

El género *Crenotia* Wojtal (Bacillariophyta) en el Altiplano Chileno: Primera cita de *C. rumrichorum* (Lange-Bertalot) Wojtal para el Salar Aguas Calientes, y comentarios sobre sus características morfológicas

The genus *Crenotia* (Bacillariophyta) from Chilean Altiplano: First record of *C. rumrichorum* (Lange-Bertalot) Wojtal for the Salar Aguas Calientes, and comments about its morphological features

Patricio Rivera^{1,*}, Fabiola Cruces¹ & Enrique Ascencio²

¹Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Chile.

²Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Chile.

*Corresponding author: privera@udec.cl

RESUMEN

Hasta la fecha, dos especies del género *Crenotia* Wojtal han sido señaladas para Chile: *C. thermalis* (Rabbenhorst) Wojtal y *C. rumrichorum* (Lange-Bertalot) Wojtal. Utilizando técnicas de microscopía fotónica y electrónica, estudiamos y comentamos las características morfológicas de *C. rumrichorum* recolectado en los Salares Aguas Calientes y Punta Negra. La especie se señala por primera vez para el Salar Aguas Calientes.

Palabras clave: Chile, diatomea, morfología.

ABSTRACT

Two species of the genus *Crenotia* Wojtal are known to be present in Chile: *C. thermalis* (Rabbenhorst) Wojtal and *C. rumrichorum* (Lange-Bertalot) Wojtal. Using light and electron microscopy, we studied and comment the morphological features of *C. rumrichorum* from Salar Aguas Calientes and Punta Negra. The species is recorded for the first time from Salar Aguas Calientes.

Keywords: Chile, diatom, morphology.

El género *Crenotia* fue erigido por Wojtal (2013) para reunir algunas diatomeas monorafidales de tamaño reducido, que habitan principalmente en ecosistemas de manantiales y ambientes termales y salinos (Lange-Bertalot *et al.* 2017, Beauger *et al.* 2023). Actualmente comprende nueve especies, algunas originalmente asignadas en los géneros *Achnanthes* Bory, *Achnantheidium* Kützing, *Planothidium* Round & Bukhtiyarova y *Cocconeis* Ehrenberg. A saber: *C. angustior* (Grunow) Wojtal 2013, *C. gibberula* (Grunow) Wojtal 2013,

C. grimmei (Krasske) Wojtal 2013, *C. rumrichorum* (Lange-Bertalot) Wojtal 2013, *C. thermalis* (Rabh.) Wojtal 2013, *C. distinta* Liu, Kociolek & Xie 2020, *C. hedinii* (Hustedt) Rioual, Ector & Wetzel 2019, *C. oblonga* Liu, Kociolek & Xie 2020 y *C. tibetia* Liu & Kociolek 2024 (en Na *et al.* 2024).

De acuerdo con Wojtal (2013), las principales características que diferencian a *Crenotia* de los restantes géneros, son: a) la estructura interna de las estrías transapicales de las valvas (las que terminan en una depresión circular cubierta por una capa

de sílice y b) el *cingulum* (que carece de ornamentaciones).

Durante el análisis de material diatomológico proveniente de los Salares Punta Negra y Aguas Calientes, en el Altiplano Chileno, Región de Antofagasta, fue evidente la presencia de una diatomea de tamaño reducido ($\leq 14 \mu\text{m}$ de longitud), heteropolar, monorafidal, con una notoria dilatación marginal de la parte subcentral de la valva.

Este material fue oxidado siguiendo el método de Hasle & Fryxell (1970), y estudiado mediante microscopía fotónica (MF, Zeiss Fotomicroscopio III) y microscopía electrónica de barrido (MEB, JEOL JSM-6390LV) y de transmisión (TEM, JEOL 1200 EX II). Las muestras están depositadas en la Colección de Diatomeas de la Universidad de Concepción, Chile (DIAT-CONC). Algunas características de los mencionados salares, y la numeración de las muestras estudiadas en la Colección son las siguientes:

1. Salar Punta Negra, 24°30' S, 69°00' O, situado a 2.945 m s.n.m. en la Segunda Región de Chile (Antofagasta). Este salar posee aguas salinas con altas concentraciones de calcio y magnesio, una temperatura media anual de 10 °C y una tasa de evaporación anual de 20 mm (Cervetto 2012, CEA 2015). DIAT-CONC.M 3548, 16.02.2023, DIAT-CONC.M 3552, 21.07.2023, DIAT-CONC 6364, octubre 2000.
2. Salar Aguas Calientes, 23°30' S, 67°33' O, situado a 4.200 m s.n.m. en la Segunda Región de Chile (Antofagasta, Provincia del Loa), sobre roca. Esta localidad es un complejo de lagunas someras hipersalinas, que presenta costras de sulfato de calcio

y cloruro de magnesio, una temperatura media anual de 1 °C y una humedad media anual del 27 % (Vila 1986; Cervetto 2012). DIAT-CONC preparaciones 7127 y 7128, 20-VII-2002.

