

Primer registro de *Radiospongilla cerebellata* (Bowerbank, 1863) (Porifera: Spongillidae) para la República de Panamá

Viterbo RODRÍGUEZ¹, Ángel Javier VEGA¹ & Juan RUEDA²

¹ Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad en el Parque Nacional Coiba (CCIMBIO-CRUV-UP, Universidad de Panamá), Veraguas, Santiago, República de Panamá.

² Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva (ICBiBE), Universitat de València. C/ Catedrático José Beltrán Martínez, 2, 46980 Paterna València, España.

Resumen

Correspondencia

J. Rueda

E-mail: juan.rueda@uv.es

Recibido: 11 julio 2024

Aceptado: 19 diciembre 2024

Publicado on-line: 17 enero 2025

Se efectúa un estudio limnológico del río Ponuga (Provincia de Veraguas, República de Panamá), con el fin de determinar la calidad biológica a través del análisis de los invertebrados recolectados en sus aguas. Entre el conjunto de estos organismos se encontraron algunas esponjas de agua dulce, sus gémulas y colonias de la misma. La observación de estas gémulas bajo el microscopio electrónico de barrido (SEM) permitió la identificación de la especie *Radiospongilla cerebellata* (Bowerbank, 1863). Se aporta la primera cita de la especie para Panamá, siendo, a su vez, la segunda para el Neotrópico. Se añade el análisis físico-químico de las aguas del río Ponuga como contribución al conocimiento de la especie. Las sucesivas citas de la especie en los últimos años y en distintas zonas biogeográficas nos indicaría una distribución más amplia.

Palabras clave: Esponjas de agua dulce; Spongillida; Río Ponuga; Neotrópico.

Abstract

First record of Radiospongilla cerebellata (Bowerbank 1863) (Porifera: Spongillidae) from Ponuga river, Panama

A limnological study of the Ponuga River (Province of Veraguas, Republic of Panama) is carried out in order to determine the biological quality through the analysis of invertebrates collected in its waters. Among the group of these organisms were some freshwater sponges, their gemmules and their colonies. The observation of these gemmules under the scanning electron microscope (SEM) allowed the identification of the species *Radiospongilla cerebellata* (Bowerbank 1863). The first record of the species for Panama is provided, being, in turn, the second for the Neotropics. Physico-chemical analysis of the waters of the Ponuga River is added as a contribution to the knowledge of the species. The successive records of the species in recent years and in different biogeographical areas would indicate that its distribution could be broader.

Key words: Freshwater sponges; Spongillida; Ponuga river, Neotropical.



Introducción

En la actualidad, *World Porifera Database* (de Voogd *et al.* 2024) aporta unas 9.664 especies válidas de esponjas (filo Porifera) marinas y de aguas continentales. Ya sean de ambientes marinos, de estuarios o de agua dulce, las esponjas son organismos coloniales exclusivamente acuáticos. Son de vida bentónica sésil, adheridas a todo tipo de sustrato, sea vegetación, piedras y/o canales artificiales (Gruppuso *et al.* 2025) e incluso material plástico introducido en el sistema por el ser humano. En el caso de las aguas continentales, pueden establecerse en ríos, embalses y diferentes tipos de lagunas temporales o permanentes. Como forma reproductiva, las esponjas de agua dulce producen gémulas complejas para sobrevivir en respuesta a fuertes cambios en las condiciones ambientales como puede ser la estacionalidad del sistema (Manconi & Pronzato 2016). El cuerpo principal de las esponjas está constituido por megascleras, microscleras y una sustancia estructural de colágeno denominada espongina que le da volumen y soporte a las colonias. Por otro lado, sus gémulas lo están por espículas especiales o gemoscleras, las cuales poseen formas muy variadas. Dichas gémulas desempeñan un papel de dispersión pasiva facilitada por el flujo del agua, las aves, otros organismos o por el viento (Manconi & Pronzato 2016).

Según diferentes autores (Jones & Rützler 1975, Poirrier 1990, Manconi & Pronzato 2005), hasta la fecha, las especies conocidas para la República de Panamá son *Eunapius carteri* (Bowerbank, 1863), *Trochospongilla leidii* (Bowerbank, 1863) y *Trochospongilla horrida* (Weltner, 1893).

En el presente trabajo se ofrecen los pasos y fotografías realizadas para identificar las esponjas localizadas en el río Ponuga y, posteriormente, se discute la distribución geográfica de las mismas.

