

Contribución al inventario de diatomeas ibéricas: *Encyonema nevadense* S. Blanco & al. sp. nov. (*Cymbellales*, *Gomphonemataceae*)

Saúl BLANCO^{1,*}, Adriana OLENICI², Inmaculada DE VICENTE³ & Francisco GUERRERO^{4,5}

¹Laboratorio de Diatomología, IMARNABIO, La Serna, 58, 24007 León, España.

²Babes-Bolyai University, Faculty of Environmental Science and Engineering, Cluj-Napoca, Rumanía.

³Departamento de Ecología, Campus de Fuente Nueva s/n, 18071 Granada, España.

⁴Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología, Campus de Las Lagunillas s/n, 23071 Jaén, España.

⁵Centro de Estudios Avanzados en Ciencias de la Tierra, Campus de Las Lagunillas s/n, 23071 Jaén, España.

*Enlace: sblal@unileon.es, <https://orcid.org/0000-0002-9015-2512>

²Adriana.OLENICI@ubbonline.ubbcluj.ro, <https://orcid.org/0000-0001-5554-6236>

³ivicente@ugr.es, <https://orcid.org/0000-0002-1449-5740>

⁴fguerre@ujaen.es, <https://orcid.org/0000-0002-8983-3003>

Resumen. Se describe la diatomea *Encyonema nevadense* S. Blanco & al. sp. nov. como especie nueva, a partir de muestras de epilítion recogidas en una laguna de alta montaña del Parque Nacional de Sierra Nevada. Este taxon se caracteriza por la presencia de valvas lanceoladas estrechas con una moderada dorsiventralidad, y la presencia de areolas con aperturas externas irregulares. Se compara la población tipo con la de *Encyonema perpusillum* (A. Cleve) D.G. Mann y sus variedades, la especie morfológicamente más cercana dentro del género. Se discuten brevemente las implicaciones ecológicas y biogeográficas del descubrimiento.

Palabras clave. *Bacillariophyta*, novedad taxonómica, perfiton, Sierra Nevada.

Abstract. The diatom *Encyonema nevadense* S. Blanco & al. sp. nov. is described as a new species, from epilithic samples collected from a high mountain pond in Sierra Nevada National Park. This taxon is characterized by the presence of narrow lanceolate valves with a moderate dorsiventrality, and the presence of areolae with irregular external openings. The type population is compared with *Encyonema perpusillum* (A. Cleve) D.G. Mann and its varieties, the morphologically closest species within the genus. The ecological and biogeographic implications of the discovery are briefly discussed.

Keywords. *Bacillariophyta*, periphyton, Sierra Nevada, taxonomic novelty.

Blanco S., Olenici A., De Vicente I. & Guerrero F. 2019. Contribución al inventario de diatomeas ibéricas: *Encyonema nevadense* S. Blanco & al. sp. nov. (*Cymbellales*, *Gomphonemataceae*). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 76 (2): e088. <https://doi.org/10.3989/ajbm.2519>

Título en inglés: Contribution to the inventory of Iberian diatoms: *Encyonema nevadense* S. Blanco & al. sp. nov. (*Cymbellales*, *Gomphonemataceae*).

Recibido: 4-IX-2018; aceptado: 3-VI-2019; publicado en la red: 20-XI-2019; editor asociado: A. Flores.

INTRODUCCIÓN

A pesar de su escaso peso en los estudios limnológicos tradicionales, las lagunas someras y efímeras se reconocen actualmente como importantes reservorios de biodiversidad (Hill & al. 2017; Labat 2017). En estos sistemas, la diversidad fluctúa en función de la disponibilidad del agua, la salinidad y la conectividad del sistema (Rojo & al. 2012; Gilbert & al. 2015, 2017). Además, estos cuerpos de agua temporales están habitados por especies con un ciclo de vida que permite su supervivencia durante el periodo de sequía o la recolonización después de los mismos (Sánchez-Castillo & al. 2008). En España, los estudios sobre estos ecosistemas acuáticos han tenido principalmente un enfoque ecológico y las algas han sido consideradas meramente como productores primarios, pero en general no se ha profundizado en la identificación de estos organismos (Fanés Treviño 2008). Específicamente, las diatomeas

lacustres en la ecorregión mediterránea están todavía poco estudiadas, con estudios locales (v. gr., Blanco & al. 2013) que sugieren que los catálogos florísticos existentes para estos sistemas están lejos de ser exhaustivos.