Sobre la base de las observaciones realizadas, las características morfológicas del material del norte de Chile corresponden a la especie:

Crenotia rumrichorum (Lange-Bertalot) Wojtal

Wojtal, A.Z., Bibliotheca Diatomologica vol 59, p. 83, 2013

Basónimo: *Achnanthes thermalis* var. *rumrichorum* Lange-Bertalot 1989

Microscopía fotónica. Células solitarias. Las valvas son lanceoladas, con extremos subrostrados, redondeados y, generalmente heteropolares, provistas con una notoria dilatación marginal, unilateral, subcentral (Figs. 1A-G). Eje apical 7,5-14 μm ; eje transapical 3-4 μm (n= 75). La valva con rafe (Figs. 1A-D) es cóncava, el rafe es de posición central, delgado y casi recto, con los extremos proximales separados entre sí; los extremos terminales no son visibles. El rafe-esternón es ancho en el centro, adelgazándose hacia los extremos. Las estrías transapicales son numerosas y no individualizables en el microscopio fotónico, radiales al centro y divergentes en los extremos. La valva sin rafe (Figs. 1E-G) es convexa y posee estrías cortas, y por lo tanto el esternón es más ancho que el de la valva con rafe. Las estrías son radiales al centro y divergentes en los extremos, se interrumpen en el lado más dilatado de la parte central de la valva, donde se observa una sombra redondeada.

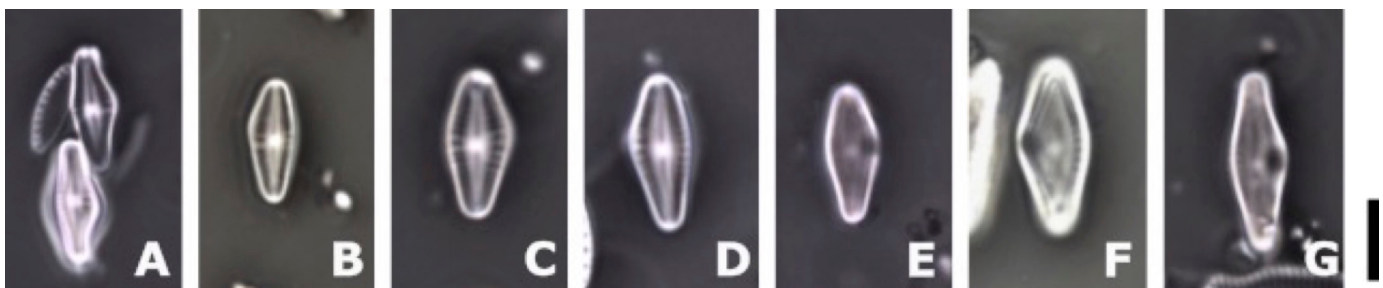


FIGURA 1. A-G. *Crenotia rumrichorum*. MF. A-G. Variación del contorno valvar. A-D. Valvas con rafe. E-G. Valvas sin rafe. A-C, F-G. Salar Punta Negra. D-E. Salar Aguas Calientes. Escala A-G= 5 μm . / A-G. *Crenotia rumrichorum*. LM. A-G. Variation of valve shape. A -D. Raphe valves. E-G. Rapheless valves. A-C, F-G. Salar Punta Negra. D-E. Salar Aguas Calientes. Scale bar A-G= 5 μm .

