




Desafíos de la mediterraneización para la preservación de la diversidad de briófitos en ríos ibéricos

Zulema Varela Río^{1,*} , Jonatan Rodríguez Parra¹ , Teresa Boquete Seoane¹ 

(1) CRETUS, Ecology Unit, Department of Functional Biology, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 15872, A Coruña, Spain.

Autora de correspondencia*: Zulema Varela [zulema.varela@usc.es]

> Recibido el 15 de septiembre de 2023 - Aceptado el 19 de enero de 2024

Como citar: Varela Río, Z., Rodríguez Parra, J., Boquete Seoane, T. 2024. Desafíos de la mediterraneización para la preservación de la diversidad de briófitos en ríos ibéricos. *Ecosistemas* 33(1): 2632. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2632>

Desafíos de la mediterraneización para la preservación de la diversidad de briófitos en ríos ibéricos

Resumen: La mediterraneización de la península ibérica está causando que cada vez sean más frecuentes los ríos intermitentes y arroyos efímeros. Estas alteraciones en los regímenes hídricos pueden tener un impacto negativo en la composición de las comunidades de briófitos acuáticos, organismos clave en la productividad y el funcionamiento de los ecosistemas fluviales. Asimismo, las actividades humanas -construcción de barreras, contaminación, etc.- están dificultando cada vez más la conservación de estas comunidades. Por ello, las acciones futuras deberían centrarse en la renaturalización de los ecosistemas acuáticos, buscando restaurar sus funciones ecológicas y dinámicas fluviales, sin descuidar las necesidades humanas y promoviendo la educación ambiental. Además, debería fomentarse un conocimiento más profundo de la brioflora acuática y el desarrollo de una legislación protectora que reconozca su importancia ecológica en los ríos ibéricos, a la vez que se promueve una gestión responsable y proactiva de los entornos fluviales.

Palabras clave: cambio global; conservación; ecosistemas acuáticos; estrés hídrico

Challenges of Mediterraneanisation for the preservation of bryophyte diversity in Iberian rivers

Abstract: The Mediterraneanisation of the Iberian Peninsula is resulting in the increasing frequency of intermittent rivers and ephemeral streams. These alterations in water regimes can have a negative impact on the composition of aquatic bryophyte communities, key organisms for the productivity and functioning of river ecosystems. Furthermore, human activities —construction of barriers, pollution, etc.— are making the conservation of these communities increasingly difficult. Therefore, future actions should focus on the renaturalisation of aquatic ecosystems, seeking to restore their ecological functions and river dynamics, without neglecting human needs and promoting environmental education. Also, both a more in-depth knowledge of the aquatic bryoflora and the development of protective legislation acknowledging its ecological importance in the Iberian rivers should be fostered, together with the responsible and proactive management of river environments.

Abstract: global change; conservation; water stress; aquatic ecosystems; hydric stress

Introducción

La península ibérica se considera una región vulnerable a eventos asociados al cambio climático, incluyendo la reducción de las precipitaciones y temperaturas máximas más extremas (Cos et al. 2022). Este proceso, conocido en el norte de la península ibérica como “mediterraneización” y en el sur como aridificación (a partir de aquí, los integraremos en un único término: mediterraneización), constituye una amenaza de estrés hídrico para el régimen de caudales de los ríos y la recarga de los acuíferos ibéricos (DGA 2021; REA 2022). Para el año 2100, los modelos climáticos prevén una reducción severa de las precipitaciones y escorrentías medias que podrían llegar hasta un 24 % en algunos escenarios (Proyecto SIAM II 2006; CEDEX 2017). Muchos de los ríos que ahora son permanentes podrían volverse intermitentes, y los que ya lo son, podrían sufrir un aumento de la frecuencia y duración de sus fases de sequía. A nivel mundial, se estima que el 60 % de los ecosistemas fluviales son ríos intermitentes y arroyos efímeros (Messenger et al. 2021).

Los ecosistemas fluviales desempeñan un papel fundamental en la preservación de la biodiversidad, los ciclos biogeoquímicos y las sociedades humanas (Messenger et al. 2021). Los briófitos acuáticos, “i.e., especies en las que una parte significativa de la población se encuentra flotando o sumergida en lagos o cursos de agua durante al menos una cuarta parte del año” (van Zuijlen et al. 2023), son productores primarios indispensables en este tipo de ecosistemas. Considerando que el agua es un elemento clave en su ciclo vital, la mediterraneización amenaza significativamente su persistencia. Con este comentario

pretendemos proporcionar una visión general de los efectos potenciales de este proceso en la biodiversidad de briófitos ibéricos y proponemos algunas intervenciones que podrían aliviar su impacto.

