


Lo esencial es invisible a los ojos: el papel crucial de los hongos acuáticos en los ríos intermitentes y corrientes efímeras

Rebeca Arias-Real^{1,*} , Isabel Alcalde-Rey¹ , Mar Villar-dePablo¹ 

(1) Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Serrano 115 bis, 28006, Madrid, España.

Autora de correspondencia*: R. Arias-Real [rebeca.arias@mncn.csic.es]

> Recibido el 14 de noviembre de 2023 - Aceptado el 23 de enero de 2024

Cómo citar: Arias-Real, R., Alcalde-Rey, I., Villar-dePablo, M. 2024. Lo esencial es invisible a los ojos: el papel crucial de los hongos acuáticos en los ríos intermitentes y corrientes efímeras. *Ecosistemas* 33(1): 2671. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2671>

Lo esencial es invisible a los ojos: el papel crucial de los hongos acuáticos en los ríos intermitentes y corrientes efímeras

Resumen: Los hongos acuáticos desempeñan un papel crucial en los ciclos biogeoquímicos globales. A pesar de su relevancia, el conocimiento sobre cómo la desecación afecta a su composición y funcionamiento en ríos intermitentes y arroyos efímeros, es limitado, aun siendo los ecosistemas fluviales mundialmente más comunes. Estudios disponibles muestran que la diversidad (tanto taxonómica como funcional) fúngica en estos ambientes es inferior que en ríos permanentes. Estos organismos presentan mecanismos de resistencia frente a la desecación mediante diversas estrategias vitales y adaptaciones funcionales. Dicho ajuste implica compensaciones entre crecimiento, reproducción y dispersión, afectando en última instancia a la función del ecosistema. Por tanto, un aumento en la desecación podría comprometer la capacidad de los hongos acuáticos para garantizar el funcionamiento del ecosistema, a pesar de su habilidad para enfrentar la desecación. Esta breve nota aboga por estudiar sus respuestas frente a la desecación para salvaguardar la resiliencia de estos ecosistemas.

Palabras clave: cambio climático; ciclos biogeoquímicos; hongos acuáticos; ríos intermitentes y corrientes efímeras

The essential is invisible to the eyes: the crucial role of aquatic fungi in intermittent rivers and ephemeral streams

Abstract: Aquatic fungi play a crucial role in global biogeochemical cycles. Despite their significance, knowledge about how desiccation affects their composition and functioning in intermittent rivers and ephemeral streams is limited, even though these are the most common river ecosystems worldwide. Available studies indicate that fungal diversity (both taxonomic and functional) in these environments is lower than in permanent rivers. These organisms employ resistance mechanisms against desiccation through various life strategies and functional adaptations. This adjustment involves trade-offs between growth, reproduction, and dispersal, ultimately impacting ecosystem function. Therefore, an increase in desiccation could jeopardize the ability of aquatic fungi to ensure ecosystem functioning, even though they have the capacity to cope with desiccation. This brief note advocates for studying their responses to desiccation to safeguard the resilience of these ecosystems.

Keywords: aquatic fungi; biogeochemical cycles; climate change; intermittent rivers and ephemeral streams