Microscopía electrónica. Valvas levemente curvadas con respecto al eje transapical (con forma de "V"), el cingulum posee dos bandas abiertas, carentes de ornamentaciones (Fig. 2A). Los extremos proximales externos del rafe son levemente dilatados, algo curvados en la misma dirección (Figs. 2B-C), internamente se curvan en direcciones opuestas (Fig. 2D). Externamente los extremos distales del rafe se curvan fuertemente en la misma dirección, terminando en el manto valvar (Figs. 2A-B); internamente terminan en una *helictoglosa* (Fig. 2D). Las estrías de ambas valvas son uniseriadas o biseriadas en el centro de la valva, 25-30 en

10 μm , siempre biseriadas y más numerosas en los extremos, 39-40 en 10 μm , ordenadas en posición alternada, no alcanzando el manto valvar (Figs. 2C, 2F). En algunas valvas con rafe, las estrías están muy separadas en el margen del lado ensanchado (Fig. 2F). En esta zona de las valvas sin rafe, se observa una depresión redondeada u oval parecida a un *sinum* (Fig. 2E). Las aréolas de ambas valvas poseen himenio interno, y terminan, hacia el lado del esternón o rafe-esternón, en una leve depresión ovalada de mayor tamaño que las aréolas, provista de himenio (Figs. 2G-H), la que no es visible por el lado exterior (Fig. 2C).