Material y métodos

Área de estudio

El punto de muestreo del río Ponuga, en donde se recolectaron las colonias de poríferos, se encuentra en las coordenadas UTM(WGS 84): 17N 502202870350 (Figs. 1, 2A), ubicadas a 18 msnm. El río mencionado pertenece a la cuenca n°122, denominada cuenca hidrográfica entre los ríos San Pedro y el Tonosí. Ésta drena un área de

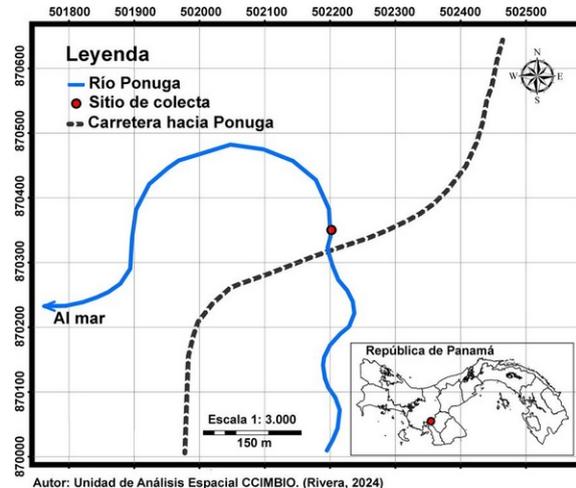


Figura 1. Situación geográfica del punto de muestreo en el río Ponuga.

Figure 1. Geographical location of the sampling point on the Ponuga river.

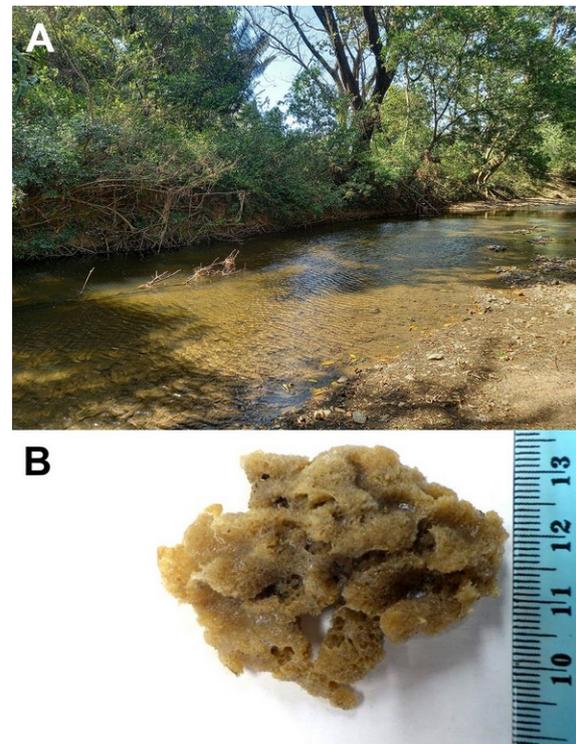


Figura 2. A: Río Ponuga (República de Panamá), punto de muestreo; **B:** Esponja del río Ponuga.

Figure 2. A: Ponuga river (Republic of Panama), sampling point. **B:** Freshwater sponge from the Ponuga river.

2.467 km² en la que se encuentra el río principal: el río Quebro, que vierte sus aguas hacia la vertiente del Pacífico (golfo de Montijo).

Además, de acuerdo con los datos meteorológicos de temperaturas y precipitaciones, de las estaciones próximas al sitio de recolecta, el área registra 2.882 mm anuales (estación Ponuga, 40 msnm) y promedia 27,1 °C de temperatura anual

(estación Montijo, 50 msnm) (IMHPA 2024). Por tanto, según la clasificación climática de Köppen-Geiger (Peel et al. 2007) el área presenta un clima tropical de sabana de invierno seco (Aw). Sin embargo, para caracterizar la región climática evaluando el efecto anual de la aridez (ocasionada por el periodo seco estacional de enero a marzo), se aplicó el índice de aridez de Martonne ($Im=77,6$), por lo que el área se encuentra en una región climática perhúmeda, donde el índice presenta valores >60 (Rivera 2022). Finalmente, con base a los citados valores de temperatura, precipitación y altitud citados, el área se encuentra dentro de la zona de vida de bosque húmedo tropical, según Holdridge (1996).