Importancia ecológica de los briófitos acuáticos

Los briófitos son plantas no vasculares caracterizadas por su naturaleza poiquilohídrica (estado de hidratación dependiente de la humedad ambiental) y porque carecen de tejidos conductores bien desarrollados y verdaderas raíces, *sensu* plantas vasculares. Frecuentemente pasan inadvertidos por su pequeño tamaño, a pesar de constituir el segundo grupo más diverso de plantas terrestres (Shaw et al. 2011).

La abundancia relativa de especies de briófitos acuáticos es baja. Por ejemplo, de un total de 1816 especies presentes en Europa, sólo un 4.4 % (*i.e.*, 80 especies) se consideran acuáticas (van Zuijlen et al. 2023) (Fig. 1). De estas 80 especies, 54 (pertenecientes a 16 familias) han sido registradas en la península ibérica, o bien en GBIF (<https://www.gbif.org/>), o en el "Handbook of mosses of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands" (Casas et al. 2020). La distribución de estas 16 familias está ligadas al clima siendo el régimen de precipitación y las temperaturas máximas las que condicionan su localización. No obstante, su contribución a la estructura y funcionamiento de estos ecosistemas es fundamental. Por ejemplo, la productividad de algunas especies de briófitos puede superar la de algas planctónicas y perifiton (Steinman y Boston 1993; Arscott et al. 1998) y puede incrementarse hasta tres veces en respuesta al aumento de nutrientes como el fósforo (Arscott et al. 1998). Además, proporcionan hábitat y refugio para una gran variedad de invertebrados, atrapan partículas y proporcionan soporte a organismos epífitos, que sirven de alimento a otros invertebrados.

Según las diferencias en cuanto a su tolerancia a la desecación, los briófitos acuáticos pueden definirse como obligados —siempre sumergidos y con baja tolerancia— y facultativos —expuestos a la desecación durante períodos variables—, que son más abundantes (Vitt y Glime 1984). Estas diferencias dan lugar a la zonación vertical de los briófitos en las rocas y los márgenes de los ríos y arroyos (Craw 1976; Glime y Vitt 1987). En general, estos organismos proliferan en sistemas fluviales con sustrato estable (granulometría media-grande), poca luz (*i.e.*, sombreado de la vegetación), aguas claras y relativamente pobres en nutrientes, y con una alta velocidad de corriente (Glime y Vitt 1987; Steinman y Boston 1993; Lang y Murphy 2012; Temp et al. 2012). La alteración de estas características puede llevar a su desaparición.

