Ecología:* poco conocida. En este estudio, apareció frecuentemente en los mismos humedales que var. *salinicola* aunque, en este caso, fue más abundante en los ambientes mesosalinos.

*Distribución:* especie conocida hasta el momento solo para Bolivia y Argentina (Rumrich *et al.*, 2000 y Seeligmann & Maidana, 2006).

*Observaciones:* Rumrich *et al.* (2000) ilustran ejemplares procedentes del altiplano chileno a los que denominan "*N. altiplanensis* nov spec." que son idénticos a *N. salinicola* var. *boliviana*. Los ejemplares chilenos son ligeramente menores (16-30 x 4-6 µm) que los descritos por Patrick (1961) pero coinciden, tanto en su aspecto en vistas valvar y cingular como en sus dimensiones, con ejemplares hallados en ambientes de altura de la provincia de Catamarca (Seeligmann & Maidana, *op cit.*).

Las fisuras centrales del rafe de esta variedad exclusivamente americana son evidentemente rectas al igual que en la variedad nominal, lo que confirma su inclusión en la Sección *Navicula*.

*Navicula veneta* Kützing 1844: 95; Fig. 30: 76 (Fig. 3 S, T y U)

Lange-Bertalot, 2001: 78, Fig. 14: 23-30; 65: 3

Valvas lanceoladas a linear lanceoladas con extremos subrostrados a rostrados. Área axial angosta y lineal; área central transversal, casi simétrica y rafe filiforme. Estrías moderadamente radiales en el centro a convergentes en los extremos.

*Dimensiones:* eje apical 16,5-25,5 (23,31 ± 3,72) µm; eje transapical 4,8-6 (5,45 ± 0,45) µm; 12-15 estrías cada 10 µm.

*Ecología:* en aguas salobres o ricas en electrolitos, muy tolerante a la polución (Lange-Bertalot, 2001). En este estudio, se la ha hallado en ambientes desde oligo a mesosalinos aunque parece ser más frecuente en estos últimos.

*Distribución:* especie cosmopolita (Lange-Bertalot *op cit.*). En Argentina fue citada para La Pampa, Chubut, Entre Ríos, Córdoba, Buenos Aires, Jujuy y Catamarca (Vouilloud *op cit.*).

*Observaciones:* Hallamos un ejemplar cuyas medidas, que figuran entre corchetes, exceden las de la especie y podría corresponder a las valvas de un estadio inicial de la población.

### Sección *Alinea*

*Navicula gregaria* Donkin 1861: 10, Fig.1: 10 (Fig. 3 G y H)

Lange-Bertalot, 2001: 85, Fig. 38: 8-18; 64:4; 71:4

Valvas elíptico-lanceoladas con extremos rostrados o sub-capitados. Área axial angostamente lineal; área central transversalmente rectangular, asimétrica. Rafe filiforme con las fisuras proximales curvadas hacia el lado primario de la valva. Estrías suavemente radiales a paralelas en el centro de la valva; fuertemente convergentes hacia los extremos.

*Dimensiones:* eje apical 19,3-20,5 µm; eje transapical 5,2-5,6 µm; 20 estrías en 10 µm.

*Ecología:* eurihalina; común en aguas eutróficas a hipereutróficas con moderado a alto contenido electrolítico (Lange-Bertalot, 2001). Los escasos ejemplares de esta especie fueron hallados, a diferencia de lo esperado a partir de lo expresado

por Lange-Bertalot (2001), en ambientes con bajos valores de salinidad y pH por lo que podrían ser alóctonos.

*Distribución:* especie cosmopolita (Lange-Bertalot *op cit.*). En Argentina fue citada para Buenos Aires, Catamarca, Río Negro, Santa Cruz, La Pampa, Córdoba, Chaco, Chubut, Jujuy y Neuquén (Vouilloud *op cit.*).

*Observaciones:* la especie estuvo muy escasamente representada, sólo en las lagunas Morada y Puma Huasi, con aguas francamente dulces (Tabla 1), por lo que su origen podría ser alóctono.

## AGRADECIMIENTOS

A la Lic. Carolina Díaz P. por su colaboración en algunos de los aspectos técnicos de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

BATTARBEE, E. W. 1986. Diatom Analysis. In: B. E. Berglund (ed.) *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*: 527-570. J. Wiley & Sons Ltd., New York.

BUCHER, E. H. 2006. *Bañados del Río Dulce y Laguna de Mar Chiquita. Córdoba-Argentina*. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina) 342 pp.