Muestreo

Se efectuaron cuatro campañas de muestreo (Tabla 1) asociadas al componente de evaluación de la calidad biológica del agua en ríos de las principales cuencas adyacentes al golfo de Montijo (Proyecto FID22-102) inscrito con código VIP-16-04-10-2023-07 en la Universidad de Panamá. Durante la tercera campaña (18-III-2024) se encontraron fortuitamente varias colonias de esponjas de agua dulce en el río Ponuga. Los ejemplares de poríferos se recolectaron manualmente, enteros (Fig. 2B) y unidos al sustrato, procurando incluir el mayor número de sustratos de asentamiento posible. Las muestras fueron colocadas en bolsas herméticas con agua del río y transportadas en una nevera al laboratorio húmedo del Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad en el Parque Nacional Coiba (CCIMBIO-CRUV-UP), de la Universidad de Panamá.

Se valoraron *in situ* las siguientes características fisicoquímicas del agua: temperatura, oxígeno disuelto (O_2), conductividad eléctrica (EC), total de sólidos disueltos (TDS), salinidad y pH, con la ayuda de un medidor portátil multiparamétrico

YSI ProQuatro. Las siguientes características fisicoquímicas del agua y análisis de nutrientes se determinaron en el laboratorio húmedo del CCIMBIO-CRUV-UP: demanda biológica de oxígeno a cinco días (DBO_5 a $20\text{ }^\circ\text{C}$, mg/l O_2), sulfato (mg/l SO_4^{2-}), sílice (HR) (mg/l SiO_2), fosfato (mg/l PO_4^{3-}), cloruro (mg/l Cl^-), nitrato (mg/l NO_3^-) y amonio (mg/l NH_4^+), con la ayuda de un Fotómetro YSI 9500. El procedimiento de toma de muestras y su traslado al laboratorio se hicieron siguiendo el protocolo, para tomas de muestras de calidad de agua, estipulado en el reglamento técnico DGNTI-COPANIT 21-393-99 (Gaceta Oficial de Panamá 1999).

Procesamiento de las muestras en el laboratorio

Las muestras de las colonias de poríferos fueron lavadas con agua y conservadas en alcohol etílico al 70 % en recipientes de vidrio de 130 ml. Después de 48 h, el alcohol etílico fue sustituido por otro limpio y las colonias se almacenaron en laboratorio húmedo del CCIMBIO protegidas de la luz.

Las colonias fueron revisadas con lupa binocular Olympus SZ con cámara EP50 en el tubo trinocular. microscopio óptico Zeiss Pro Star con cámara Axiocan 208 color y microscopio electrónico de barrido (SEM) Zeiss EVO 40vp. Para poder observar las gémulas, gemoscleras y megascleras se prepararon mediante el protocolo de Volkmer-Ribeiro (1985). Una vez aisladas, fueron montadas en portaobjetos SEM con cinta adhesiva de cobre y posteriormente cubiertas con una capa metálica de oro-paladium en un cobertor iónico Anatech modelo Hummer 5.6. Una vez cubiertas con el metal, las muestras fueron observadas en el SEM, utilizando un detector de electrones retrodispersados (BSED) y voltaje de aceleración de 20 kv.

Mes	Estación	SO_4^{2-} mg/l	SiO_2 mg/l	PO_4^{3-} mg/l	Cl^- mg/l	NO_3^- mg/l	NH_4^+ mg/l	O_2 mg/l	Temp. $^\circ\text{C}$	Cond. $\mu\text{S/cm}$	TDS ppm	Sal. ppm	pH	DBO_5 mg/l
I		10	49.0	1.05	-	4.4	0.03	-	-	-	-	-	-	-
II	Seca	13	47.0	0.7	0.04	3.9	0.1	4.47	30.7	282.3	0.184	0.14	7.88	-
III		0	-	0.45	0.06	2.60	0.12	4.62	31.8	327.8	0.213	0.16	7.73	0.32
IV	Lluviosa	2	-	0.14	0	2.3	0	3.82	32.2	333.1	0.216	0.16	7.63	0.02

Tabla 1. Análisis físico-químicos realizados en el río Ponuga. SO_4^{2-} : sulfato, SiO_2 : dióxido de silicio, PO_4^{3-} : fosfato, Cl^- : cloruro, NO_3^- : nitrato, NH_4^+ : amonio, O_2 : oxígeno disuelto, Temp.: temperatura, EC: conductividad, TDS: Total de sólidos disueltos, Sal.: salinidad, pH = unidades de pH, DBO_5 = demanda biológica de oxígeno a 5 días, incubación a $20\text{ }^\circ\text{C}$.