Introducción

Los hifomicetos acuáticos constituyen un grupo morfológico, filogenético y ecológicamente diverso de hongos acuáticos (Shearer 2007). De hecho, están definidos como hongos que dependen de hábitats acuáticos total o parcialmente a lo largo de su ciclo vital (Grossart et al. 2019). Por ejemplo, sus sistemas reproductivos y su capacidad de colonización y dispersión mediante conidios (esporas) dependen del flujo de agua en movimiento (Bärlocher 2009; Krauss et al. 2011). Estos hongos presentan una distribución cosmopolita, pudiendo encontrarse en una amplia variedad de entornos acuáticos. En entornos de agua dulce, como ríos o arroyos, se han descrito 3870 especies de hongos acuáticos, pertenecientes principalmente a los grupos de Ascomycota, Chytridiomycota y Basidiomycota (Calabon et al. 2022) y su biomasa representa del 95 al 99% de la biomasa microbiana total en el detrito vegetal (Grossart et al. 2019). Estos hongos exhiben una diversidad significativa de estilos de vida, desde descomponedores de materia orgánica hasta parásitos, depredadores, endófitos, simbioses y patógenos (Grossart y Rojas-Jimenez 2016). Como tal, desempeñan roles fundamentales en el mantenimiento de diversas funciones y servicios ecosistémicos, que incluyen, el procesamiento global del carbono (descomposición y remineralización de la materia orgánica), el ciclo de nutrientes (inmovilización de nitrógeno, fósforo y carbono), la transferencia de energía a niveles tróficos superiores y contribuyen a la captura y liberación de gases de efecto invernadero (Fig. 1) (Gessner et al. 2010; Besemer 2015; Arias-Real et al. 2018, 2022). Además, son una fuente de más de 200 metabolitos secundarios con potencial en biotecnología y medicina, y son capaces de degradar una variedad de contaminantes, incluyendo plásticos como el poliéster de poliuretano y nylon (Grossart y Rojas-Jimenez 2016).

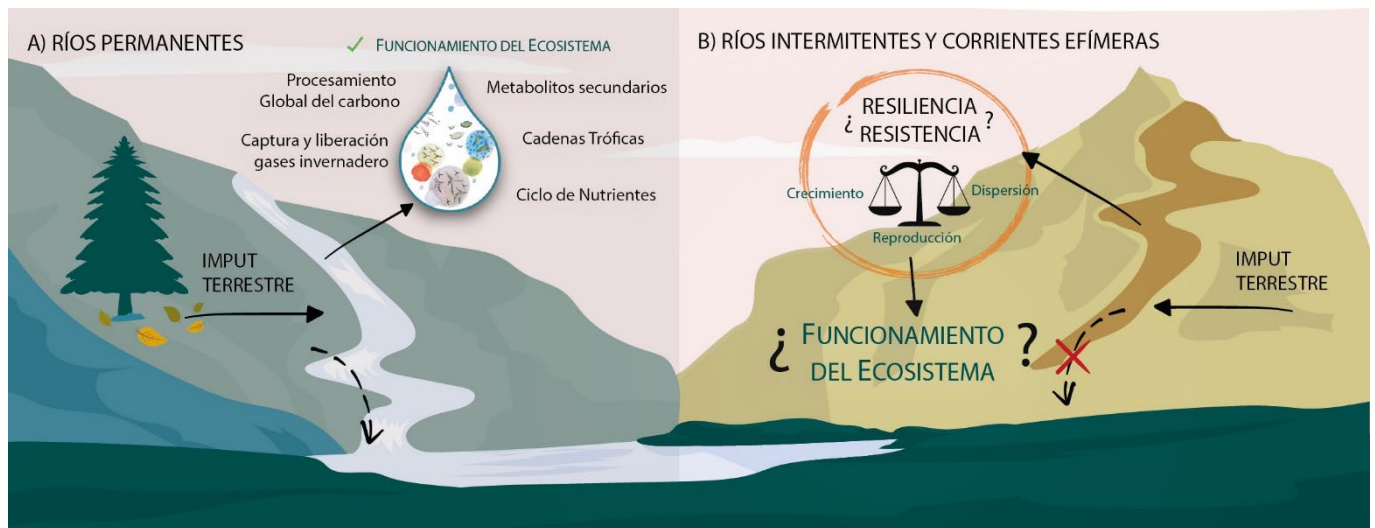


Figura 1. Funcionamiento de los hongos acuáticos en ríos permanentes (a) y en ríos intermitentes y corrientes efímeras (b).

Figure 1. Functioning of aquatic fungi in perennial rivers (a) and in intermittent rivers and ephemeral streams (b).