CAZIANI, S. & E. DERLINDATI. 2000. Abundance and habitat of Andes flamingos in northwestern Argentina. *Waterbirds* 23: 121-133.

CLEVE, P. T. 1894. *Synopsys on naviculoid Diatoms*. Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, 26: 1-194.

COX, E. J. 1979. Taxonomic studies of the diatom genus *Navicula* Bory: the typification of the genus *Bacillaria* 2: 137-152.

COX, E. J. 1994. Morphological variation in widely distributed diatom taxa: taxonomical and ecological implications. *13<sup>th</sup> Int. Diat. Symp.*: 335-345.

COX, E. J. 1995. Studies on the diatom genus *Navicula* Bory. VII. The identity and typification of *Navicula gregaria* Donkin, *N. cryptocephala* Kütz. and related taxa *Diat. Res.* 10 (1): 91-111.

COX, E. J. 1998. The identity and typification of some naviculoid diatoms (Bacillariophyta) from freshwater or brackish environments *Phycologia* 37(3): 162-175.

COX, E. J. 1999. Variation in patterns of valve morphogenesis between representatives of six

biraphid diatom genera (Bacillariophyceae). *J. Phycol.* 35: 1297-1312.

DONKIN, A. 1861. On the marine Diatomaceae of Northumberland with a description of several new species. *Quarterly Journal of Microscopical Science*, 1: 1-15.

FAO. 2001. *Global Forest Resources Assessment 2000: main report*. Forestry Paper No. 140. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.

GARREAUD, R. D.; M. VUILLE & A. CLEMENTS. 2003. The climate of the Altiplano: Observed current conditions and past change mechanisms. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 194: 1-18.

HAMMER, U. T. 1986. *Saline Lake Ecosystems of the world*. Dr. W. Junk Publishers, Boston.

HERBST, N. & N. I. MAIDANA. 1988. *Amphora tucumana* sp. nov., a new species from Cumbres Calchaquies (Tucumán, Argentina). *Diatom Research* 3: 47-54.

HUSTEDT, F. 1927. Fossile Bacillariaceen aus dem Loa-Becken in der Atacama- Wüste, Chile. *Archiv für Hydrobiologie* 18: 224-251.

HUSTEDT, F. 1939. Die Diatomeenflora des Küstengebietes der Nordsee vom Dollart bis zur elbemündung. I. *Abhandlungen naturwissenschaftlicher Verein zu Bremen*, 31(3): 571-677.

KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1985. Naviculaceae. *Bibliotheca Diatomologica*, 9: 1-131.

KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1986. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. En: Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, G. Fischer, Jena.

KÜTZING, F. T. 1844. *Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen*. Nordhausen. 152 pp.

LANGE-BERTALOT, H. 1993. 85 new taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2/1-4. *Bibliotheca Diatomologica*, 27: 1-454.

LANGE-BERTALOT, H. 2001. *Diatoms of Europe 2. Navicula sensu stricto. 10 Genera Separated from Navicula sensu lato. Frustulia*. A.R.G. Gantner Verlag.

MAIDANA, N. I. & N. HERBST. 1989. Diatomeas (Bacillariophyceae) de la laguna nostra (Costumbres Calchaquies), Provincia de Tucumán, Rep Argentina. *Darwiniana* 29: 63-76.

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 (1-2): 1 - 13.

MAIDANA, N. I., M. S. VIGNA & V. MASCITTI. 1998. Ficoflora de la laguna Pozuelos (Jujuy, Argentina) I:

## N. I. Maidana *et al.* - El género *Navicula sensu stricto* en humedales de altura

- Bacillariophyceae. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 33: 171-179.
- MAIDANA, N. I., SEELIGMANN, C. T. & M. R. MORALES. 2009. Bacillariophyceae del Complejo Lagunar Vilama (Jujuy, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 44 (3-4): 257-271.
- MANN, D. G. & STICKLE, A. J. 1991. The genus *Craticula* Diatom Research 6 (1): 79-107.
- PATRICK, R. 1959. New species and nomenclatural changes in the genus *Navicula* (Bacillariophyceae). *Acad. Nat. Sci. of Philadelphia*: 91-108.
- PATRICK, R. 1961. Diatoms (Bacillariophyceae) from the alimentary Tract of *Phoenicoparrus jamesi* (Sclater). *Postilla*. Yale Peabody Museum 49: 43-55.
- ROUND, F. E. 2001. Morphology of *Navicula sensu stricto* - an ecologist's perspective. *Lange-Bertalot-Festschrift Studies on diatoms*: 317-326.
- ROUND, F. E., 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. Diatomeen der Anden von Venezuela bis Patagonien/Tierra del Fuego. *Iconographia Diatolomologica*, 9: 1-673 pp.
- SCHOEMAN, F. R. 1970. Diatoms from the Orange Free State (Southafrica) and Lesotho 1. *Nova Hedwigia*, 31: 331-353.
- SEELIGMANN, C. T. & N. I. MAIDANA. 2003. Diatomeas (Bacillariophyceae) en ambientes de altura de la provincia de Catamarca (Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 38 (1-2): 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 (1-2): 1-17.
- SERVANT, M. & O. JIMÉNEZ. 2001. Holocene hydrological and climatic changes in the southern Bolivian Altiplano according to diatom assemblages in paleowetlands. *Hydrobiologia* 466: 267-277.
- SERVANT-VILDARY, S. 1978 a. Les diatomées des sédiments superficiels d'un lac salé, chloruré, sulfaté sodique de l'Altiplano bolivien, le lac Poopó. *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Géol.* 10 (1): 79-90.
- SERVANT-VILDARY, S. 1978 b. Les diatomées des dépôts lacustres quaternaires de l'Altiplano bolivien. *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Géol.* 10(1): 25-35.
- SERVANT-VILDARY, S. 1984. Les diatomées des lacs sursalés boliviens. Sous-classe Pennatophycidées I- Famille des Nitzschiacées. *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Géol.* 14 (1): 35-52.
- SERVANT-VILDARY, S. 1986. Les diatomées actuelles des Andes de Bolivie (Taxonomie, Ecologie). *Cah. de Micropaleontologie*, N. S. 1 (3 & 4): 99-124.
- SERVANT-VILDARY, S. & M. BLANCO. 1984. Les diatomées fluvio-lacustres plio-pleistocenes de la Formation Charaña. *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Géol.* 14 (1): 55-102.
- SERVANT-VILDARY, S. & S. H. MELLO E SOUSA. 1993. Paleaohydrology of the Quaternary saline Lake Ballivian (Southern Bolivian Altiplano) based on diatom studies *Int. Salt lake Res.* 2 (1) 65-85
- SIMONSEN, R. 1987. *Atlas and catalogue of the diatom types of Friedrich Hustedt*. I-III. J. Cramer, Berlin.
- STEVENSON, R. J. & Y. PAN. 1999. Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. Cap. 2: 11-40. En: EF Stoermer & JP Smol (Eds.). *The Diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. Cambridge University Press. 469 pp.
- SYLVESTRE, F., SERVANT, M., SERVANT-VILDARY, S., CAUSSE, C. & M. FOURNIER. 1999. Lake-level chronology in the south Bolivian Altiplano (18 - 23°S) during Late-Glacial and early Holocene times based on radiocarbon, U/Th ages and diatom studies. *Quat. Res.*, 51: 54-66.
- TAPIA, P. M. 2008. Diatoms as bioindicators of pollution in the Mantaro River, Central Andes, Peru. *Int. J. Environment and Health* 2 (1): 82-91.
- TAPIA, P. M., FRITZ, S. C., BAKER, P. A., SELTZER, G. O., DUNBAR, R., ROWE, H. & RODBELL, D. 2003. A Late Quaternary diatom record of tropical climate history from Lake Titicaca (Peru and Bolivia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194: 139-164.
- TAPIA, P. M., FRITZ, S. C., SELTZER, G. O., RODBELL, D. T. & METIVIER. 2006. Contemporary distribution and late-quaternary stratigraphy of diatoms in the Junin Plain, Central Andes, Peru. *Bol. Soc. geol. Perú* 101: 19-42.
- VAN HEURCK, H. 1880-1885. *Synopsis des Diatomées de Belgique*. J. Decajou & Co., Anvers. 285 pp.
- VOUILLOUD, A. 2003. *Catálogo de diatomeas continentales y marinas de Argentina*. Versión 1.0. En soporte magnético. Asociación Argentina de Ficología, La Plata.
- VOUILLOUD, A.; S. SALA & M. R. SABBATINI. 2005. Diatomeas perifíticas de la Cuenca del Río Sauce Grande (Buenos Aires, Argentina). *Iheringia, Serie Botánica* 60: 77-90.

Recibido el 21 de octubre de 2010, aceptado el 1 de abril de 2011.