Table 1. Physicochemical variables analyzed during the study. SO_4^{2-} : sulfate, SiO_2 : silicon dioxide, PO_4^{3-} : phosphate, Cl^- : chloride, NO_3^- : nitrate, NH_4^+ : ammonium, O_2 : oxígeno disuelto, Temp.: temperature, EC: conductivity, TD.: total dissolved solids, Sal.: salinity, pH: pH units, DBO_5 : biological oxygen demand during 5 days of incubation at $20\text{ }^\circ\text{C}$.

Se realizaron mediciones de 22 gémulas, 21 gemoscleras y 20 megascleras directamente del SEM, resultando un total de 37 fotos. También se realizaron fotografías con microscopía óptica y lupa binocular. La recolecta de las colonias de poríferos con fines científicos, está amparado por el permiso de acceso a recursos genéticos y/o biológicos, número ARB/ARG-023-2023, emitido por el Ministerio de Ambiente de Panamá. Todas las colonias de poríferos recolectadas están depositadas en el laboratorio húmedo del Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad en el Parque Nacional Coiba registradas con el código Porífera-No. 001-CCIMBIO-UP.

Resultados

Los análisis físico-químicos realizados a pie del río Ponuga y en laboratorio (Tabla 1, Fig. 1) nos indican que nos encontramos con un ambiente que posee aguas ligeramente básicas. La concentración de oxígeno es baja en general, los valores medidos en los diferentes muestreos se sitúan entre 3,82 mg/l en la muestra de abril y 4,62 mg/l en marzo, posiblemente debido a vertidos urbanos procedentes de la población de Ponuga. La conductividad eléctrica del agua es inferior a los 334 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo la que corresponde al mes de febrero, con 282,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la más baja.

Las colonias de poríferos se recolectaron en los sustratos siguientes: rocas, ramas y hojas sumergidas y sobre sustrato arenoso. Todas las colonias fueron encontradas en un cuerpo de agua permanente: aguas someras con corriente lenta y cerca de los márgenes del río. Las gémulas aisladas y observadas posteriormente poseen dos capas de gemoscleras (Figs. 3A-D); una radialmente formando la esfera central de la propia gémula (Figs. 3C, 3D) y en otra se encuentran tumbadas sobre la superficie de la anterior, de forma tangencial (Figs. 3B-D), al igual que las que se observaron en las muestras de Nicaragua (Rueda & Mesquita-Joanes 2018). Tras la digestión de la espongina, se separan numerosas megascleras sin espinas en su superficie, totalmente lisas (Figs. 3G, 3H). No se observaron microscleras en las muestras del mismo modo que Reiswig *et al.* (2010) comentan como ausentes; posteriormente, Manconi & Pronzato (2016) señala que están probablemente ausentes porque podrían confundirse con gemoscleras inmaduras. Sin embargo, tanto en las muestras

de Nicaragua como en las de Panamá no se observan ni microscleras ni gemoscleras inmaduras.

Así, el resultado más importante fue identificar los ejemplares como pertenecientes a la especie *Radiospongilla cerebellata* (Bowerbank 1863) según los criterios de ambos textos, tratándose de la primera cita para la República de Panamá y la segunda para el Neotrópico tras su descubrimiento en Nicaragua (ver Rueda & Mesquita-Joanes 2018).

Radiospongilla cerebellata (Bowerbank 1863) (Fig. 3)

Porífera, Demospongiae, Spongillida, Spongillidae
Sinonimias:

Spongilla cerebellata Bowerbank, 1863: 465.

Ephydatia semispongilla Annandale, 1909: 107.

Radiospongilla cerebellata Penny & Racek 1968 y otras *Spongilla* spp.: 73.

República de Panamá: río Ponuga (provincia de Veraguas), gémulas, megascleras y varias esponjas recolectadas.

Diámetro de las gémulas (Figs. 3A-D): 507,9-670,6 μm (\bar{x} : 590,36 μm , SD_{22} : 45,69 μm). Longitud de las gemoscleras (Figs. 3E, F): 68,54-84,32 μm (\bar{x} : 76,72 μm ; SD_{21} : 4,18 μm). Gemoscleras insertadas en dos capas, una interna con disposición radial, y otra externa con distribución tangencial de las mismas sobre la gémula (Figs. 3B-D). Las megascleras son totalmente lisas (Figs. 3G, 3H); longitud: 257,0-341,7 μm (\bar{x} : 286,59 μm ; SD_{20} : 17,70 μm). Dichos parámetros (Tabla 2) se ajustan a lo indicado en Manconi & Pronzato (2016) aunque el tamaño de los ejemplares es ligeramente mayor en los de Panamá y las megascleras también lo son ligeramente. Las gemoscleras se ajustan perfectamente y no se observan microscleras.

