

PRIMEROS REGISTROS DE *Nanofrustulum shiloi* (LEE, REIMER & MCENERY) ROUND, HALLSTEINSEN & PAASCHE Y *Nitzschia nienhuisii* STERRENBURG & STERRENBURG (BACILLARIOPHYCEAE; OCHROPHYTA) EN AGUAS MEXICANAS

Francisco Omar López-Fuerte^{1,2}, María Concepción Lora Vilchis¹, Lucien Veleva³, David A. Siqueiros-Beltrones^{4*}, Bertha Olivia Arredondo Vega^{1,5} & Marte Virgen Felix¹

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Colección de Microalgas. Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Playa Palo de Santa Rita Sur; La Paz, B.C.S. México; C.P. 23096. ²Universidad Autónoma de Baja California Sur. Departamento Académico de Economía, Laboratorio de Sistemas Arrecifales. Carretera al Sur Km 5.5, El Mezquitito, La Paz, B. C. S., México; C.P. 23080. ³CINVESTAV-Unidad Mérida, Departamento de Física Aplicada, Laboratorio de Físicoquímica, Km. 6 Antigua carretera a Progreso, AP. 73, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México. ⁴Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, Dpto. de Plancton y Ecología Marina, Av. Instituto Politécnico Nacional s/n Col. Playa Palo de Santa Rita AP. 592. CP. 23096, La Paz, B.C.S. México. ⁵Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Laboratorio de Biotecnología de Microalgas. Programa de acuicultura. Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Playa Palo de Santa Rita Sur; La Paz, B.C.S. México; C.P. 23096. *Correspondence author email: dsiquei@ipn.mx.

RESUMEN. Se presentan los primeros registros de las diatomeas *Nanofrustulum shiloi* y *Nitzschia nienhuisii* para las costas de México. Las observaciones corresponden al oeste del Golfo de California y el noreste de la Península de Yucatán y Caribe Mexicano. Se proporcionan datos morfométricos y autoecológicos inéditos, así como imágenes de los taxones tomadas con microscopía electrónica de barrido y óptica. El registro de estos taxones contribuye a la riqueza florística de diatomeas de México, evidenciando la presencia de taxones otrora confundidos e inyectando confianza a la base taxonómica requerida en estudios ulteriores ya sean de carácter ecológico y/o biogeográficos.

Palabras clave. Diatomeas bentónicas, Golfo de California, Caribe Mexicano, nuevos registros.

First records of *Nanofrustulum shiloi* (Lee, Reimer & McEnery) Round, Hallsteinsen & Paasche and *Nitzschia nienhuisii* Sterrenburg & Sterrenburg (Bacillariophyceae; Ochrophyta) in Mexican waters

ABSTRACT. We present the first records of the diatoms *Nanofrustulum shiloi* and *Nitzschia nienhuisii* for the Mexican coasts. Observations correspond to the western Gulf of California and the northeastern Yucatán peninsula and Mexican Caribbean. Morphometric and ecological data are provided together with SEM and optic microscope images. These records contribute to underline the floristic richness of diatoms in the Mexican coasts by showing the occurrence of taxa otherwise confused in previous studies, thus providing a much needed confidence to the taxonomic basis required in subsequent ecological or biogeographic studies.

Keywords: New records, benthic diatoms, Gulf of California, Mexican Caribbean.

F. O. López-Fuerte, Ma. C. Lora Vilchis, L. Veleva, D. A. Siqueiros-Beltrones, B. O. Arredondo Vega & M. Virgen Felix. 2016. Primeros registros de *Nanofrustulum shiloi* (Lee, Reimer & Mcenery) Round, Hallsteinsen & Paasche y *Nitzschia nienhuisii* Sterrenburg & Sterrenburg (Bacillariophyceae; Ochrophyta) en aguas Mexicanas. *CICIMAR Oceánides*, 31(1):35-41.