En España, el interés por diatomología ha evolucionado parejo con el desarrollo de las ciencias naturales y las técnicas microscópicas. Comparativamente, hay un menor conocimiento de las comunidades de diatomeas de ambientes lénticos —incluyendo humedales temporales— que de aquellas que aparecen en cursos fluviales. Los primeros estudios datan de finales del siglo XIX (Azpeitia 1911), destacando posteriormente los numerosos trabajos ficológicos de Pedro González-Guerrero y Ramón Margalef —v. gr., González-Guerrero (1950); Margalef (1951)—. Los táxones de diatomeas continentales citados en España han sido recopilados por Álvarez-Cobelas & Estévez-García (1982) y Aboal & al. (2003). Las descripciones de

las comunidades de diatomeas en los sistemas montañosos de la península ibérica tampoco han sido muy exhaustivas, aunque hay estudios de la cordillera pirenaica (Sabater & Roca 1992; Rivera-Rondón & Catalán 2017) o de la cantábrica (Negro & al. 2003). En Andalucía los estudios realizados se han centrado en las lagunas costeras del sureste ibérico (Carrillo & al. 1987; Sánchez-Castillo 1987; Tomás 1988), aunque también hay estudios de las lagunas de alta montaña de Sierra Nevada (Linares-Cuesta 2003; Linares-Cuesta & Sánchez-Castillo 2007a, 2007b; Linares-Cuesta & al. 2007) y la sierra de Gádor (Blanco & al. 2019). Entre aquellos, destaca el hallazgo del endemismo *Fragilaria nevadensis* J.E.Linares-Cuesta & P.M.Sánchez-Castillo (Linares-Cuesta & Sánchez-Castillo 2007b), descrita como especie nueva. Sin embargo, las diatomeas continentales de esta región han permanecido prácticamente abandonadas durante la última década. El presente artículo supone un nuevo aporte a la ficoflora española analizando una población del género *Encyonema* Kütz. —*Cymbellales* D.G.Mann, *Gomphonemataceae* Kütz.— localizada en el Lagunillo del Barranco de San Juan, que se describe como especie nueva.

MATERIAL Y MÉTODOS

La muestra se obtuvo en el Lagunillo del Barranco de San Juan —Granada, España, 37°5'16.88" N, 3°22'18.41" O, 2521 m s.n.m., fig. 1—, una laguna somera de alta montaña en sustrato silíceo, situada en el Parque Nacional de Sierra Nevada. Las muestras de perifiton se tomaron sobre las rocas del lecho, siguiendo los protocolos estándar españoles para la recolección de diatomeas bentónicas (AENOR 2004), adaptados para medios lénticos. Para ello se recogió mediante un cepillo el epilíton de una superficie de unos 40 cm², integrando la muestra procedente de varias piedras. Estas se seleccionaron de entre las presentes en el lecho de la laguna, de forma que cumplieran una serie de criterios —dentro de la zona fótica, suficientemente profundas y estables, sin recubrimiento de sedimento o



Fig. 1. Localización del sitio de muestreo (punto negro) dentro del Parque Nacional de Sierra Nevada (España).

macroalgas, etc.—. Las muestras fueron preservadas en el campo con formaldehído —4% v/v— hasta su procesamiento en el laboratorio. Este consistió en la eliminación de la materia orgánica mediante la adición de peróxido de hidrógeno —120 vols.— a 90°C durante 12 h. Tras varias decantaciones por centrifugación se obtuvo una suspensión limpia de frústulos de diatomeas, con la que se montaron las preparaciones microscópicas mediante una resina sintética de alto índice de difracción. Estas preparaciones fueron analizadas a 1.000 aumentos mediante un fotomicroscopio —MO— de campo claro dotado de Olympus BX60, equipado con contraste interferencial y cámara fotográfica OPTIKA acoplada, siguiendo los protocolos normalizados para el recuento e identificación de diatomeas (AENOR 2005). En la comunidad de diatomeas presente, unos 100 individuos fueron cuantificados e identificados al menor nivel taxonómico posible en la muestra, siguiendo la literatura taxonómica habitual (Hofmann & al. 2011). El estudio de microscopía electrónica de barrido —MEB— fue realizado en la Unidad de Microscopía Electrónica de la Universidad de Jaén. Para ello, las muestras fueron elaboradas colocando una gota de la suspensión tratada sobre una estructura metálica y dejando secar a temperatura ambiente; posteriormente, fueron recubiertas con una capa de oro de 10 nm de grosor a través de un Sistema de Metalización Modular de Alto Vacío —QUORUM Q150T ES—. El estudio se realizó usando un microscopio MERLIN —Carl Zeiss—, operando a 20 kV. El análisis biométrico se realizó con R (R Core Team 2016) bajo RStudio (RStudio Team 2015) con los paquetes Caret (Wing & al. 2016) y Ellipse (Murdoch & Chow 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Encyonema nevadense S.Blanco, Olenici, De Vicente & F.Guerrero sp. nov. Tipo: España, Granada, Parque Nacional de Sierra Nevada, Lagunillo del Barranco de San Juan, 37°5'16.88" N, 3°22'18.41" O, 2521 m s.n.m., sobre piedras litorales, 16–VI–2017, F. Guerrero s.n. leg. (holo-: GDA 9189). Figs. 2 y 4.