La distribución conocida de la especie incluye a la India (Bowerbank 1863) y, según Penny & Racek (1968), África, subcontinente Indo-Paquistaní, Indonesia, Filipinas, Nueva Guinea, China y tal vez Rusia; Isla Reunión (océano Índico, Francia) (Blottière 2017); en Europa, reafirma Sokolova *et al.* (2024) la Rusia europea y, quizá, también aparece en parte del sureste de Europa (Schroder 1942). En América, se ha registrado en Estados Unidos (Texas: Poirrier 1972, Hooper & van Soest 2002; Alabama: Mobley 2010; Tennessee: Kunigelis & Copeland 2014), Nicaragua (Rueda & Mesquita-Joanes 2018) y República de Panamá (en este trabajo).

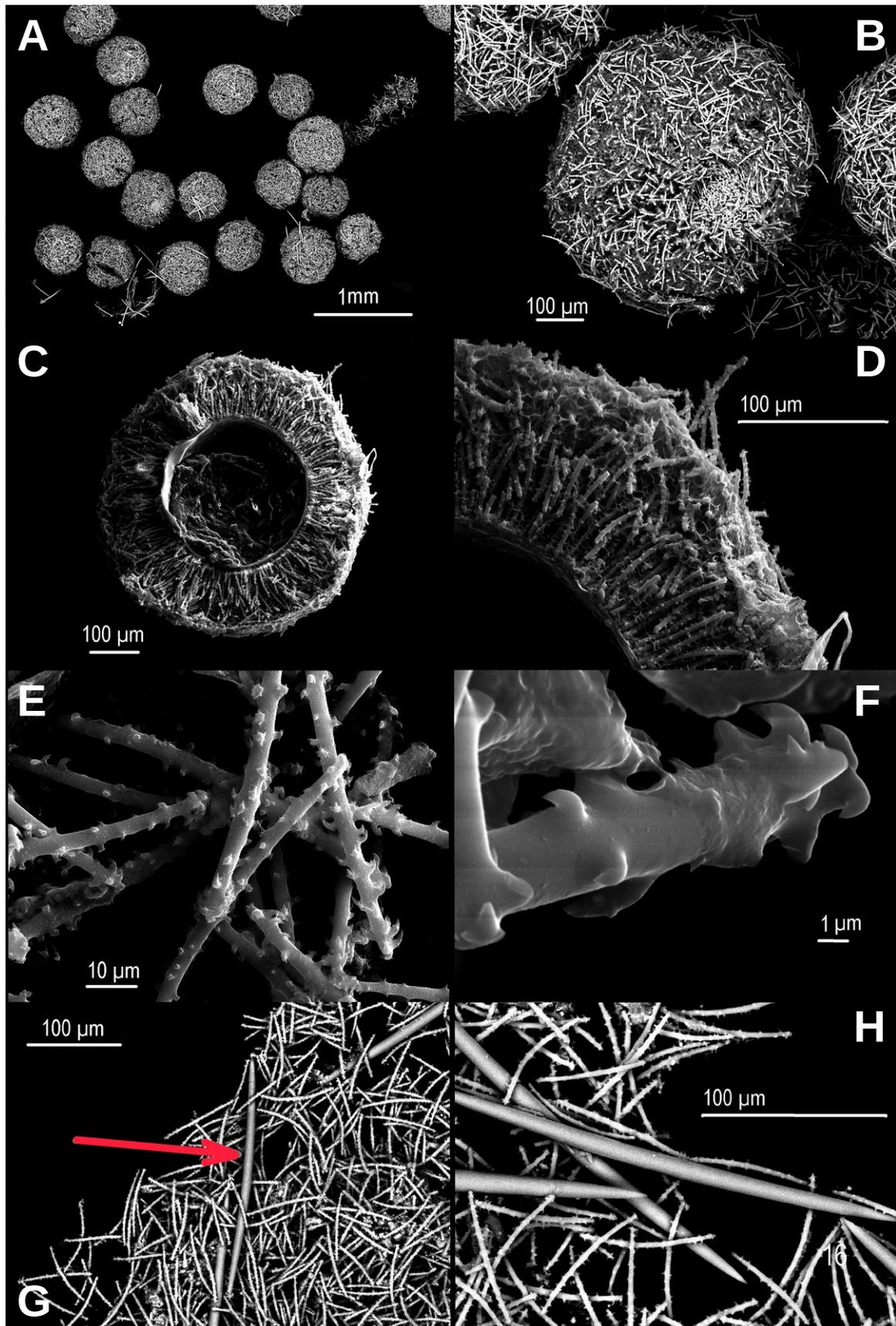


Figura 4. *Radiospongilla cerebellata*. A-C: Gémulas; C-D: Capa gemular con gemoscleras tangenciales y radiales (sección); E-F: Gemoscleras; G-H: Megascleras con gemoscleras de fondo. Flecha: megasclera.

Figure 4. *Radiospongilla cerebellata*. A-C: Gemmules; C-D: gemmular theca with tangential and radial gemmuloscleres (cross section); E-F: Gemmuloscleres; G-H: Megascleres with background gemmoscleres. Arrow: megasclere.

	Gémulas (μm)	Gemoscleras (μm)	Megascleras (μm)
Promedio	590,36	76,72	286,59
SD	45,69	4,18	17,70
Mínimo	507,9	68,54	257,0
Máximo	670,6	84,32	341,70
n	22	21	20

Tabla 2. Medidas obtenidas de las gémulas, gemoscleras y megascleras.

Table 2. Measurements obtained from the gemmules, gemmoscleres and megascleres.

Discusión

Radiospongilla cerebellata es una especie que muestra una amplia distribución mundial, sin embargo, las estructuras de las gemoscleras presentadas por Kunigelis & Copeland (2014) para los ejemplares recolectados en Tennessee difieren de las que se observan en Saller (1990), Mobley (2010) y en Manconi & Pronzato (2016). Todas estas últimas de Manconi & Pronzato (2016) son morfológicamente idénticas a los ejemplares observados en el presente trabajo. Por otro lado, Manconi & Pronzato (2016) indican que la cita del Neártico reportada por Poirrier (1972) para Texas, a pesar de coincidir con la descripción de Penney & Racek (1968), sin aportar