

# Hongos marinos: amigos y rivales

## *Marine fungi: friends and rivals*

*Blanca Isabel Martínez Vargas, Abril Hernández Monroy, Alejandra Barrios Flores, Valeria Sofía Hernández Nava y Patricia Vélez Aguilar*

---

### Resumen

Desde la superficie hasta el fondo oceánico, habitan los hongos microscópicos, los cuales, a pesar de ser invisibles a nuestra vista, son cruciales para el funcionamiento adecuado de los ecosistemas marinos. En manglares, arrecifes, playas, la columna de agua y en el fondo del mar, los hongos son responsables de la descomposición de restos orgánicos, promoviendo así, la liberación y distribución de carbono. Además, establecen “amistades” sinceras y feroces “rivalidades” con otros organismos marinos como las bacterias, algas o mamíferos que contribuyen a mantener el ecosistema en equilibrio. Los científicos comenzaron a descubrir los secretos de estas conexiones y creen que estos microorganismos serán aliados importantes para la biorremediación, ¿te gustaría descubrir por qué?

**Palabras clave:** interacciones marinas, micobucle, micromicetes, bioprospección fúngica, hongos marinos.

### CÓMO CITAR ESTE TRABAJO

Martínez Vargas, B. I., Hernández Monroy, A., Barrios Flores, A., Hernández Nava, V. S., y Vélez Aguilar, P. (2025, mayo-julio). Hongos marinos: amigos y rivales. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 26(3). <http://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2025.26.3.7>

---

### Abstract


From the surface to the ocean floor, microscopic fungi dwell. Although invisible to the naked eye, they are crucial for the proper functioning of marine ecosystems. In mangroves, coral reefs, beaches, the water column, and the seabed, fungi are responsible for breaking down organic matter, thus promoting the release and distribution of carbon. Moreover, they form sincere “friendships” and fierce “rivalries” with other marine organisms such as bacteria, algae, and mammals, all of which help maintain ecosystem balance. Scientists have begun to uncover the secrets of these interactions and believe that these microorganisms could be key allies in bioremediation. Would you like to find out why?

**Keywords:** marine interactions, mycoloop, microfungi, fungal bioprospecting, marine fungi.

**Blanca Isabel Martínez Vargas**

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Puebla, México*

Es bióloga de formación por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Para su tesis de licenciatura, analizó las estrategias de desplazamiento entre hongos y bacterias aislados de ventilas hidrotermales bajo la dirección de la Dra. Patricia Vélez Aguilar y la M. en C. Abril Hernández Monroy. Actualmente, inició sus estudios de maestría en el Centro de Investigación en Ciencias Microbiológicas de la BUAP para trabajar con bacterias tolerantes a metales pesados. Le apasiona la Ecología microbiana y está interesada en la biorremediación con bacterias y hongos.

 [mv224470338@alm.buap.mx](mailto:mv224470338@alm.buap.mx)

 0009-0001-1138-5626

**Abril Hernández Monroy**

*Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Ciudad de México, México*

Bióloga de formación, con una trayectoria centrada en el estudio de las interacciones microbianas. Obtuvo su licenciatura en Biología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde comenzó a explorar las relaciones entre hongos y bacterias de ventilas hidrotermales. Posteriormente, realizó su maestría en el Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología (UNAM), profundizando en las bases moleculares de estas interacciones. Actualmente, cursa el doctorado en el mismo posgrado, enfocándose en la evolución de las interacciones hongo-bacteria. Apasionada por el estudio de las relaciones entre hongos y bacterias, su investigación busca desentrañar las complejas dinámicas entre estos microorganismos para entender su funcionamiento a nivel ecológico y molecular.