Registro: <http://phycobank.org/102052>

Valvae modice dorsiventrals, anguste lanceolatae, margine dorsali convexi margineque ventrali paulo sive vix minus convexis quam dorsalibus, apicibus acute rotundatae, rostratae vel subcapitatae. Longitudo 17–22 μm —19,7 ± 1,1 μm—, latitudo 3–4 μm —3,5 ± 0,5 μm—, ratio 5,5–6,7 —5,7 ± 0,8—. Area axialis angusta dilatata ad nodulum centram area centralis asymmetrica formans. Stigma vacans. Striae transapicales utroque radiales ventraliter plerumque parallelae sub apices, 10–16 in 10 μm —14,2 ± 1,8 in 10 μm— ad latus dorsalem, 10–17 in 10 μm —14,0 ± 2 in 10 μm— ad latus ventralem, aequidistantes omnino. Areolae non aspecabiles sub microscopio photonico, 35–60 in 10 μm —47,3 ± 9,0 in 10 μm.

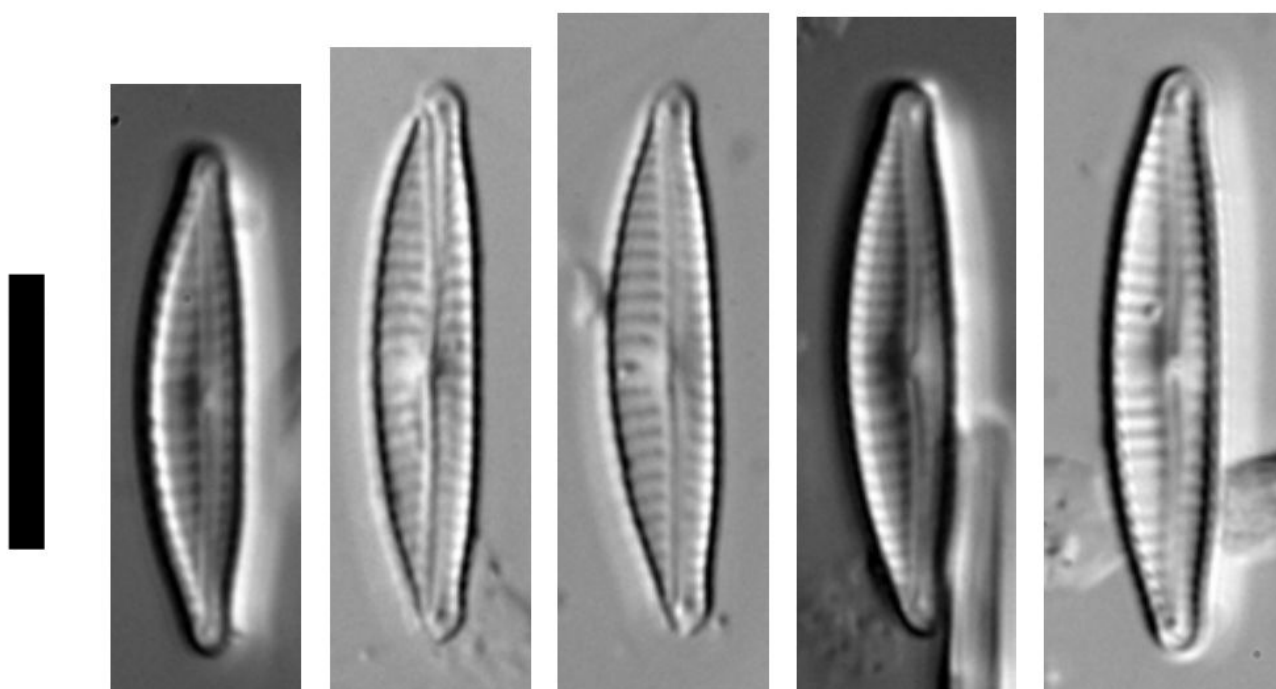


Fig. 2. *Encyonema nevadense* S.Blanco & al. sp. nov. (MO, contraste interferencial, vista valvar) [F. Guerrero s.n. leg., GDA 9189; escala 10 μ m].