INTRODUCCIÓN

Actualmente es conocida la información autoecológica de muchas especies de diatomeas bentónicas consideradas comunes. No obstante, en lo que respecta a especies raras con pocos registros o recientemente encontradas, la norma es que la información sobre el hábitat que prefieren, sobre sus requerimientos ecológicos e incluso sobre su descripción morfológica esté incompleta. Por otro lado, la información nueva generada sobre las especies con pocos registros o recientes siempre será valiosa, independientemente del contexto en que sea utilizada, ya sea biogeográfico con enfoques ambientalistas o en términos de biodiversidad. En México, el conocimiento de la diatomoflora bentónica es sesgado, con un esfuerzo focalizado en el noroeste del país y un incipiente y reciente inicio en el Caribe Mexicano. Dado el creciente interés en aspectos conservacionistas, es menester contar con las bases taxonómicas

confiables que, en el caso de diatomeas bentónicas, experimenta actualmente una exploración continua en diversas costas del país.

Dentro de los taxones raros, tanto por su abundancia como por su reciente descripción, son incluidas las especies del género *Nanofrustulum*. Este fue descrito por Round *et al.* (1999) sobre la base de una nueva combinación *Nanofrustulum shiloi* (Lee, Reimer & McEnery) Round, Hallsteinsen & Paasche. Este nuevo género presenta características de los géneros *Fragilaria* y *Pseudostaurosira* (Fragilariales) y se mantuvo monoespecífico durante casi una década hasta que fue descrita *Nanofrustulum squammatum* Riaux-Gobin & Witkowski (Witkowski *et al.* 2010). La característica más conspicua de estas diatomeas pennadas sin rafe es su cíngulo, el cual se compone de una serie de bandas fragmentadas “quasifract” (Hasle *et al.* 1983).

En términos autoecológicos, es poco lo que se sabe sobre las dos especies de *Nanofrustulum*, más allá de que son cosmopolitas y que han sido encontradas en ambientes marinos tanto templados como tropicales, y que pueden ser cultivadas con relativa facilidad. En el caso particular de *N. shiloi* este taxón ha sido aislado o encontrado en muestras provenientes de las costas del Mar Rojo, Australia, Inglaterra, Estados Unidos, China y del Atlántico (Lee *et al.* 1980, Hallegraeff & Burford 1996, Round *et al.* 1999, Sar & Sunesen, 2003), mientras que *N. squammatum* solo ha sido registrada para las islas Kerguelen, en el Océano Índico meridional (Witkowski *et al.* 2010). Este desconocimiento se debe en gran medida a que en muy pocas ocasiones este taxón es observado *in vivo* y a que la mayoría de sus registros provienen de cultivos con muestras fijadas o de frústulas encontradas en simbiosis, como en el caso particular de *N. shiloi* con el foraminífero *Heterostegina lessonii* (Round *et al.* 1999).

La especie *Nitzschia nienhuisii* F. A. S. Sterrenburg & F. J. G. Sterrenburg es una forma marina también catalogada como rara; cuenta con apenas tres registros a nivel mundial desde que fue descrita en 1990 (Sterrenburg & Sterrenburg, 1990). Hasta ahora, *N. nienhuisii* ha sido registrada solamente en la costa noroeste (Mauritania) de África (Sterrenburg & Sterrenburg, 1990), en Guam del Pacífico occidental (Lobban, 2015) y en aguas del Mar Caribe (Bahamas) (Hein *et al.* 2008). Esta especie se caracteriza por presentar frústulas hialinas con ápices prolongadas, un rafe levantado sobre una quilla y dos ramas curvas hacia el mismo lado. A diferencia del resto de las especies pertenecientes al género *Nitzschia*, en este taxón parece no haber fibulas en la quilla por lo menos bajo microscopio de luz, lo cual es una de las características más representativas del género; por ello es que Sterrenburg & Sterrenburg (1990) aunque asignan esta especie al género *Nitzschia* lo hacen con cierta desconfianza. Las técnicas de MEB no han permitido aclarar dicho desconcierto (Lobban, 2015), sin embargo parece ser que, por el momento, su ubicación taxonómica es operativa.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este estudio es dar a conocer los primeros registros de *Nanofrustulum shiloi* para la costa oeste del Golfo de California y de *Nitzschia nienhuisii* para el noreste de la Península de Yucatán y el Caribe Mexicano. Se presentan imágenes de microscopía óptica y electrónica que ofrecen una referencia más comprensiva de ambas especies, complementados con datos autoecológicos.