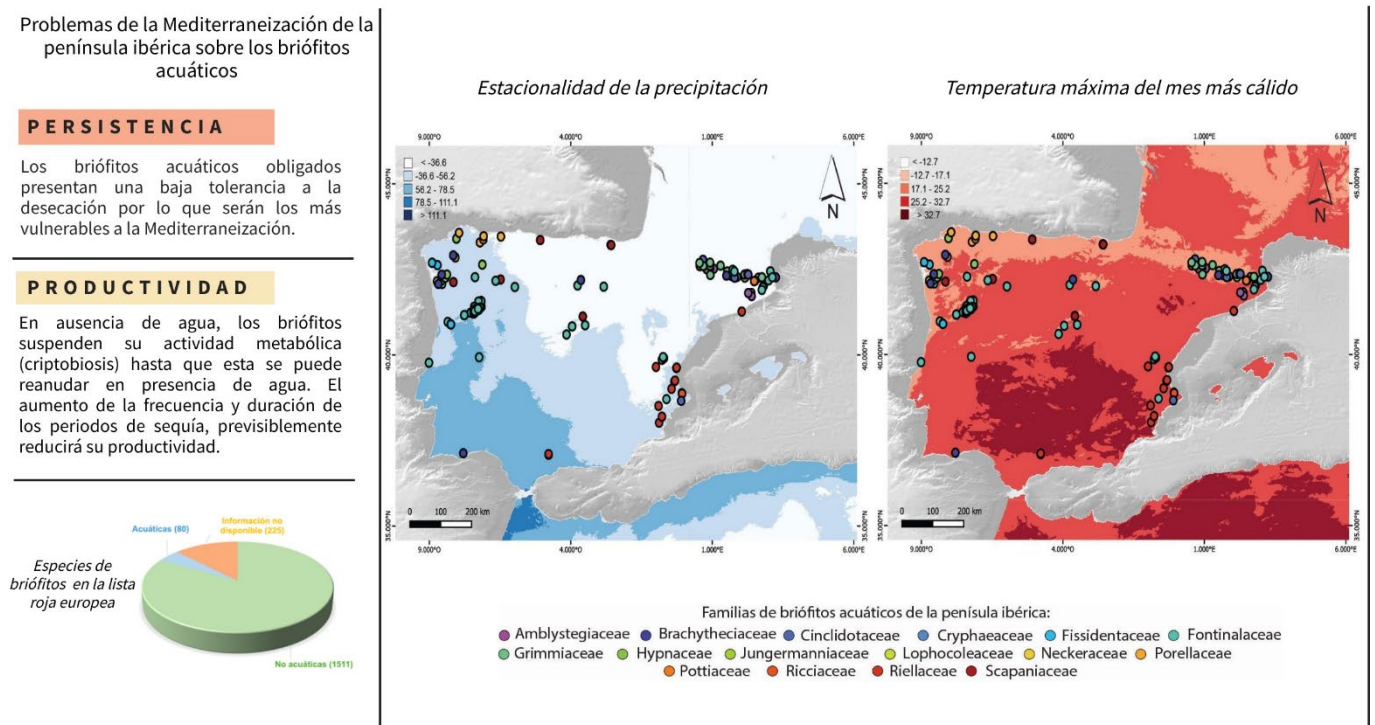


Figura 1. Localización de las 54 especies (pertenecientes a 16 familias) de briófitos acuáticos con registros en la península ibérica de acuerdo con datos de GBIF y el Handbook of mosses of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands (Casas et al. 2020). Las especies se localizan en mapas que representan la estacionalidad de la precipitación y la temperatura máxima del mes cálido de la península ibérica (datos procedentes de WorlClim). El número de especies de briófitos perteneciente a cada familia se distribuye de la siguiente manera: Amblystegiaceae = 6; Brachytheciaceae = 3; Cinclidotaceae = 2; Cryphaeaceae = 1; Fissidentaceae = 3; Fontinalaceae = 4; Grimmiaceae = 2; Hypnaceae = 1; Jungermanniaceae = 1; Lophocoleaceae = 1; Neckeraceae = 1; Porellaceae = 1; Pottiaceae = 1; Ricciaceae = 1; Riellaceae = 6; Scapaniaceae = 1.

Figure 1. Location of the 54 species (belonging to 16 families) of aquatic bryophytes with records in the Iberian Peninsula based on data from GBIF and the Handbook of mosses of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands (Casas et al. 2020). The species are located on maps that represent the seasonality of precipitation and the maximum temperature of the warm month of the Iberian Peninsula (data from WorlClim). The number of bryophyte species belonging to each family is distributed as follows: Amblystegiaceae = 6; Brachytheciaceae = 3; Cinclidotaceae = 2; Cryphaeaceae = 1; Fissidentaceae = 3; Fontinalaceae = 4; Grimmiaceae = 2; Hypnaceae = 1; Jungermanniaceae = 1; Lophocoleaceae = 1; Neckeraceae = 1; Porellaceae = 1; Pottiaceae = 1; Ricciaceae = 1; Riellaceae = 6; Scapaniaceae = 1.

Desafíos para las comunidades de briófitos acuáticos en la península ibérica

La transición de ríos perennes hacia ríos intermitentes y arroyos efímeros derivada de la mediterraneización puede causar cambios significativos en las características físicas y químicas de los propios ríos, entre ellas: la reducción del caudal hídrico y la profundidad de cauce, mayor turbidez asociada a un aumento de sedimentación y reducción del flujo de agua, variaciones en el pH, y reducción potencial del sombreado de la vegetación. Esto podría alterar la morfología del sustrato y, en último lugar, la composición y funcionamiento de las comunidades de briófitos (Trempe et al. 2012; Gecheva et al. 2017; Bes et al. 2018). En las últimas décadas se ha observado que las constantes y frecuentes alteraciones en los regímenes hídricos pueden ocasionar una reducción significativa de la productividad de estos organismos (Hespanhol et al. 2022), ya que los períodos de sequía prolongados aumentan el tiempo en el que deben permanecer en estado inactivo (Proctor et al. 2007).