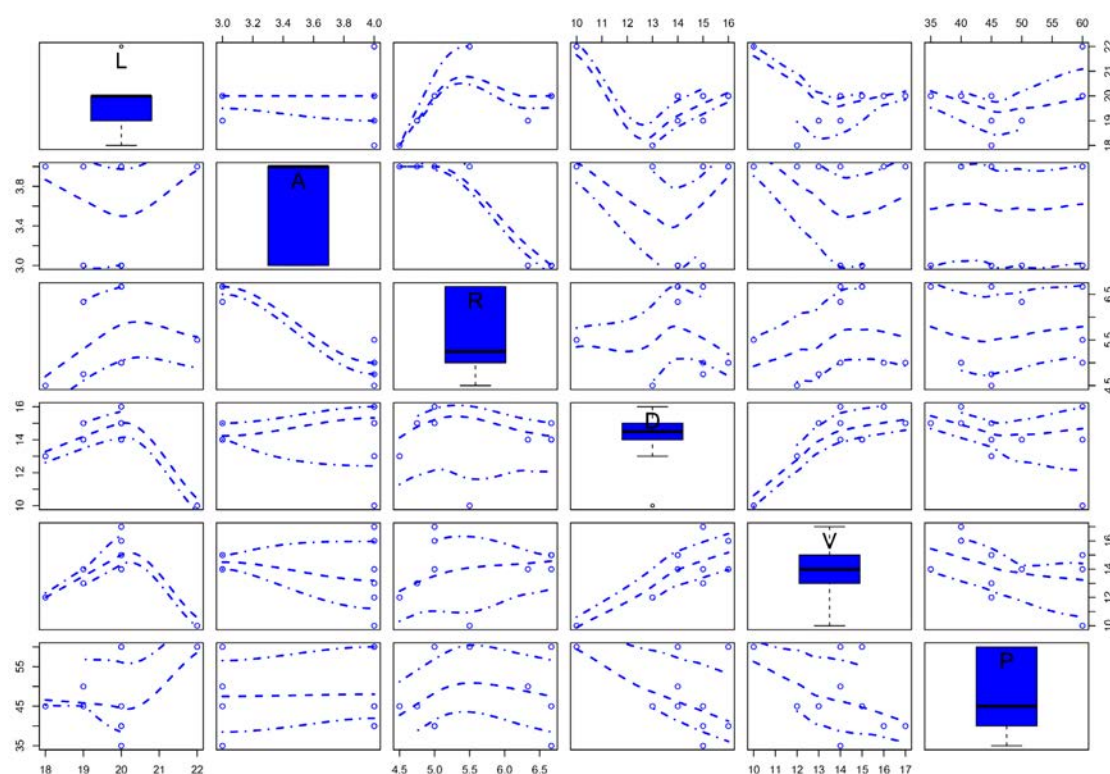


Fig. 3. Diagramas de correlación entre los parámetros morfométricos medidos en la población tipo de *Encyonema nevadense* S.Blanco & al. sp. nov.: **A**, longitud y anchura de la valva, respectivamente; **R**, ratio longitud/anchura; **D**, **V**, densidad de estrías dorsales y ventrales, respectivamente; **P**, densidad de areolas. [Datos ajustados a curvas de suavizado; en la diagonal se muestran los diagramas de caja relativos a cada parámetro.]