ÁREA DE ESTUDIO

La Laguna Balandra se localiza en el Golfo de California, en la Bahía de La Paz a 17 km al norte de La Paz, BCS (24°19'8.86"N y 110°19'41.30"O). Los márgenes de la laguna están bordeados principalmente por dos especies de mangle: *Rhizophora*

mangle L. y *Avicennia germinans* (L.) Stearn, aunque es posible encontrar algunos especímenes de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn (Siqueiros-Beltrones & Sánchez-Castrejón, 1999). El puerto de Telchac se localiza en la Península de Yucatán, en la costa sur del Golfo de México, a 75 Km de Mérida, Yucatán por vía terrestre (21°7' N y 89°25' W). Telchac, se encuentra inmerso en una zona de gran relevancia ecológica, conocida como Área Oriental de la Reserva Estatal Ciénegas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán. Las corrientes de mayor magnitud y más frecuentes son las que se dirigen al S y SW; las cuales están principalmente influenciadas por la dinámica de las masas de agua de la plataforma de Yucatán. Y, Laguna Yalahau, localizada en el Estado Quintana Roo, entre la comunidad de Chiquilá al sur y la Isla Holbox al norte, (21°26' y 21°36' N, y 87°08' y 87°29' W). Tiene una superficie total aproximada de 275 km², con profundidades que varían entre 0.3 y 4 m; presenta estrechas áreas someras sobre su margen interno (profundidad media de 2.0 m) con praderas de pastos marinos, dominadas por *Thalassia testudinum* K. D. Koenig.

MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra de *Nanofrustulum shiloi* fue recolectada en la laguna de Balandra en octubre de 2009. Se realizó un arrastre superficial horizontal con una red para fitoplancton de 20 µm. Una vez transportada la muestra al laboratorio, *N. shiloi* se aisló con el método de micropipeta. Este taxón se mantiene en cultivo en la Colección de Microalgas del CIBNOR CIB 24 (antes CIBM DP/8), en medio de cultivo f/2 adicionado con silicatos (Guillard, 1972).

Las muestras en las que se encontró a *Nitzschia nienhuisii* fueron recolectadas en Telchac puerto y la Laguna de Yalahau. En el caso de Telchac en julio de 2012, fijada sobre una placa reforzada de fibra de vidrio de 20x20x1 mm sumergida a 10 m de profundidad. En la Laguna Yalahau, en marzo de 2011 en un área ubicada al este de la Isla Holbox sobre hojas de *Thalassia testudinum* (López-Fuerte *et al.* 2013). Asimismo, en Telchac se recolectó una muestra de 250 ml de agua para determinar valores de salinidad total, oxígeno disuelto, temperatura específica, amonio, silicatos, fosfatos, nitratos y nitritos. Mientras que en la Laguna de Yalahau, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del agua se midieron *in situ* con un multisensor de campo.

Para las observaciones al microscopio se eliminó la materia orgánica dentro y fuera de las frústulas, oxidando la materia orgánica mediante una reacción exotérmica leve; para ello se utilizó una proporción 1:3:5 de muestra, etanol y ácido nítrico (Siqueiros-Beltrones & Voltolina, 2000). Una vez limpias las frústulas, las muestras se enjuagaron con agua destilada hasta alcanzar un pH >6; para las observaciones al microscopio óptico de la muestra se hicieron preparaciones permanentes con Pleurax y

Zrax (I.R. 1.7). Para las observaciones al microscopio electrónico, se cubrió un portamuestra de 2.5 cm con una película de grafito (Aerodag® G, Pelco®) sobre la cual se colocó 1 ml de muestra y se dejó a secar por 24 horas para posteriormente ser recubierta con una película de oro-paladio. Las observaciones al microscopio óptico se realizaron con un equipo Zeiss Axio Lab. A1 con contraste de fases y una AxioCam; mientras que para las imágenes de microscopía electrónica se utilizó un microscopio de emisión de campo Jeol JSM-7600F operado a 5 kv.