 [abril.hernandez@st.ib.unam.mx](mailto:abril.hernandez@st.ib.unam.mx)

 0000-0002-4959-7165

 [Abril Hernandez-Monroy](#)

**Alejandra Barrios Flores**

*Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Ciudad de México, México*


Bióloga egresada de la Facultad de Ciencias en la UNAM. Actualmente, es estudiante de maestría del Posgrado de Ciencias Biológicas, UNAM. Su trabajo de investigación se enfoca en la taxonomía de micromicetes que se encuentran en playas arenosas. Recientemente, se incorporó como profesora de asignatura en la Facultad de Ciencias.

 [fbarrios208@outlook.com](mailto:fbarrios208@outlook.com)

**Valeria Sofía Hernández Nava**

*Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Ciudad de México, México*

Bióloga de formación, egresada de la FES Zaragoza, UNAM. Actualmente es estudiante de maestría en el Posgrado en Ciencias Biológicas, donde desarrolla una investigación, en el Instituto de Biología, enfocada en la micorremediación con hongos microscópicos de suelos contaminados con metales pesados y metaloides. Le apasiona el suelo y los procesos biogeoquímicos que tienen lugar en él. Le gusta hacerse preguntas de investigación para comprender el uso potencial de los hongos microscópicos en la contaminación ambiental y buscar soluciones que ayuden a la mejora del planeta.

 [sofia.hernandez@st.ib.unam.mx](mailto:sofia.hernandez@st.ib.unam.mx)

 0009-0009-9274-3955

**Patricia Vélez Aguilar**

*Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Ciudad de México, México*

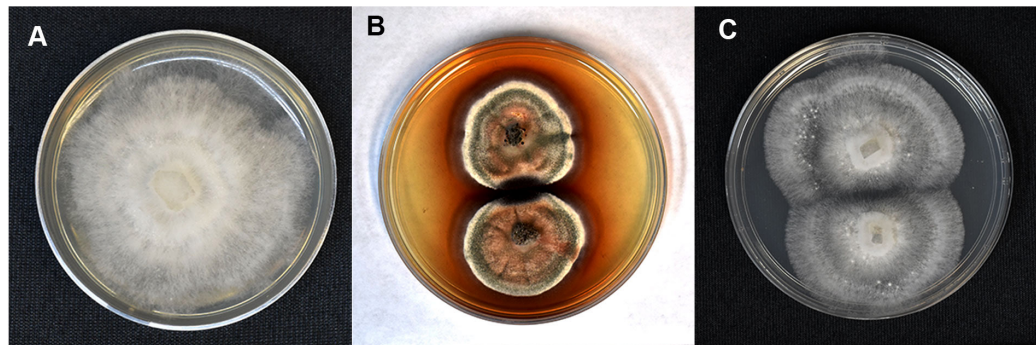
Obtuvo su grado de licenciatura como Bióloga (2008), maestría (2010) y doctorado (2014) en el Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por su trabajo en hongos marinos. Posteriormente, realizó dos estancias postdoctorales en la UNAM y el CICESE estudiando ecología molecular de hongos de agua dulce y de aguas profundas, respectivamente. Ahora, es Investigadora Titular en el Instituto de Biología de la UNAM, donde explora la diversidad, ecología y uso potencial de las comunidades de hongos, particularmente en ecosistemas marinos y amenazados. Imparte cursos de Ecología molecular de comunidades microbianas y Taxonomía y conservación en el Posgrado de Ciencias Biológicas de la UNAM desde 2017, y ha sido tutora principal de más de 26 estudiantes de posgrado y pregrado en diversos temas de micología. Actualmente, se desempeña como miembro del Grupo de Especialistas en Hongos Acuáticos de la UICN; y como editora en la *Revista Mexicana de Biodiversidad y MycolIndia*.