descripción ni rasgos diagnósticos, se aleja especialmente de su distribución tropical y subtropical. Además, la figura presentada por Kunigelis & Copeland (2014) se asemeja especialmente a la de Manconi & Pronzato (2016), perteneciendo probablemente a *Spongilla lacustris* (Linnaeus, 1759) o *Spongilla alba* Carter, 1849 (Manconi & Pronzato 2016). Bowerbank (1863) ya indicaba que la especie se podría confundir con *S. alba* por presentar una microsclera que no se observa en *R. cerebellata* (Manconi & Pronzato 2016). La presente cita de *R. cerebellata* para la República de Panamá permitiría confirmar su presencia en la región Neotropical, pasando a ser la primera cita para el mencionado país y la segunda para el Neotrópico (ver Rueda & Mesquita-Joanes 2018).

Respecto a su distribución geográfica, es una especie que podría considerarse invasora según Blottière (2017) para la Isla de Reunión, al este de Madagascar. Sin embargo, los autores del presente manuscrito pensamos que la cita de Reunión no debe considerarse como exótica dada su amplia distribución en las regiones Paleártica y Oriental, además de Neotropical y Neártica, sino un descubrimiento interesante que debe incentivar la búsqueda de esponjas de agua dulce, tanto en las zo-

nas tropicales como en las regiones limítrofes, si se consideran como válidas las de Estados Unidos. Con la aportación de dicha especie en el presente trabajo, aumenta la diversidad del género en el Neotrópico y pondría fin a la deslocalización de la especie fuera del trópico según Manconi & Pronzato (2016), sea exótica o no.

Radiospongilla cerebellata se diferencia de todas las demás del género por poseer megascleras lisas, con la peculiar disposición doble de las gemoscleras en sus gémulas, que suelen alcanzar un diámetro bastante grande. La presencia ocasional de una sola capa de gémulas se observa en *Ephydatia semispongilla* Annandale, 1909, lo que es, con toda seguridad, el resultado de variaciones estacionales o se refiere a gémulas inmaduras de especímenes en desarrollo según Penny & Racek (1968).