Los taxones se identificaron de acuerdo con Round *et al.* (1999), Sterrenburg & Sterrenburg (1990) y Lobban (2015). Además de las referencias utilizadas para la identificación de ambas especies, éstas también se verificaron en el Sitio web Algae-Base (Guiry & Guiry, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los valores medidos de variables físicas y químicas del agua de mar en los sitios de recolecta de *Nitzschia nienhuisii*. En la tabla 2 se comparan las características morfológicas de *Nanofrustulum shiloi* y *Nitzschia nienhuisii* encontrados en aguas mexicanas con los reportados en literatura.

Nanofrustulum shiloi (J. J. Lee, Reimer & McEnery) Round, Hallsteinsen & Paasche

Sinónimo: *Fragilaria shiloi* Lee, Reimer & McEnery, *Pseudostaurosira shiloi* (Lee, Reimer & McEnery) Hallegraeff & Burford.

Literatura: Lee *et al.* (1980), p. 43-47, figs. 2, 12-13 como *Fragilaria shiloi*, Round *et al.* 1999, 14:2, p. 345, figs. 1-33), Witkowski *et al.* (2000), pl.27, figs. 14-17 como *F. shiloi*.

En la figura 1a se pueden observar frústulas en vista conectiva vivas, formando cadenas unidas por espinas marginales que se entrecruzan. En la figura 1b se observan frústulas y valvas tanto en vista valvar como conectiva. La literatura menciona que las valvas pueden ser circulares o subcirculares, en este estudio los clones de Balandra aislados muestran valvas subcirculares (Fig. 1c, d). La figura 1e muestra la vista conectiva de la frústula, no obstante, se trata de un espécimen con características raras, probablemente debido a su mantenimiento en cultivo, con valvas con manto alto y espinas dispersas en el manto. El detalle de las espinas y entrecruzamiento se puede observar en las figuras 1f y 1g respectivamente.

Ecología y distribución

En cuanto a su distribución, dado que los sitios en que *Nanofrustulum shiloi* ha sido colectada son a nivel intercontinental muy amplios, dicho taxón es considerado cosmopolita. Las preferencias en cuanto a la temperatura las coloca como una especie eurioica, dado que ha sido encontrada en zonas

tropicales y templadas (Round *et al.*, 1999; Sar & Sunesen, 2003). En el caso de este estudio, *N. shiloi* se reporta por primera vez para un ambiente considerado subtropical.

En la literatura, los reportes sobre la autoecología de poblaciones naturales de *N. shiloi* son escasos; contrastantemente la información proveniente de cultivos es más vasta, *e. g.*, la experimentación con diferentes valores de temperatura y salinidad en diferentes cultivos han demostrado no solo su condición eurioica sino también eurihalina (Round *et al.*, 1999). En lo que se refiere a la forma de vida, *N. shiloi* es generalmente considerada como una especie bentónica, que ha sido recolectada en sedimentos costeros, no obstante, Round *et al.* (1999) mencionan que, debido al pequeño tamaño de las células de esta especie y tal como sucede con especies de tallas similares, esta puede ser suspendida por largos periodos en la columna de agua. Esta condición explicaría porque en este estudio *N. shiloi* fue recolectada con una red para fitoplancton. Asimismo, esta condición de meroplancton o ticoplancton es considerado un factor importante en el éxito del cultivo de dicho taxón a partir de muestras obtenidas de la columna de agua.

Nitzschia nienhuisii F. A. S. Sterrenburg & F. J. G. Sterrenburg

Descripción original: *Nitzschia nienhuisii* n. sp. Sterrenburg *et* Sterrenburg 1989.

Literatura: Sterrenburg & Sterrenburg (1990) p. 461, 464, figs. 2-4; Hein *et al.* (2008), pl. 59, figs. 2, 3; Lobban, C. S. (2015) p. 10, figs. 89-94.