 [0000-0002-4449-8977](https://orcid.org/0000-0002-4449-8977)

## Los hongos en su entorno

**A**l pensar en hongos inmediatamente nos vienen a la mente aquellos que comemos, como los champiñones (*Agaricus bisporus*) o el huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*); los que hemos visto crecer en el suelo de jardines o sobre los troncos de los árboles, e incluso pensamos en personajes famosos como los del videojuego Mario Bros®. Sin embargo, estos increíbles organismos también habitan en numerosos ecosistemas marinos tales como arrecifes, playas, manglares<sup>1</sup>, en la columna de agua del océano, el fondo marino y muchos otros más. Estimaciones conservadoras sugieren que podrían existir más de 10,000 especies de hongos marinos, de los cuales únicamente se conocen 1,898 (Calabon et al., 2023), por lo que aún existe un gran número de especies de hongos por describir en el mar.

Estos microorganismos son capaces de llevar a cabo funciones vitales como el crecimiento y la reproducción bajo las condiciones ambientales características de los ecosistemas marinos como: una alta salinidad (35 g/L en promedio), un pH básico (8 a 8.3), y valores de presión hidrostática<sup>2</sup> que varían entre 1 atm (en aguas superficiales) y hasta 1000 atm (en fosas oceánicas profundas) (Sánchez, 2007) (ver figura 1). Es por ello, que poseen rasgos que les permiten habitar estos ecosistemas, tales como: la regulación de la presión osmótica<sup>3</sup> en sus células, para adaptarse a salinidades altas; cambios morfológicos; producción de metabolitos secundarios<sup>4</sup>; y en algunos grupos, la presencia de flagelos<sup>5</sup> que contribuyen a su desplazamiento en el mar (Gladfelter et al., 2019).



**Figura 1.** Ejemplos de hongos aislados de sedimentos colectados en ventilas hidrotermales de mar profundo, donde se ilustra su crecimiento en el laboratorio:

**A)** *Penicillium brefeldianum*. **B)** *Aspergillus sydowii*. **C)** *Aspergillus cejpii*.

*Crédito:* elaboración propia.

Los hongos marinos son heterótrofos, o sea, que se alimentan de otros organismos, y desempeñan roles ecológicos como la descomposición de lignocelulosa<sup>6</sup> presente en restos orgánicos, y la desintegración de animales muertos, promoviendo

<sup>1</sup> Manglar. Ecosistema costero formado por plantas que crecen en aguas saladas y dulce, protegen la costa del oleaje y dan hábitat a muchas especies.

<sup>2</sup> Presión hidrostática. La fuerza que el agua ejerce sobre un objeto bajo el agua.

<sup>3</sup> Presión osmótica. La fuerza que se necesita para evitar que el agua pase de un lugar con menos sal a uno con más sal a través de una membrana.

<sup>4</sup> Metabolitos secundarios. Moléculas orgánicas pequeñas que no son esenciales para el organismo, pero ayudan a su supervivencia.

<sup>5</sup> Flagelos. Apéndice largo y delgado que permiten la motilidad.

<sup>6</sup> Lignocelulosa, lignocelulósicos. Compuesto formado por azúcares y otras moléculas, que encontramos en las plantas.

así la liberación de carbono orgánico y nutrientes en el océano (Gladfelter et al., 2019). También forman parte de las redes tróficas marinas y establecen interacciones ecológicas con organismos como algas, peces, mamíferos marinos, bacterias e incluso con el ser humano.

Aquí, te estarás preguntando: ¿qué son las *interacciones ecológicas*? Estas relaciones son las que se establecen entre dos o más organismos, y sus efectos pueden ser benéficos, neutros o perjudiciales y varían en escalas espacio-temporales. Por ejemplo, en el *antagonismo* o *parasitismo*, un organismo sobrevive a costa de otro, provocándole daño o incluso la muerte. En el *mutualismo* o *cooperación*, los organismos implicados se benefician y comparten recursos. Por el contrario, la *competencia* es un tipo de interacción, en la cual ambos organismos son perjudicados (ver figura 2).

## INTERACCIONES ECOLÓGICAS



**Figura 2.** Esquema de interacciones ecológicas y los efectos en las especies que participan; (+) significa un estado favorable, (-) un estado perjudicial y (0) un estado neutro en la adecuación de los organismos.