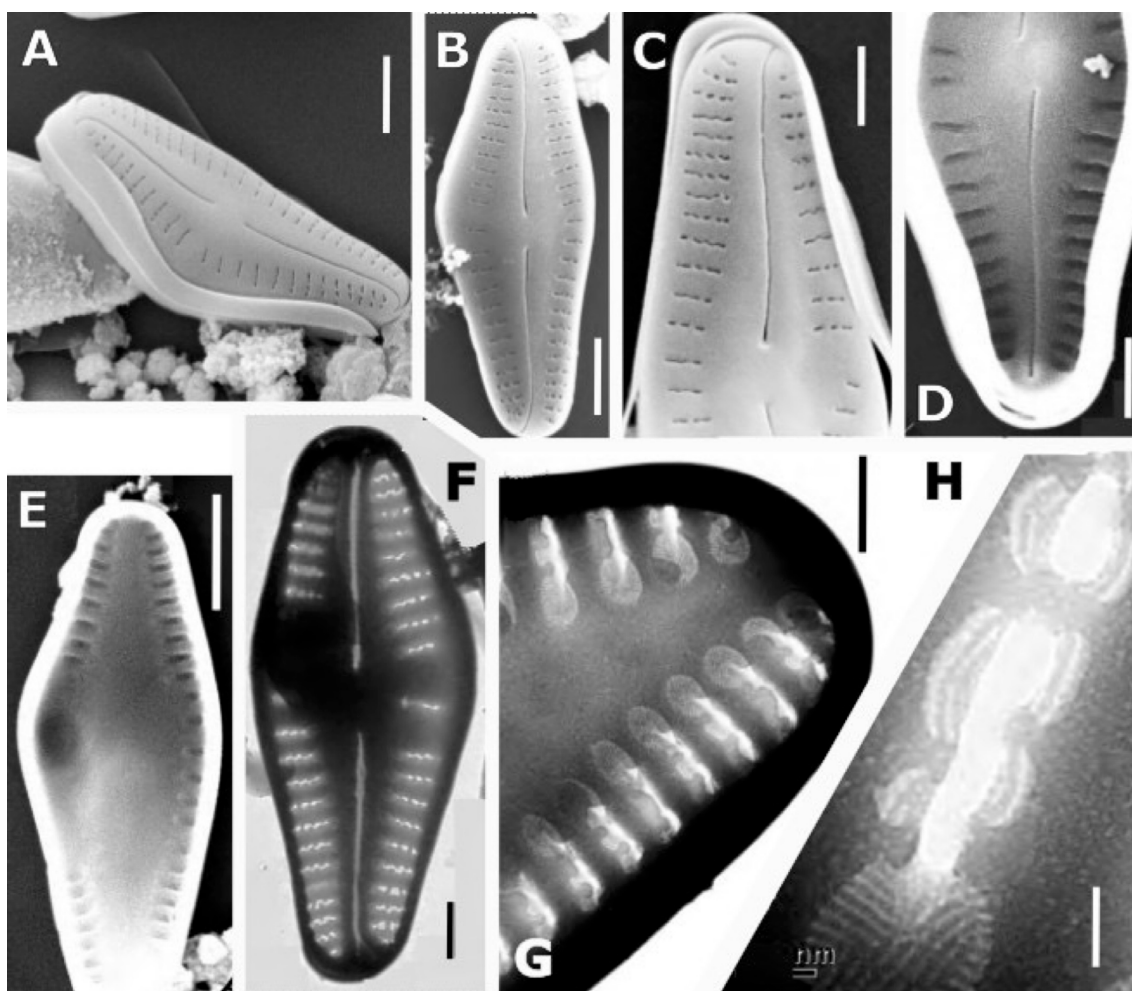


FIGURA 2. A-H. *Crenotia rumrichorum*. A-E. MEB. A. Vista conectival; dos bandas abiertas sin ornamentaciones. B-C. Vista externa de valvas con rafe. D. Vista interna de valva con rafe. E. Vista interna de valva sin rafe; depresión oval en área ensanchada marginal. F-H. MET. F. Valva con rafe; estrías biseriadas, ausentes en zona ensanchada subcentral. G-H. Estrías biseriadas terminan en depresión oval provista de himenio. A-H. Salar Punta Negra. Escalas: A-B, E= 2 μm ; C-D, F= 1 μm ; G= 500 nm; H = 100 nm. / A-H. *Crenotia rumrichorum*. A-E. SEM. Girdle view; two open bands without ornamentations. B-C. External view of raphe valves. D. Internal view of raphe valve. E. Internal view of rapheless valve with oval depression in the asymmetrical enlarged margin. F-H. TEM. F. Raphevalve; biseriatae striae, not present at enlarged subcentral area. G-H. Biseriate striae ending in oval depression with hymen. A-H. Salar Punta Negra. Scale bars: A-B, E= 2 μm ; C-D, F= 1 μm ; G= 500 nm; H= 100 nm.

Crenotia rumrichorum se diferencia de las otras ocho especies descritas para este género por su reducido tamaño, por la notoria dilatación marginal unilateral y subcentral de la valva, por sus estrías claramente radiales, uni- y/o biseriadas, más numerosas tanto al centro de la valva como en los extremos, y por su rafe suavemente ondulado. En el 2009, y basada en observaciones con MF y MEB, Hindáková publicó las características que tipifican a *Achnanthes thermalis* var. *rumrichorum*, las que concuerdan con el material chileno. Recientemente, Liu & Kociolek (en Na *et al.* 2024, Tabla 1) al describir la novena especie del género, *Crenotia tibetia*, señalan las diferencias entre las especies.

En el material estudiado visualizamos algunas características morfológicas que previamente no han sido descritas de manera detallada. La mayoría de las valvas son heteropolares, por poseer un extremo más ancho, a veces casi truncado, especialmente cuando se le mira por el lado interno. Este extremo corresponde al que está más cercano a la dilatación unilateral de la valva, que no es central, sino sub-central, otorgándole a la valva un aspecto típico. Esta dilatación unilateral fue descrita por Wojtal (2013) como propia de algunas especies del género, por ejemplo, en *C. thermalis* y *C. angustior*. No obstante, en esas especies la dilatación es leve, mientras que en el material chileno de *C. rumrichorum* está muy desarrollada y presente en todas las valvas.

Wojtal señala que las estrías terminales en *Crenotia* son más abundantes hacia los extremos, sin indicar una cantidad precisa (hasta 40 en 10 μm en el material chileno), atributo que no fue considerado en la tabla 1 de Na *et al.* (2024), la que resume las características de las especies conocidas. Las aréolas son pequeñas (ca. 127 nm de largo) provistas de un himenio por el lado interno, estructurado con largas y angostas aberturas paralelas, cada una formada por diminutos poros. Internamente por el lado del esternón, cada estría termina en una depresión ovalada de mayor tamaño (ca. 327 nm largo y 200 nm ancho), provista de un himenio con surcos delgados orientados radialmente. Estas estructuras no son visibles por el lado externo de la valva, y por lo tanto se trataría de "aréolas fantasmas". Sin embargo, en una valva de *Crenotia thermalis* ilustrada por Wojtal (2013, pág. 205) se les puede reconocer externamente como sombras débiles.

Esta es la primera cita de *C. rumrichorum* para el Salar Aguas Calientes, y hasta ahora, la segunda especie del género presente en Chile. Fue citada anteriormente por Heine-Fuster *et al.* (2021), para los Salares Carcote (21°22' S, 68° 20' O) y Ascotán (21°35' S, 68° 15' O), y como *Achnanthes thermalis* var. *rumrichorum* Lange-Bertalot por Díaz & Maidana (2005, sólo una fotografía MF) para los Salares Punta Negra y Atacama (23° 30' S, 68°18' O), y Angel *et al.* (2018, cita en

el texto) para los Geysers del Tatio (22°19' S, 68°00' O). Por otra parte, *C. thermalis* fue señalada por Rumrich *et al.* (2000), como *Achnanthes* aff. *thermalis* Rabh. para la localidad de Putre (18°12' S, 69°35' O) en el Altiplano chileno, 3.600 m s.n.m., y cerca del Río Nauto, 1.600 m s.n.m., en la Región de Los Lagos (ca. 40°38' S, 72°36' O).