A su vez, actividades humanas como la construcción de canales y barreras transversales modifican los regímenes de caudal y la hidromorfología fluvial, dificultando cada vez más la conservación de las comunidades de briófitos en estos entornos (Gecheva et al. 2017) e incluso fomentando la proliferación de especies exóticas invasoras (Brundu 2015). Además, la contaminación y degradación de la calidad del agua constituyen claros impactos para la conservación de los hábitats y la vegetación ribereña (Chiu et al. 2017). Estas y otras actividades humanas amenazan la integridad de estos ecosistemas y requieren una atención urgente para asegurar la preservación de los briófitos acuáticos.

Hacia una restauración y renaturalización de los ecosistemas acuáticos

La mediterraneización de la Península y la creciente demanda de agua por parte de la sociedad están generando cambios drásticos en la cantidad y calidad del flujo de agua de los ecosistemas fluviales (Meixner et al. 2016; DGA 2021). Las acciones futuras deberían centrarse en la renaturalización de los ecosistemas acuáticos, buscando restaurar sus funciones ecológicas y dinámicas fluviales, pero sin descuidar las necesidades humanas. Por ejemplo, es esencial aumentar la cantidad de refugios de especies y promover la conectividad para facilitar el movimiento de la biota, así como restaurar la cubierta vegetal y rehabilitar los hábitats ribereños (Ecke et al. 2016; Datry et al. 2017; Lake et al. 2017). Conjuntamente, se debe establecer legislación protectora que reconozca la importancia ecológica de los briófitos acuáticos y promover una gestión responsable y proactiva de los entornos fluviales. Además, un estudio más pormenorizado de la composición de la brioflora, así como de su sensibilidad a la calidad del medio acuático, es indispensable para poder introducirlos en los índices estandarizados de evaluación de la calidad de los sistemas fluviales. Esto nos proporcionaría una visión mucho más realista del estado de estos ecosistemas. Finalmente, el desarrollo de programas de educación ambiental, que despierten la conciencia pública acerca de la importancia de estos ecosistemas, será crucial para protegerlos.

Contribución de los autores

Zulema Varela: Conceptualización, Investigación, Redacción del documento, Visualización. Jonatan Rodríguez: Conceptualización, Investigación, revisión y edición. Teresa Boquete: Conceptualización, Investigación, Redacción del documento.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a Pilar Hurtado y Rebeca Arias-Real su invitación para contribuir a este monográfico. Además, agradecemos la inestimable contribución del Dr. Agustín Camacho, quien nos ha proporcionado la localización de las especies para la creación del mapa de la Figura 1. Los tres autores pertenecemos al Grupo de Referencia Competitiva GRC GI-1252/GPC2020-23 (ED431C 2020/19) cofinanciado por la Xunta de Galicia y FEDER (UE). Las Dras. Zulema Varela y M. Teresa Boquete cuentan con el apoyo del programa María Zambrano del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España, y el Dr. Jonatan Rodríguez agradece la financiación otorgada por el Ministerio de Universidades con cargo a la aplicación 33.50.460A.752 y por la Unión Europea NextGeneration EU/PRTR mediante un contrato Margarita Salas de la Universidade de Vigo (UP2021-046).

Referencias

- Arcott, D.B., Bowden, W.B., Finlay, J.C. 1998. Comparison of epilithic algal and bryophyte metabolism in an arctic tundra stream, Alaska. *Journal of the North American Benthological Society* 17: 210-227.
- Bes, M., Corbera, J., Sayol, F., Bagaria, G., Jover, M., Preece, C., Viza, A., et al. 2018. On the influence of water conductivity, pH and climate on bryophyte assemblages in Catalan semi-natural springs. *Journal of Bryology* 40: 149-158.
- Brundu, G. 2015. Plant invaders in European and Mediterranean inland waters: profiles, distribution, and threats. *Hydrobiologia* 746: 61-79.
- Casas, C., Bruguñes, M., Ros, M., Cros, S.C. 2020. *Handbook of mosses of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands*, 2ª ed. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, Cataluña. ISBN:9788499655604.
- CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) 2017. *Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, España.
- Chiu, M.-C., Leigh, C., Mazor, R., Cid, N., Resh, V. 2017. Anthropogenic threats to intermittent rivers and ephemeral streams. En: Datry, T., Bonada, N., Boulton, A.J. (Eds.), *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*, pp. 433-454. Academic Press.