Ecología y distribución

La información existente sobre *Nitzschia nienhuisii* es más escasa aún que la de *N. shiloi*, ya que en la literatura solo existen tres registros: Mauritania, Guam, y Bahamas. Con base en estos registros, *N. nienhuisii* se considera una especie marina, bentónica de ambientes intermareales y asociada a arrecifes coralinos y agregaciones de macroalgas. El presente estudio viene a aumentar la exigua información autoecológica de la especie, ya que se reporta por primera vez a *N. nienhuisii* como epi-

Tabla 1. Variables físicas y químicas de las localidades de recolecta. ND: no determinado. Los valores de temperatura se midieron a 2 metros de profundidad en Laguna Yalahau y a 10 metros en Telchac Puerto.

Variable	Localidad	
	Laguna Yalahau	Telchac Puerto
Temp. °C	27.3	21
pH	8.5	7.7
Salinidad ‰	35.5	37.48
O ₂	7.1 mg/L ⁻¹	1.1 ppm
Amonio (µm L ⁻¹)	ND	1.75
Silicatos (µm L ⁻¹)	ND	2.61
Fosfatos (µm L ⁻¹)	ND	0.28
Nitratos (µm L ⁻¹)	ND	0.04
Nitritos (µm L ⁻¹)	ND	1.84

Tabla 2. Comparación de las características morfométricas de *Nanofrustulum shiloi* y *Nitzschia nienhuisii* encontradas en este estudio y las presentadas en la literatura de referencia.

Especie	Referencia	Diámetro (µm)	Eje apical (µm)	Eje transapical (µm)	Estrias transapicales /10 µm	Punta /10 µm
<i>Nanofrustulum shiloi</i>	Round <i>et al.</i> (1990)	2-6	3-4.5	4-5	20	
	Witkowski <i>et al.</i> (2010) (<i>Fragilaria shiloi</i>)		2-6	2-5	15	18-21
	Sar & Sunesen (2003)	2-3.5	2.5-2.8	2.3	15-25 (30)	20-40
	Este estudio		2.2	2.09	30	
<i>Nitzschia nienhuisii</i>	Sterrenburg & Sterrenburg (1990)		40-60	8-10		12
	Lobban (2015)		49-53	16		
	Este estudio (Telchac)		39.5-46.5	13-21		15
	Este estudio (Yalahau)		80-102	16-30		

fito del pasto marino *Thalassia testudinum* y sobre sustrato artificial (fibra de vidrio). Con diatomeas es común que, cuando dos taxones presentan características morfológicas idénticas o muy similares estas muestren algunas variaciones, ya sea en términos morfológicos o merísticos, *e. g.*, longitud, y que por lo tanto se puedan considerar especies crípticas. No obstante, cuando los registros son tan escasos, como en el caso de *N. nienhuisii*, se hace necesario agotar otras instancias, como tener un número considerable de registros para determinar intervalos morfométricos representativos o consistentes.

En las figuras 2a, b, se muestran imágenes de MEB de frústulas recolectadas en Telchac; mientras que en las figuras 2c, d, se pueden ver las imágenes de las frústulas obtenidas bajo el microscopio de luz, provenientes de la laguna de Yalahau.

El registro de estos taxones raros contribuye a reconocer mejor la riqueza florística de las diatomeas de México, no obstante que la información tanto en términos taxonómicos como ecológicos de estos taxones pudiera antojarse confusa (*N. shiloi*) o escasa (*N. nienhuisii*).

AGRADECIMIENTOS

A los proyectos 152931 CONACYT-SENER, 804 CIBNOR-INECOL y 83339 CONACYT: Biodiversidad y vulnerabilidad de los ecosistemas marinos costeros. A Dora Huerta y Ana Ruth Cristóbal del Laboratorio Nacional para el análisis de Nano y Biomateriales del CINVESTAV-Unidad Mérida, por la obtención de las imágenes al microscopio electrónico. Se agradece el apoyo a Gabriela Mendoza Carrión por el apoyo de laboratorio. FOLF es becario posdoctoral del CONACYT. DASB es becario COFAA y EDI del IPN. Se agradecen las revisiones al manuscrito a Inés Sunesen y Oscar Hernández.