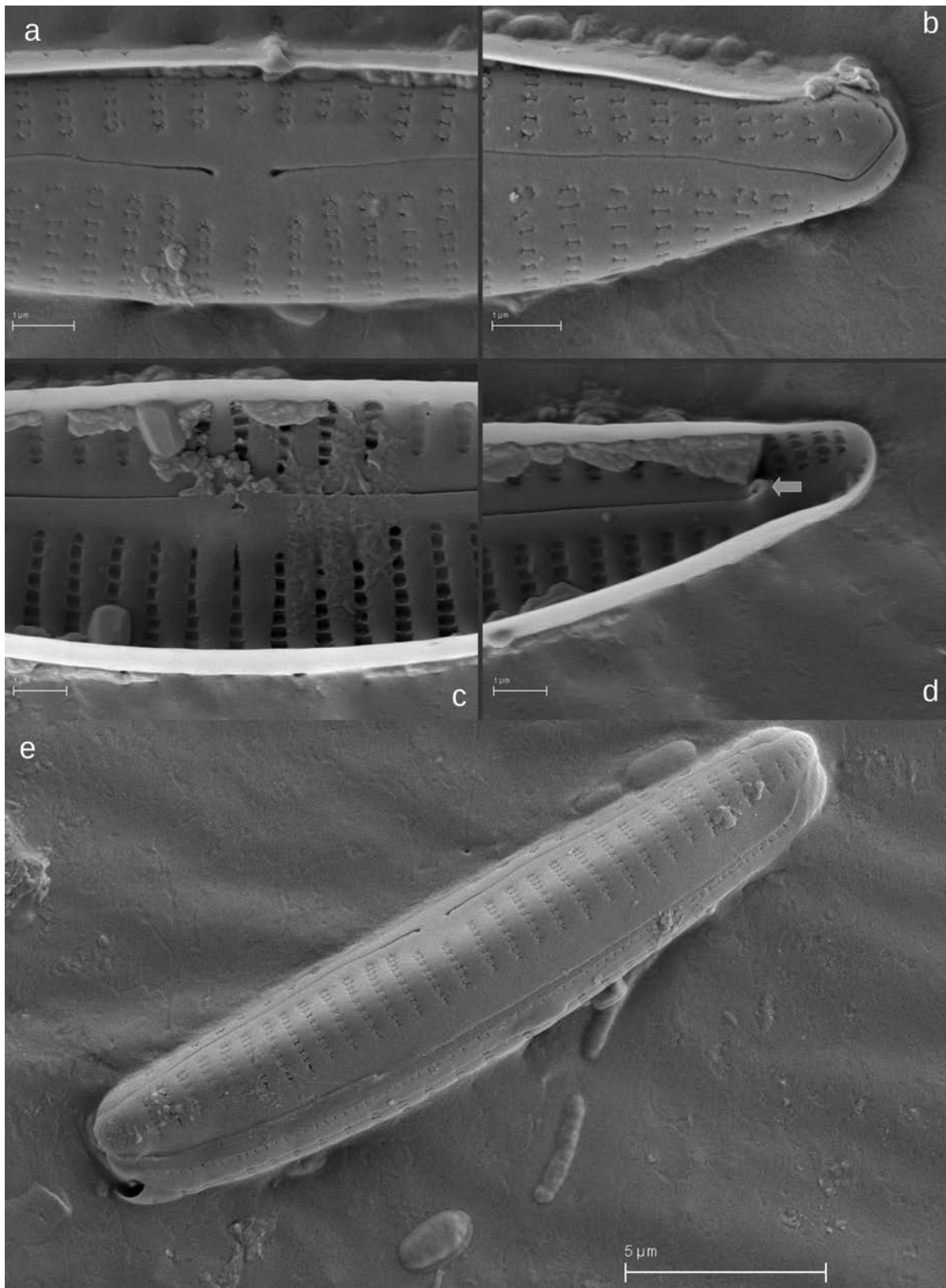


Fig. 4. *Encyonema nevadense* S. Blanco & al. sp. nov. (MEB): **a**, centro de la valva en visión externa; **b**, ápice de la valva en visión externa; **c**, centro de la valva en visión interna; **d**, ápice de la valva en visión interna, mostrando la helictoglosa (flecha); **e**, visión conectiva dorsal externa de un frústulo completo. [*F. Guerrero* s.n. leg., GDA 9189.]

Valvas ligeramente dorsiventrales (fig. 2), estrechamente lanceoladas, con el margen dorsal convexo y el ventral algo menos curvado que el dorsal. Ápices pronunciados, agudamente redondeados, rostrados o subcapitados (fig. 2). Longitud: 17–22 μm —19,7 \pm 1,1 μm —, anchura: 3–4 μm —3,5 \pm 0,5 μm —, cociente: 5,5–6,7 —5,7 \pm 0,8—. Área axial estrecha, dilatada en el nódulo central, donde forma un área central redondeada, asimétrica, más desarrollada dorsalmente. Estigmas ausentes. Estrías transapicales levemente radiantes en el centro, paralelas hacia los ápices, 10–16 en 10 μm —14,2 \pm 1,8 en 10 μm — en el lado dorsal, 10–17 en 10 μm —14,0 \pm 2 en 10 μm — en el lado ventral, equidistantes (fig. 3). Areolas no resolubles en el microscopio óptico, 35–60 en 10 μm —47,3 \pm 9,0 en 10 μm —. No se observan correlaciones biométricas destacables entre los parámetros medidos (fig. 3).

Distribución y hábitat.—*Encyonema nevadense* sp. nov. ha sido hallado únicamente en la localidad tipo, donde forma una población en la que abunda relativamente —8% de los individuos identificados—. La comunidad está dominada por especies del género *Nitzschia* Hassall como *Nitzschia incognita* Legler & Krasske o *Nitzschia perminuta* (Grunow) M.Peragallo. Las aguas del ecosistema donde se han recolectado las muestras presentan muy baja conductividad —30 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ — y turbidez —13—. Las comunidades de diatomeas de las lagunas de Sierra Nevada probablemente han permanecido alejadas de la influencia humana desde su génesis (Linares-Cuesta & al. 2007a), de ahí la presencia en ellas de numerosas singularidades florísticas y biogeográficas. Las especies de *Encyonema* citadas hasta la fecha en estos sistemas —*E. minutum* (Hilse) D.G.Mann, *E. silesiacum* (Bleisch) D.G.Mann— son, sin embargo, de distribución cosmopolita. Linares-Cuesta y Sánchez-Castillo (2007) sugieren que el proceso de especiación de las diatomeas en Sierra Nevada podría regirse por la adaptación a las condiciones ecológicas particulares de estos lagos de alta montaña, ya que todos los sistemas guardan gran proximidad entre sí. Se trata de charcas muy fluctuantes en cuanto a sus condiciones ambientales, y la elevada insolación media a la que están sometidas —incluyendo radiación UV— supone un factor muy selectivo para el establecimiento de las comunidades de diatomeas (Linares-Cuesta & Sánchez-Castillo 2007). Otros factores, como la temperatura y humedad, resultan igualmente determinantes a escala regional y local, así como otros aspectos relacionados con la evolución y funcionamiento interno de estos ecosistemas. En cualquier caso, nuestros resultados corroboran la gran potencialidad de estas pequeñas lagunas desde el punto de vista taxonómico, como hábitats de especies con perfiles ecológicos muy estrictos o que, probablemente, hayan pasado desapercibidas en pasados inventarios ficológicos.

Etimología.—El epíteto específico *nevadense* se refiere a Sierra Nevada, donde se ubica la localidad tipo.