A pesar de su importancia ecológica y su impacto en el bienestar humano, aún tenemos un conocimiento limitado sobre la diversidad y función de los hongos acuáticos en los ríos intermitentes y las corrientes efímeras. Estos ecosistemas acuáticos son altamente dinámicos, caracterizándose por periodos sin flujo de agua superficial, tanto temporal como espacialmente (Costigan et al. 2017). En la actualidad, estos ecosistemas abarcan más del 50% de la red fluvial mundial, y se prevé que su extensión aumente en los próximos años debido al cambio global (Messenger et al. 2021). Por lo tanto, constituyen un desafío para los hongos acuáticos, no solo debido a la pérdida de flujo de agua superficial, sino también por los cambios abruptos en las condiciones ambientales que surgen durante la disminución del flujo (por ejemplo, disminución del oxígeno disuelto, aumento de la temperatura, nutrientes y conductividad del agua) (Arias-Real et al. 2018, 2020). Hasta ahora, se ha observado que estos hongos exhiben una menor diversidad tanto en términos taxonómicos como funcionales en comparación con los hongos acuáticos presentes en ríos permanentes (Chauvet et al. 2016; Romaní et al. 2017). A pesar de este hecho, logran resistir incluso cuando la desecación actúa como el principal factor abiótico que regula su composición y funcionamiento. Esto se debe a adaptaciones morfológicas o funcionales que les permiten sobrevivir y desarrollar sus ciclos de vida en condiciones de desecación (Arias-Real et al. 2022, 2023a). Por ejemplo, algunos tienen ciclos de vida cortos, mejorando su capacidad reproductiva, y han desarrollado estrategias específicas para resistir a los periodos de desecación (paredes celulares hidrofóbicas, capacidad endófitra en las raíces de plantas expuestas al agua, e hifas capaces de desplazarse a través de los poros del sedimento en busca de agua y nutrientes) (Selosse et al. 2008; Bärlocher 2009; Gionchetta et al. 2019). Es importante destacar que aquellos capaces de resistir a la desecación presentan una menor contribución a las funciones del ecosistema, mostrando así una compensación funcional entre las estrategias de resistencia a la desecación y la energía invertida en el crecimiento y la reproducción (Arias-Real et al. 2023a, b). En conclusión, un aumento en la desecación podría comprometer la capacidad de los hongos acuáticos para garantizar el funcionamiento del ecosistema y mantener los ciclos biogeoquímicos, a pesar de su habilidad para enfrentar la desecación.

Contribución de los autores

Rebeca Arias-Real: Conceptualización, Redacción – borrador inicial. Isabel Alcalde-Rey: Redacción – Revisión y edición. Mar Villar-dePablo: Redacción – Revisión y edición, Visualización.

Agradecimientos

Rebeca Arias-Real agradece al proyecto PID2019-105469RB-C22 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Mar Villar-dePablo agradece soporte de la beca Industrial Doctorate IND2020/17448 de la Comunidad de Madrid (FSE, FEDER).

Referencias

- Arias-Real, R., Menéndez, M., Abril, M., Oliva, F., Muñoz, I. 2018. Quality and quantity of leaf litter: Both are important for feeding preferences and growth of an aquatic shredder. *PLoS One* 13(12), e0208272. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208272>
- Arias-Real, R., Muñoz, I., Gutiérrez-Cánovas, C., Granados, V., Lopez-Laseras, P., Menéndez, M. 2020. Subsurface zones in intermittent streams are hotspots of microbial decomposition during the non-flow period. *Science of the Total Environment* 703, 135485. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135485>
- Arias-Real, R., Gutiérrez-Cánovas, C., Muñoz, I., Pascoal, C., Menéndez, M. 2022. Fungal biodiversity mediates the effects of drying on freshwater ecosystem functioning. *Ecosystems* 25(4), 780-794. <https://doi.org/10.1007/s10021-021-00683-z>
- Arias-Real, R., Menéndez, M., Muñoz, I., Pascoal, C. 2023a. Drying shapes the ecological niche of aquatic fungi with implications on ecosystem functioning. *Science of the Total Environment* 859, 160374. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160374>
- Arias-Real, R., Hurtado, P., Gionchetta, G., Gutiérrez-Cánovas, C. 2023b. Drying shapes aquatic fungal community assembly by reducing functional diversity. *Diversity* 15(2):289. <https://doi.org/10.3390/d1502028>