LITERATURA CITADA

Guillard, R. R. L. 1972. Culture of the phytoplankton for feeding marine invertebrates. 29-60, En: Smith, W. L. & Chanley, M. H. (eds.), *Culture of marine invertebrate animals*. Plenum, New York.

Guiry, M. D. & G. M. Guiry. 2016. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; búsqueda 05 April 2016.

Hallegraef, G. M. & M. A. Burford. 1996. Some new or little known nanoplankton diatom cultured from tropical and subtropical Australian shelf waters. *Nova Hedwigia, Beih.* 112: 329-342.

Hasle, G. R., H. A. Stosch & E. E. Syversten. 1983. Cymatosiraceae, a new diatom family. *Bacillaria*, 6: 9-156.

Hein, M. K., B. M. Winsborough & M. J. Sullivan. 2008. *Bacillariophyta (diatoms) of the Bahamas. Iconographia Diatomologica* 19: 1-303. Gantner Verlag, Ruggell, Alemania.

Lee, J. J., C. W. Reimer & M. E. McEnery. 1980. The identification of diatoms isolated as endosymbionts from larger Foraminifera from the Gulf of Eilat (Red Sea) and the description of 2 new species, *Fragilaria shiloi* sp. nov., and *Navicula reistii* sp. nov. - *Botanica Marina*, 23: 41-48.

Lobban, C. S. 2015. Benthic marine diatom flora of Guam: new records, redescription of *Psammodictyon pustulatum* n. comb., n. stat., and three new species (*Colliculoamphora gabgabensis*, *Lauderia excentrica*, and *Rhoiconis pagoensis*). *Micronesica*, 02: 1-49

López-Fuerte, F. O., D. A. Siqueiros-Beltrones. & O. Hernández-Almeida. 2013. Epiphytic diatoms of *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) from the Mexican Caribbean. *Marine Biodiversity Records*. 6: 1-11. <http://dx.doi.org/10.1017/S1755267213000857>.

Round, F. E., H. Hallsteinsen & E. Paasche. 1999. On a previously controversial "Fragilarioid" diatom now placed in a new genus *Nanofrustulum*. *Diatom Research*, 14(2): 343-356, DOI:

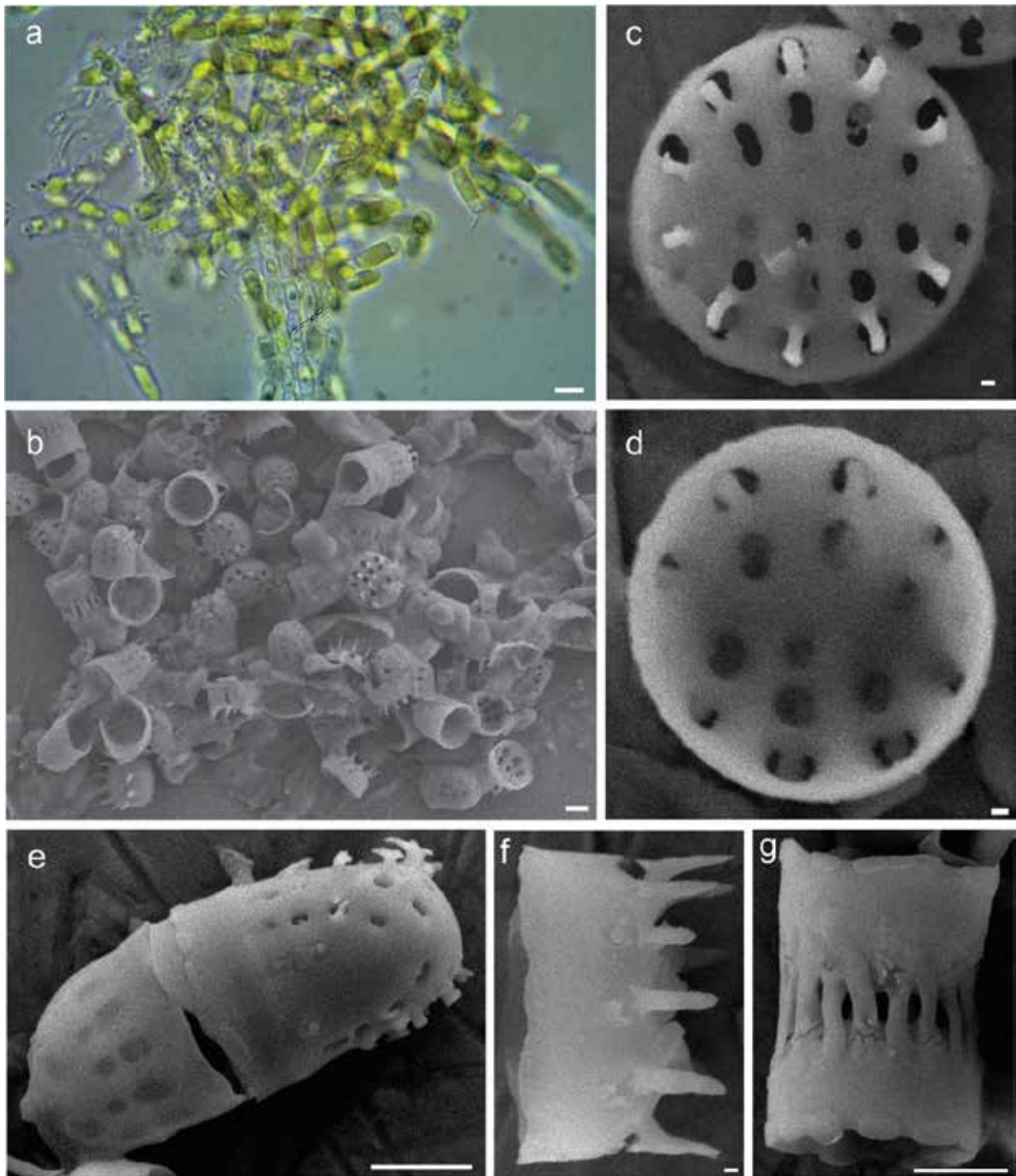


Figura 1. a) Fotomicrografía a color de células vivas de *Nanofrustulum shiloi*; b) grupo de frustulas en diferentes vistas; c) valva en vista externa mostrando areolas radiadas formando estrias, d, vista interna de la valva; e) frústula en vista conectiva en la que se observan estrias y espinas; f) valva con espinas; g) valvas de frústulas vecinas unidas por espinas marginales entrecruzadas. Fig. a: escala = 3.7 μ m; c=0.07 micras d=0.1 micras f=0.1 micras; b, e, g: escala = 1.0 μ m.