- Cos, J., Doblas-Reyes, F., Jury, M., Marcos, R., Bretonnière, P.-A., Samsó, M. 2022. The Mediterranean climate change hotspot in the CMIP5 and CMIP6 projections. *Earth System Dynamics* 13: 321-340.
- Craw, R.C. 1976. Streamside bryophyte zonation. *New Zealand Journal of Botany* 14: 19-28.
- Datry, T., Bonada, N., Boulton, A.J. 2017. Conclusions: Recent advances and future prospects in the ecology and management of intermittent rivers and ephemeral streams. En: Datry, T., Bonada, N., Boulton, A.J. (Eds.), *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*, pp. 563-584. Academic Press.
- DGA (Dirección General del Agua) 2021. *Orientaciones Estratégicas sobre Agua y Cambio Climático*. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, Madrid, España.
- Ecke, F., Hellsten, S., Köhler, J., Lorenz, A. W., Rääpysjärvi, J., Scheunig, S., Segersten, J., et al. 2016. The response of hydrophyte growth forms and plant strategies to river restoration. *Hydrobiologia* 769, 41-54.
- Gecheva, G., Pall, K., Hristeva, Y. 2017. Bryophyte communities' responses to environmental factors in highly seasonal rivers. *Botany Letters* 164: 79-91.
- Glime, J.M., Vitt, D.H. 1987. A comparison of bryophyte species diversity and niche structure of montane streams and stream banks. *Canadian Journal of Botany* 65: 1824-1837.
- Hespanhol, H., Cezón, K., Muñoz, J., Mateo, R.G., Gonçalves, J. 2022. How vulnerable are bryophytes to climate change? Developing new species and community vulnerability indices. *Ecological Indicators* 136: 108643.
- Lake, P.S., Bond, N., Reich, P. 2017. Restoration ecology of intermittent rivers and ephemeral streams. En: Datry, T., Bonada, N., Boulton, A.J. (Eds.), *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*, pp. 509-533. Academic Press.
- Lang, P., Murphy, K.J. 2012. Environmental drivers, life strategies and bioindicator capacity of bryophyte communities in high-latitude headwater streams. *Hydrobiologia* 679: 1-17.
- Meixner, T., Manning, A.H., Stonestrom, D.A., Allen, D.M., Ajami, H., Blasch, K.W., Brookfield, A.E., et al. 2016. Implications of projected climate change for groundwater recharge in the western United States. *Journal of Hydrology* 534: 124-138.
- Messenger, M.L., Lehner, B., Cockburn, C., Lamouroux, N., Pella, H., Snelder, T., Tockner, K., et al. 2021. Global prevalence of non-perennial rivers and streams. *Nature* 594: 391-397.
- Proctor, M.C.F., Oliver, M.J., Wood, A.J., Alpert, P., Stark, L.R., Cleavitt, N.L., Mishler, B.D. 2007. Desiccation-tolerance in bryophytes: A review. *Bryologist* 110: 595-621.
- Projecto SIAM II 2006. *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação*. Santos, F.D., Miranda, P. (eds). Gradiva, Lisboa, Portugal.
- REA (Relatório do Estado do Ambiente) 2022. Agência Portuguesa do Ambiente. Ministério do Ambiente e da Ação Climática, Lisboa, Portugal.
- Shaw, A.J., Szövényi, P., Shaw, B. 2011. Bryophyte diversity and evolution: Windows into the early evolution of land plants. *American Journal of Botany* 98: 352-369.
- Steinman, A.D., Boston, H.L. 1993. The ecological role of aquatic bryophytes in a woodland stream. *Journal of the North American Benthological Society* 12: 17-26.
- Tremp, H., Kampmann, D., Schulz, R. 2012. Factors shaping submerged bryophyte communities: A conceptual model for small mountain streams in Germany. *Limnologica* 42: 242-250.
- Van Zuijlen, K., Nobis, M. P., Hedenäs, L., Hodgetts, N., Calleja Alarcón, J.A., Albertos, B., Bernhardt-Römermann, M., et al. 2023. Bryophytes of Europe Traits (BET) data set: A fundamental tool for ecological studies. *Journal of Vegetation Science* 34(2), e13179.
- Vitt, D.H., Glime, J.M. 1984. The structural adaptations of aquatic Musci. *Lindbergia* 10: 95-110.