Según Copeland (2020), ésta esponja en los Estados Unidos es un enigma. *R. cerebellata* es inicialmente una especie oriental, pero se ha citado también en Texas, Alabama y, recientemente recolectada en aguas del este de Tennessee (ríos French Broad y Pigeon, condado de Cocke; río Nol-ichucky, condados de Green y Washington). Manconi & Pronzato (2016) dudan de que ésta esponja norteamericana sea *R. cerebellata*. Fenotípicamente, se le parece pero podría representar una nueva especie o pertenecer a un complejo de especies según Manconi *et al.* (2013). Se necesitan análisis de ADN para aclarar esta situación.

Conclusiones y recomendaciones

Al margen de que Copeland (2020) no tiene en cuenta la cita de *R. cerebellata* de Nicaragua (Rueda & Mesquita-Joanes 2018), la presencia de esta especie encontrada nuevamente en Panamá como segunda cita para el Neotrópico caribeño, confirmaría una presencia más amplia que, a falta de realizar un análisis molecular, dicha especie debería considerarse como rara en Centroamérica.

También debemos concluir que los ejemplares de la Isla Reunión por Blottière (2017) no deberían considerarse exóticos ya que se sitúan dentro del área tropical. Pensamos que los escasos descubrimientos de la especie se deben más bien a la escasa investigación relacionada con el grupo de las esponjas de agua dulce. Además, en numerosas ocasiones, nuestro equipo de València recolectó gémulas sueltas en muestreos repetitivos de invertebrados acuáticos sin registrar físicamente colonias de esponjas y, en una ocasión se presenciaron la aparición de al menos 30 colonias en 40 m². Existen periodos óptimos en los que se producen numerosas colonias, de ahí que no siempre se puede detectar la presencia de estos organismos si no se está familiarizado con la forma y tamaño de las gémulas y de sus espículas de sílice, que pueden aparecer en las muestras recolectadas para poder identificar las especies correspondientes. En este contexto, es de suma importancia que todos los laboratorios de aguas continentales incluyan investigadores/as en esta línea de trabajo y a registrarse en una red de comunicación compartida (Alonso-Eguíalis *et al.* 2014) como Macrolatinos (<http://www.macrolatinos.net>). En este sentido, queremos destacar el trabajo realizado por la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) iniciado en 2007 con la participación de 17 científicos y estudiantes de Brasil y Perú (Willenz & Hajdu 2023), con capacidad para aumentar el registro de la biodiversidad de invertebrados acuáticos obtenida en sus aguas, como el paso previo para gestionar y proteger los recursos ambientales.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la ayuda económica del Proyecto FID22-102 financiada por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Senacyt). Agradecemos también la ayuda de Jorge Isaac Ceballos del servicio de microscopía del Smithsonian Tropical Research Institute (STRI) de Panamá y a los tres revisores y editor de Anales de Biología por sus aportaciones en la mejora del presente manuscrito.

Referencias

- Alonso-Eguíalis P, Mora JM, Campbell B. & Springer M. 2014. Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico. Jiutepec, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Annandale N. 1909. Report on a collection of freshwater sponges from Japan. *Annotationes zoologicae japonenses* 7: 105-112.
- Blottière D. 2017. *Radiospongilla cerebellata*: une éponge exotique dulcicole récemment découverte sur l'île de la Réunion. *Cellule Scientifique et Technique*, FD AAPPMA de la Réunion.
- Bowerbank JS. 1863. A monograph of the Spongillidae. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 440-472, pl. XXXVIII.
- Copeland JE. 2020. Checklist of the freshwater sponges (Porifera: Spongillida) of Tennessee. *Cumberland Mountain Naturalist* 1(1): 1-11.
- De Voogd NJ, Alvarez B, Boury-Esnault N, Cárdenas P, Díaz MC, Dohrmann M, ... Xavier J. 2024. World Porifera Database. Disponible en <https://www.marinespecies.org/porifera> (accedido el 13-VI-2024). <https://dx.doi.org/10.14284/359>
- Gaceta oficial de Panamá. 1999. Resolución n.º 596-Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 21-393-99 sobre la toma de muestra para determinar las características del agua. Ministerio de Comercio e Industrias Dirección General de Normas y Tecnología Industrial de 12 de noviembre de 1999. *Gaceta Oficial* 23.941, 9 pp.
- Gruppuso L, Fenoglio S, Moriondo M & Bo T. (en prensa). Environmental factors affecting the distribution of Spongillidae (Porifera) in an artificial channel, in north-western Italy. *Limnetica* 44(2) (aceptado el 14-VIII-2024): <https://dx.doi.org/10.23818/limn.44.13>
- Holdridge LR. 1996. *Ecología basada en zonas de vida*. Quinta Reimpresión. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Hooper JNA & van Soest RWM. 2002. *Systema Porifera: a guide to the classification of Sponges*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- IMHPA. 2024. Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá. Disponible en <https://www.imhpa.gob.pa/es/clima-historicos> (accedido el 13-VI-2024).
- Jones ML & Rützler K. 1975. Invertebrates of the Upper Chamber, Gatún Locks, Panama Canal, emphasis on *Trochospongilla leidii* (Porifera). *Marine Biology* 33: 57-66. <https://doi.org/10.1007/BF00395001>
- Kunigelis SC & Copeland JE. 2014. Identification of Isolated and in situ Freshwater Sponge Spicules of Eastern Tennessee. *Microscopy Microanalysis* 20 (3): 1294-1295. <https://doi.org/10.1017/S1431927614008204>
- Manconi R & Pronzato R. 2005. Freshwater sponges of the West Indies: discovery of Spongillidae (Haplosclerida, Spongillina) from Cuba with biogeographic notes and a checklist for the Caribbean area. *Journal of Natural History* 39(36): 3235-3253. <https://doi.org/10.1080/00222930500307327>
- Manconi R, Ruengsawang N, Vannachak V, Hanjavanit C, Sangradub N & Pronzato R. 2013. Biodiversity in South East Asia: an overview of freshwater sponges (Porifera: Demospongiae: Spongillina). *L. Journal of Limnology* 72(s2): 313-326. <https://dx.doi.org/10.4081/jlimnol.2013.s2.e15>
- Manconi R & Pronzato R. 2016. Phylum Porifera. En:

- Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. Vol II. Keys to Nearctic fauna (Thorp JH & Covich DC, eds.). Amsterdam: Academic Press, pp. 39-83. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385028-7.00003-2>
- Mobley AS. 2010. The bacterial community of a freshwater sponge, *Radiospongilla cerebellata*: A comparison of terminal restriction fragment length polymorphisms (T-RFLP) and 16s rRNA clone library methods. Birmingham, Alabama USA: University of Alabama at Birmingham. Tesis de Master of Science.
- Peel M, Finlayson B & McMahon T. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11: 1633-1644. <https://dx.doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Penney JT & Racek AA. 1968. Comprehensive revision of a worldwide collection of freshwater sponges (Porifera: Spongillidae). *United States Natural History Bulletin* 272: 1-184. <https://doi.org/10.5479/si.03629236.272.1>
- Poirrier MA. 1972. Additional records of Texas Freshwater sponges (Spongillidae) with the first record of *Radiospongilla cerebellata* (Bowerbank, 1863) from the Western hemisphere. *Southwestern Association of Naturalists* 16 (3/4): 434-435. <http://dx.doi.org/10.2307/3670077>
- Poirrier MA. 1990. Freshwater sponges (Porifera: Spongillidae) from Panamá. *Hydrobiologia* 194: 203-205. <https://doi.org/10.1007/BF00007120>
- Reiswig HM, Frost TM & Ricciardi A. 2010. Porifera. En Thorp JM & Covich AP (Edit). *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. London: Academic Press, pp. 91-123. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374855-3.00004-2>
- Rivera J. 2022. *Teoría y métodos para la práctica de la Geografía Física: Estudio de casos - Panamá*. Imp. Colombia. Panamá: Ed. Novo Art, S.A.
- Rueda J & Mesquita-Joanes F. 2018. Nuevas aportaciones al conocimiento de macroinvertebrados de Costa Rica y Nicaragua, con especial énfasis en las esponjas. *Anales de Biología* 40: 9-20. <http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.40.02>
- Saller U. 1990. Formation and construction of asexual buds of the freshwater sponge *Radiospongilla cerebellata* (Porifera Spongillidae). *Zoomorphology*, 109: 295-301. <https://doi.org/10.1007/BF00803569>
- Schröder K. 1942. Die Verwendung der Süßwasserschwämme in der Ukraine. *Die Umschau Wissenschaft Technik*, 46, 507-509.
- Sokolova AM. 2024. Latitudinal distribution of freshwater sponge species across European Russia. *Zoologischer Anzeiger* 311: 88-96. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jcz.2024.06.004>
- Volkmer-Ribeiro C. 1985. Esponjas de água doce. *Manuais de técnicas para a preparação de coleções zoológicas* 3. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia 3: 1-6.
- Willenz P & Hajdu E. 2023. *Esponjas marinas y de agua dulce del Perú: Guía de identificación*. Abc Taxa 23. Bruselas: CEBioS.