Crenotia rumrichorum parece tener una amplia distribución en ambientes termales y aguas ricas en cloratos y sulfatos de Europa (Hindák & Hindáková 2006, Wojtal 2013), Norteamérica (Lange-Bertalot & Krammer 1989), y ya fue señalada para Argentina, Catamarca, por Maidana & Seeligman (2006) como *Achnanthes thermalis* var. *rumrichorum*. En Chile fue relativamente abundante en las muestras recolectadas durante primavera en el salar Punta Negra y escasa en Aguas Calientes. Coincidiendo con lo señalado por Wojtal (2013), estuvo siempre acompañada por *Achnantheidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki.

El presente estudio contribuye al conocimiento florístico y distribucional de las diatomeas del Altiplano Chileno. Es un área geográfica donde las investigaciones taxonómicas de estas microalgas han sido poco abordadas (Rivera 2006), y los escasos estudios previos han demostrado la existencia de una flora diatomológica singular, con descripción de nuevas especies (e.g., Levkov 2009, Rivera & Cruces 2015, Rivera *et al.* 2024) que exhiben una amplia plasticidad fisiológica que les permite enfrentar ambientes extremos y cambios drásticos de temperatura, salinidad, humedad, entre otros (Ramírez *et al.* 2015, Eissler *et al.* 2025).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Sr. Ricardo Oliva del Centro de Espectroscopía y Microscopía Electrónica de la Universidad de Concepción, por el uso del Laboratorio y los equipos de microscopía electrónica. Enrique Ascencio agradece a la ANID-Subdirección de Capital Humano/Doctorado Nacional/2023-21230485.

REFERENCIAS

- Angel, A., Vila, I., Díaz, C., Molina, X., Sepúlveda, P. 2018. Geothermal diatoms: seasonal variability in the El Tatio geothermal field (Altiplano, Chile). *Advances in Microbiology* 8: 211-234. <https://doi.org/10.4236/aim.2018.83015>
- Beauger, A., Voltaire, O., Allain, E., Gosseume, P., Blavignac, C., Baker, L.A., Wetzel, C.E. 2023. Biodiversity and Environmental Factors Structuring Diatom Assemblages of Mineral Saline Springs in the French Massif Central.