Ultraestructura.—Las estrías son uniseriadas y están compuestas por areolas con aperturas externas mayoritariamente en forma de i mayúscula, ocasionalmente en forma de equis mayúscula, de ye mayúscula u con otras formas irregulares, equidistantes a lo largo de toda la estría (fig. 4a, b), que se extienden hasta la mitad del manto, donde terminan en una areola dispuesta perpendicularmente al resto (fig. 4e). El área central es redondeada, asimétrica —más desarrollada dorsalmente—, limitada por 1–3 estrías más cortas (fig. 4a); las estrías ventrales ocasionalmente limitadas a una única areola. No se observan estigmas o estigmoides en el área central, en vista interna hay una areola aislada que no se corresponde con ninguna apertura externa (fig. 4d). En vista externa, el rafe es ligeramente sinuoso y está dispuesto asimétricamente respecto del área axial —más cercano a las estrías ventrales (fig. 4b)—. Los extremos proximales del rafe terminan en poros expandidos ligeramente y curvados hacia el lado dorsal (fig. 4a). Los extremos terminales son uniformes, angulosos y terminan en el borde de la superficie valvar curvándose hacia

el lado ventral (fig. 4b). La valvocópula tiene una línea de pequeños poroides alargados (fig. 4e). Internamente, las fisuras proximales del rafe son indistintas, formando una interrupción en el nódulo central (fig. 4c), mientras que las fisuras terminales acaban en cortas helictoglosas (fig. 4d). Las aperturas internas de las areolas son rectangulares (fig. 4c, d).

Discusión.—El género *Encyonema* constituye un grupo relativamente diversificado de diatomeas dulceacuicolas, con cerca de 300 especies actualmente aceptadas en la literatura científica (Guiry & Guiry 2018), la mayoría de ellas transferidas desde el género *Cymbella* C.Agardh o descritas como especies nuevas en la monografía de Krammer (1997). En *E. nevadense* sp. nov. se aprecian todas las características distintivas del género: (i) valvas netamente dorsiventrales; (ii) un rafe filiforme, con fisuras distales curvadas hacia el lado ventral y extremos proximales curvados dorsalmente; (iii) ausencia de campos de poros apicales; (iv) presencia de areolas pequeñas, dispuestas en estrías uniseriadas (Krammer 1997).

De entre las especies del género *Encyonema* descritas con anchos valvares por debajo de las 4 μm , la nueva especie aquí descrita puede confundirse en MO con *E. perpusillum* (Cleve) D.G.Mann —*Cymbella perpusilla* Cleve, incluyendo *E. perpusillum* var. *chilense* Krammer & al.—, con la que comparte una morfometría similar —12–30 μm de longitud, 3–5 μm de anchura, 10–14 estrías en 10 μm —. Sin embargo, el área central en esta especie es indistinta, no redondeada como en *E. nevadense* sp. nov. El carácter distintivo más claro aparece en MEB, con la presencia generalizada de areolas en forma de i mayúscula en la nueva especie aquí descrita, mientras que son redondeadas en *E. perpusillum*, a juzgar por las imágenes MEB publicadas (Vyverman 1991: fig. 128 B; Krammer 1997: fig. 110, 15). La presencia de este tipo de areolas es frecuente en otros géneros de *Cymbellales* como *Crucicostulifera* J.C.Taylor & Lange-Bert., *Cymbella*, *Cymbopleura* (Krammer) Krammer, *Kurtkrammeria* Bahls u *Oricymba* Jüttner & al. (Jüttner & al. 2010), si bien generalmente combinadas con areolas de tipo lineal en cada estría. Según Cox (2004), las diferentes formas que adquieren estas aperturas serían simplemente distintos grados de crecimiento centripeto de las solapas silíceas sobre el foramen durante los últimos estadios de la formación de la valva, constituyendo estructuras tri o tetrarradiadas, o formas más complejas.

La especie aquí descrita puede ser confundida con otras especies del género *Encyonema*, singularmente los táxones descritos en Marquardt & al. (2017) dentro del complejo de especies entorno a *E. angustecapitatum* Krammer. Estas especies son morfológicamente similares a *E. nevadense* sp. nov., aunque todas ellas tienen valvas con más de 4 μm de anchura, con la excepción de *E. paradisiacum* Marquardt & al. que, sin embargo, tiene una ultraestructura completamente diferente, con estrías ventrales limitadas casi exclusivamente al manto en la zona central.