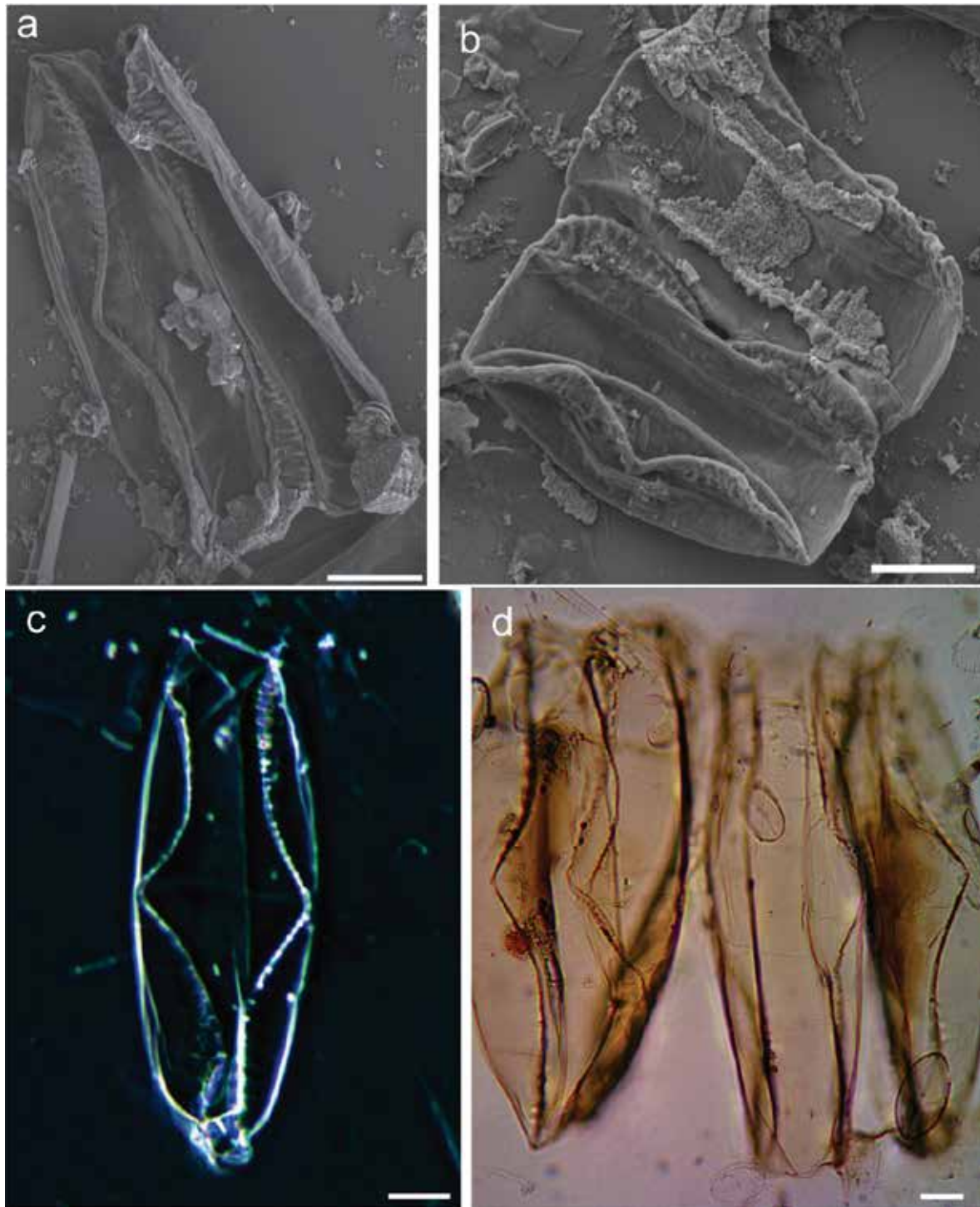


Figura 2. *Nitzschia nienhuisii*, frústulas en cadenas cortas (a, b y d) y solitaria (c). a, b, Frústulas vistas al microscopio electrónico de barrido, c, d, frústulas en montajes permanentes (contraste de fases).

10.1080/0269249X.1999.9705476

- Sar, E. A. & I. Sunesen. 2003. *Nanofrustulum shiloi* (Bacillariophyceae) from the Gulf of San Matías (Argentina): Morphology, distribution and comments about nomenclature. *Nova Hedwigia*, 77: 399-406.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. & E. Sánchez-Castrejón. 1999. Association structure of benthic diatoms from a mangrove environment in a Mexican subtropical lagoon. *Biotropica*, 31: 48-70.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. & D. Voltolina. 2000. Grazing selectivity of red abalone *Haliotis rufescens* postlarvae on benthic diatom films under culture conditions. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31, 239-246.
- Sterrenburg, F. A. S. & F. J. G. Sterrenburg. 1990. An outline of the marine littoral diatom biocoenosis of the Banc d'Arguin, Mauritania, West Africa. *Botanica Marina*, 33: 459-465.
- Witkowski, A., Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. 2000. Diatom flora of marine coasts I. Iconographia Diatomologica 7: 1-925.
- Witkowski, A., C. Riaux-Gobin & G. Daniszewska-Kowalczyk. 2010. New marine littoral diatom species (Bacillariophyta) from Kerguelen Islands. II. Heteropolar species of Fragilariaceae. *Vie et milieu - life and environment*, 60 (3): 265-281.