- Diversity 15(2): 283. <https://doi.org/10.3390/d15020283>
- CEA. 2015. Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos. Informe Final: BIP 301 126293-0. Ministerio de Medio Ambiente, Santiago, Chile. 411 pp.
- Cervetto, M. 2012. Caracterización hidrogeológica e hidrogeoquímica de las cuencas: Salar de Aguas Calientes 2, Puntas Negras, Laguna Tuyajto, Pampa Colorada, Pampa Las Tecas y Salar El Laco, II Región de Chile. Tesis para optar al Título de Geóloga. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 235 pp.
- Díaz, C., Maidana, N.I., 2005. Diatomeas de los Salares Atacama y Punta Negra. II Región, Chile. Centro de Ecología Aplicada Ltda., Santiago. 146 pp.
- Eissler, Y., Anabalón, J., Celis-Plá, P.S.M., Kieft, B., Junier, P., Rivera, P., Cruces, F., Ascencio, E., Dorador, C., Molina, V. 2025. High nutrient requirement and photoacclimation of a diatom species of the genus *Nitzschia* (Bacillariophyta) isolated from the high-altitude wetland, Salar de Huasco, Chile. *Phycological Research* 73(2): 134-147. <https://doi.org/10.1111/pre.12581>
- Hasle, G.R., Fryxell, G. 1970. Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy. *Transaction of the American Microscopical Society* 89: 469-474. <https://doi.org/10.2307/3224555>
- Heine-Fuster, I., López-Allendes, C., Aránguiz-Acuña, A., Véliz, D. 2021. Differentiation of diatom guilds in extreme environments in the Andean Altiplano. *Frontiers in Environmental Science* 9: 701970. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.701970>
- Hindák, F., Hindáková, A. 2006. Cyanobacteria and algae of thermal waters at the Piest'any Spa (Western Slovakia). *Bulletin Slovenskej Botanickéj Spoločnosti* 28; 21-30.
- Hindáková, A. 2009. On the occurrence of *Achnanthes thermalis* var. *rumrichorum* (Bacillariophyceae) in Slovakia. *Fottea* 9(2): 193-198.
- Lange-Bertalot, H., Krammer, K. 1989. *Achnanthes*, eine Monographie der Gattung mit Definition der Gattung *Cocconeis* and Nachtragen zu den Naviculaceae. *Bibliotheca Diatomologica* 18: 1-393.
- Lange-Bertalot, H., Hofmann, G., Werum, M., Cantonati, M. 2017. Freshwater benthic diatoms of Central Europe: over 800 common species used in ecological assessment. English Edition with update taxonomy and added species. Koeltz Botanical Books, Schmitt-Oberreidender. 942 pp.
- Levkov, Z. 2009. *Amphora* sensu lato. In: Lange-Bertalot, H. (Ed.) *Diatoms of Europe: Diatoms of the European inland waters and comparable habitats*. Vol. 5. pp. 5-916. A.R.G. Gantner Verlag, Ruggell.
- Na, X., Liu, J., Zhang, Y., Kociolek, J.P., Kulikovskiy, M., Lu, X., Sui, F., Zhu, H., Liu, G., Fan, Y., Liu, Y. 2024. A new species of genus *Crenotia* (Bacillariophyta) from Tibet, China. *PhytoKeys* 237: 23-35. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.237.112939>
- Liu, Q., Xiang, Y., Yu, P., Xie, S., Kociolek, J.P. 2020. New and interesting diatoms from Tibet. II. Description of two new species of monoraphid diatoms. *Diatom Research* 25(4): 353-361. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2020.1810781>
- Maidana, N.I., Seeligmann, C. 2006. Diatomeas (Bacillariophyceae) de ambientes acuáticos de altura de la Provincia de Catamarca, Argentina. II. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica* 41: 1-13.
- Ramírez, E.E., González, M.A., Cifuentes, A.S., Inostroza, I., Urrutia, R.E. 2015. Culture and growth of two benthic diatoms species isolated from the Salar de Huasco (North of Chile, 20° S) at different conditions of temperature, light and nutrient. *Gayana Botánica* 72(2): 165-176. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432015000200001>
- Rioual, P., Ector, L., Wetzel, C.E. 2019. Transfer of *Achnanthes hedinii* Hustedt to the genus *Crenotia* Wojtal (Achnanthesiaceae, Bacillariophyceae). *Notulae Algarum* 106: 1-6.
- Rivera, P. 2006. Estado de conocimiento de las diatomeas dulceacuicolas de Chile. *Gayana* 70(1): 1-7. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382006000100002>
- Rivera, P., Cruces, F. 2015. *Frankophila sudamericana* sp.nov., a new diatom species (Bacillariophyta) found in Salar de Aguas Calientes and Salar de Huasco, high altitude Andean localities in northern Chile. *Gayana Botánica* 72(2): 373-376. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432015000200017>
- Rivera, P., Cruces, F., Ascencio, E. 2024. *Cymbellonitzschia chilena* sp. nov. (Bacillariophyta), a new diatom species from Laguna La Punta, Salar de Atacama, Chilean Altiplano. *Gayana Botánica* 81(2): 140-145. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432024000200140>
- Rumrich, U., Lange-Bertalot, H., Rumrich, M. 2000. Diatomeen der Anden Von Venezuela bis Patagonien/Feuerland. *Iconographia Diatomologica*. A.R.G. Gantner Verlag, K.G., Vol. 9, 673 S.
- Vila, I. 1986. Geología de los depósitos salinos del Norte de Chile. Antecedentes geoquímicos y pautas de prospección del Litio. En: Frutos, J., Oyarzún, R., Pincheira, M. (Eds.), *Geología de Recursos Minerales de Chile*. Tomo II, pp. 801-819. Editorial Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Wojtal, A.Z. 2013. Diatom assemblages in springs from geological formations in southern Poland. *Bibliotheca Diatomologica* 59: 1- 436.

Received: 10.06.2024

Accepted: 25.05.2025

Editor: Alfredo Saldaña