Históricamente se han descrito una serie de táxones subspecíficos dentro de *Cymbella perpusilla*, de los que solo contamos con las respectivas descripciones originales al no haberse reportado en estudios posteriores. *Cymbella perpusilla* var. *azorica* Manguin posee un contorno valvar similar a *E. nevadense* sp. nov., además de cierto desarrollo del área central, pero las valvas son más anchas —4–5 μm vs. 3–4 μm en *E. nevadense* sp. nov.— y, además, los extremos proximales del rafe están mucho más claramente curvados hacia el lado dorsal. En cuanto a *Cymbella perpusilla* var. *obtusata* Skvortsov, descrita a partir de muestras recogidas en el río Yenisei —Siberia—, se distingue fácilmente de *E. nevadense* sp. nov. por su mayor densidad de estrías —18–20 en 10 μm —. Finalmente, *Cymbella perpusilla* var. *subcapitata* Cholnoky tiene un grado de dorsiventralidad mucho menos acusado y se trata probablemente de una especie de *Encyonopsis* Krammer.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Junta de Andalucía los permisos concedidos para la toma de muestras en humedales de montaña de las Sierras Béticas de Andalucía. Este trabajo se enmarca en el proyecto “Humedales de montaña de Andalucía: inventario, tipologías y

conservación” financiado por el Centro de Estudios Avanzados en Ciencias de la Tierra (CEACTierra) de la Universidad de Jaén. Dos revisores anónimos corrigieron y enriquecieron el manuscrito con sus aportaciones.

REFERENCIAS

- Aboal M., Álvarez-Cobelas M., Cambra J., Ector L. & Witkowski A. 2003. *Floristic list of non-marine diatoms (Bacillariophyceae) of Iberian Peninsula, Balearic Islands and Canary Islands*. Gantner, A R, Ruggell, Königstein.
- AENOR 2004 [Asociación Española de Normalización y Certificación]. Norma española UNE-EN 13946:2004. Calidad del agua. Guía para el muestreo en rutina y el pretratamiento de diatomeas bentónicas de ríos. Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid.
- AENOR 2005 [Asociación Española de Normalización y Certificación]. Norma española UNE-EN 14407:2005. Calidad del agua. Guía para la identificación, recuento e interpretación de muestras de diatomeas bentónicas de ríos. Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid.
- Álvarez-Cobelas M.A. & Estévez-García A.E. 1982. Catálogo de las algas continentales españolas, I: Diatomophyceae. *Lazaroa* 4: 269–286.
- Azpeitia F. A. 1911. *La diatomología española en los comienzos del siglo XX*. Impr. E. Arias, Madrid.
- Blanco S., Álvarez-Blanco I., Cejudo-Figueiras C., Espejo J.M.R., Barrera C.B., Bécades E., del Olmo F.D. & Artigas R.C. 2013. The diatom flora in temporary ponds of Doñana National Park (southwest Spain): five new taxa. *Nordic Journal of Botany* 31: 489–499. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2013.01691.x>
- Blanco S., Olenici A., Jiménez-Gómez F. & Guerrero F. 2019. Taxonomía y morfología de *Craticula gadorensis* sp. nov. (*Bacillariophyta*, *Stauroneidaceae*). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 54: 5–11. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v54.n1.23574>
- Carrillo P., Cruz-Pizarro L., Morales R. & Sánchez-Castillo P. 1987. Cambios estacionales en las comunidades de fitoplancton y de zooplancton de la Albufera de Adra. *Limnetica* 3: 243–254.
- Cox E.J. 2004. Pore occlusions in raphid diatoms—a reassessment of their structure and terminology, with particular reference to members of the *Cymbellales*. *Diatom* 20: 33–46.
- Fané Treviño I. 2008. Estudios taxonómicos en algas verdes cocales del sur de España. *Tesis doctoral*, Universidad de Granada, Granada.
- Gilbert J.D., De Vicente I., Ortega F., Jiménez-Melero R., Parra G. & Guerrero F. 2015. A comprehensive evaluation of the crustacean assemblages in southern Iberian Mediterranean wetlands. *Journal of Limnology* 74: 169–181. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2014.993>
- Gilbert J. D., De Vicente I, Jiménez-Melero R. & Guerrero F. 2017. Zooplankton body size versus taxonomy in Mediterranean wetlands: implications for aquatic ecosystem evaluation. *Freshwater Science* 36: 774–783. <https://doi.org/10.1086/694321>
- González Guerrero P. 1950. Algas del río Tinto (Huelva). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 9: 111–128.
- Guiry M.D. & Guiry G. 2018. AlgaeBase. World-wide electronic publication. National University of Ireland, Galway. Página web: <https://www.algaebase.org/> [consultada 24–VIII–2018].
- Hill M.J., Death R.G., Mathers K.L., Ryves D.B., White J.C. & Wood P.J. 2017. Macroinvertebrate community composition and diversity in ephemeral and perennial ponds on unregulated floodplain meadows in the UK. *Hydrobiologia* 793: 95–108. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2856-x>