- Bärlocher, F. 2009. Reproduction and dispersal in aquatic hyphomycetes. *Mycoscience* 50, 3–8. <https://doi.org/10.1007/S10267-008-0449-X>
- Besemer, K. 2015. Biodiversity, community structure and function of biofilms in stream ecosystems. *Research in microbiology* 166(10), 774-781. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2015.05.006>
- Chauvet, E., Cornut, J., Sridhar, K.R., Selosse, M.A., Bärlocher, F. 2016. Beyond the water column: aquatic hyphomycetes outside their preferred habitat. *Fungal Ecology* 19, 112-127. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2015.05.014>
- Calabon, M.S., Hyde, K.D., Jones, E.G., Luo, Z.L., Dong, W., Hurdeal, V.G., Gentekaki, E., et al. 2022. Freshwater fungal numbers. *Fungal Diversity* 114(1), 3-235. <https://doi.org/10.1007/s13225-022-00503-2>
- Costigan, K.H., Kennard, M. J., Leigh, C., Sauquet, E., Datry, T., Boulton, A.J. 2017. Flow regimes in intermittent rivers and ephemeral streams. En: Datry, T., Bonada, N., Boulton, A. (Eds), *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams: Ecology and Management*, pp. 51-78. Academic Press. Burlington, NJ, USA. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803835-2.00003-6>
- Gessner, M.O., Swan, C.M., Dang, C.K., McKie, B.G., Bardgett, R.D., Wall, D.H., Hättenschwiler, S. 2010. Diversity meets decomposition. *Trends in ecology & evolution* 25(6), 372-380. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.010>
- Gionchetta, G., Oliva, F., Menéndez, M., Lopez Laseras, P., Romani, A.M. 2019. Key role of streambed moisture and flash storms for microbial resistance and resilience to long-term drought. *Freshwater Biology* 64(2), 306-322. <https://doi.org/10.1111/fwb.13218>
- Grossart, H.P., Rojas-Jimenez, K. 2016. Aquatic fungi: targeting the forgotten in microbial ecology. *Current opinion in microbiology* 31, 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2016.03.016>
- Grossart, H.-P., Van den Wyngaert, S., Kagami, M., Wurzbacher, C., Cunliffe, M., Rojas-Jimenez, K. 2019. Fungi in aquatic ecosystems. *Nature Reviews Microbiology* 17, 339–354. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0175-8>
- Krauss, G.J., Sole, M., Krauss, G., Schlosser, D., Wesenberg, D., Bärlocher, F. 2011. Fungi in freshwaters: ecology, physiology and biochemical potential. *FEMS microbiology reviews* 35(4), 620-651. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2011.00266.x>
- 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. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03565-5>
- Romani, A.M., Chauvet, E., Febria, C., Mora-Gómez, J., Risse-Buhl, U., Timoner, X., Weitere, M., et al. 2017. The biota of intermittent rivers and ephemeral streams: prokaryotes, fungi, and protozoans. En: Datry, T., Bonada, N., Boulton, A. (Eds), *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams: Ecology and Management*, pp. 161-188. Academic Press. Burlington, NJ, USA. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803835-2.00009-7>
- Selosse, M.A., Vohník, M., Chauvet, E. 2008. Out of the rivers: are some aquatic hyphomycetes plant endophytes? *New Phytologist* 178(1), 3-7. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02390.x>
- Shearer, C.A., Descals, E., Kohlmeyer, B., Kohlmeyer, J., Marvanová, L., Padgett, D., Porter, D., et al. 2007. Fungal biodiversity in aquatic habitats. *Biodiversity and Conservation* 16, 49-67. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9120-z>