- Hofmann G., Werum M. & Lange-Bertalot H. 2011. *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa: Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis: über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie*. ARG Gantner, Rugell.
- Jüttner I., Krammer K., van de Vijver B., Tuji A., Simkhada B., Gurung S., Sharma S., Sharma C. & Cox E. J. 2010. *Orycymba* (*Cymbellales*, *Bacillariophyceae*), a new cymbelloid genus and three new species from the Nepalese Himalaya. *Phycologia* 49: 407–423. <https://doi.org/10.2216/09-77.1>
- Krammer K. 1997. Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 2. *Encyonema* part., *Encyonopsis* and *Cymbellopsis*. *Bibliotheca Diatomologica* 37: 1–469.
- Labat F. 2017. A new method to estimate aquatic invertebrate diversity in French shallow lakes and ponds. *Ecological Indicators* 81: 401–408. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.073>
- Linares-Cuesta J.E. 2003. Las diatomeas bentónicas de las lagunas del Parque Nacional de Sierra Nevada. Estudio comparado con las colecciones del herbario de la Universidad de Granada (GDA). *Tesis doctoral*, Universidad de Granada. Granada.
- Linares-Cuesta J.E. & Sánchez Castillo P.M. 2007a. Nuevas citas de diatomeas bentónicas para la Península Ibérica procedentes de las lagunas de alta montaña del Parque Nacional de Sierra Nevada (Granada, España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Biológica* 102: 5–11. <https://doi.org/10.3989/arbor.2005.i714.434>
- Linares-Cuesta J.E. & Sánchez-Castillo P.M. 2007b. *Fragilaria nevadense* sp. nov., a new diatom taxon from a high mountain lake in the Sierra Nevada (Granada, Spain). *Diatom Research* 22: 127–134. <https://doi.org/10.1080/0269249x.2007.9705700>
- Linares-Cuesta J.E., Olofsson L. & Sánchez Castillo P.M. 2007. Comunidades de diatomeas epipélicas en las lagunas de alta montaña de Sierra Nevada (Granada, España). *Limnetica* 26: 99–113.
- Margalef R. 1951. Plancton recogido por los laboratorios costeros, III. Fitoplancton de las costas de Castellón durante el año 1950. *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada, Barcelona* 9: 49–98.
- Marquardt G.C., Wengrat S., Bicudo D.C., Wetzel C.E., Ector L. & Bicudo C.E.M. 2017. Morphology and distribution of *Encyonema angustecapitatum* Krammer species complex (*Bacillariophyceae*) with description of four new species from São Paulo, southeast Brazil. *Fottea* 17: 164–177. <https://doi.org/10.5507/fot.2017.008>
- Murdoch D. & Chow E.D. 2013. Ellipse: functions for drawing ellipses and ellipse-like confidence regions. Página web: <https://cran.r-project.org/package=ellipse> [consultada 24–VIII–2018].
- Negro A.I., De Hoyos C. & Aldasoro J.J. 2003. Diatom and desmid relationships with the environment in mountain lakes and mires of NW Spain. *Hydrobiologia* 505: 1–13. <https://doi.org/10.1023/b:hydr.0000007212.78065.c1>
- R Core Team 2016. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Página web: <https://www.r-project.org/> [consultada 24–VIII–2018].
- Rivera-Rondón C.A. & Catalán J. 2017. Diatom diversity in the lakes of the Pyrenees: an iconographic reference. *Limnetica* 36: 127–395.
- Rojo C., Álvarez-Cobelas M., Benavent-Corai J., Barón-Rodríguez M.M. & Rodrigo M.A. 2012. Trade-offs in plankton species richness arising from drought: insights from long-term data of a National Park wetland (central Spain). *Biodiversity and Conservation* 21: 2453–2476. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0307-1>
- RStudio Team. 2015. RStudio: integrated development environment for R. Boston: RStudio, Inc. Página web: <https://www.rstudio.com/> [consultada 24–VIII–2018].
- Sabater S. & Roca J. R. 1992. Ecological and biogeographical aspects of diatom distribution in Pyrenean springs. *British Phycological Journal* 27: 203–213. <https://doi.org/10.1080/00071619200650201>

- Sánchez-Castillo P.M. 1987. Influencia de la salinidad sobre las poblaciones algales de tres lagunas litorales (Albuferas de Adra, Almería). *Limnetica* 3: 47–53.
- Sánchez-Castillo P.M., Linares-Cuesta E.J. & Fernández-Moreno D. 2008. Changes in epilithic diatom assemblages in a Mediterranean high mountain lake (Laguna de La Caldera, Sierra Nevada, Spain) after a period of drought. *Journal of Limnology* 67: 49–55. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2008.49>
- Tomás X. 1988. Diatomeas de las aguas epicontinentales saladas del litoral mediterráneo de la península Ibérica. *Tesis doctoral*, Universidad de Barcelona, Barcelona
- Vyverman W. 1991. Diatoms from Papua New Guinea. *Bibliotheca Diatomologica* 22: 1–244.
- Wing M.K.C.J., Weston S., Williams A., Keefer C., Engelhardt A., Cooper T., Mayer Z., Kenkel B.R.C., Benesty M., Lescarbeau R., Ziem A., Scrucca L., Tang Y., Candan C. & Hunt T. 2016. caret: classification and regression training. Página web: <https://CRAN.R-project.org/package=caret> [consultada 24-VIII-2018].