*Crédito:* elaboración propia.

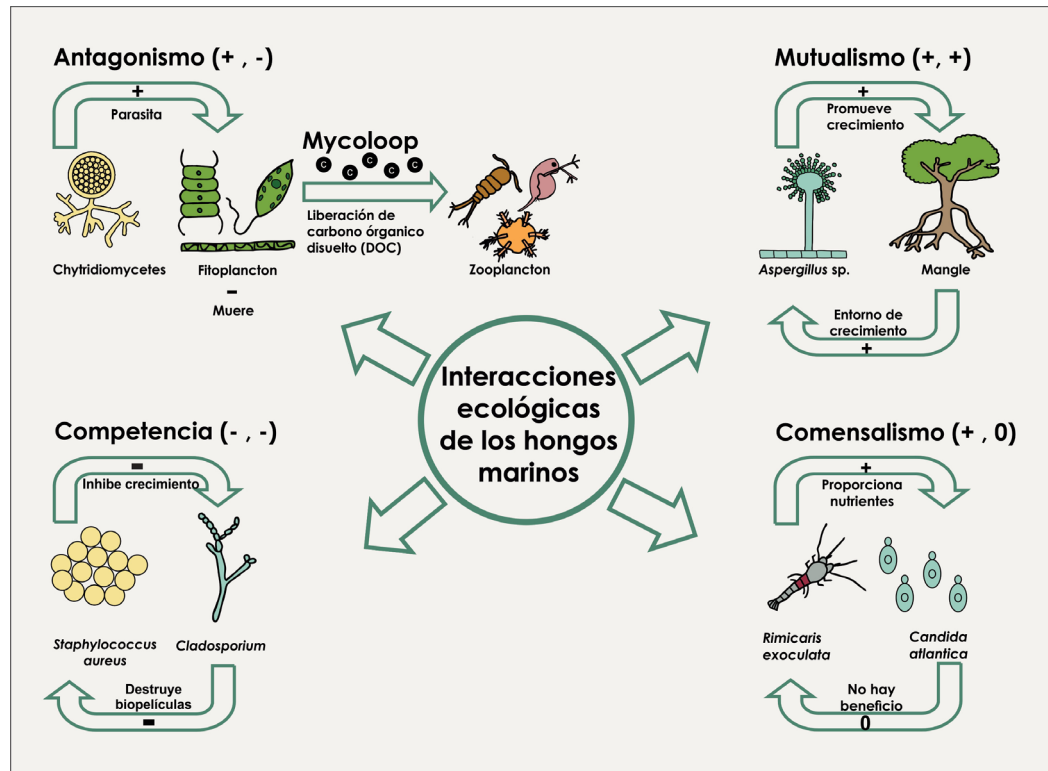
Existen otros tipos de interacción no tan conocidas como el comensalismo, amensalismo y neutralismo. En el *comensalismo*, uno de los organismos es beneficiado mientras que el otro no es afectado negativamente ni beneficiado por la interacción. Contrario a ello, en el *amensalismo*, uno de los organismos es afectado negativamente mientras que el otro permanece estable sin daños ni beneficios. Finalmente, en el *neutralismo*, los organismos que interactúan no presentan algún beneficio o efecto negativo cuando conviven, por lo que se mantienen en un estado estable (Begon et al., 2006) (ver figura 2). ¿Cómo son las interacciones ecológicas que establecen los hongos en diferentes ecosistemas marinos?

## Los hongos en los manglares

Algunas especies de *Aspergillus*, *Penicillium*, y *Fusarium* establecen una relación endosimbiótica<sup>7</sup> con diferentes especies de mangle al sintetizar compuestos

<sup>7</sup>Endosimbiótica. Interacción benéfica en la cual un organismo se encuentra dentro de otro.

antimicrobianos y proteger al mangle de patógenos (Cadamuro et al., 2021). En la rizósfera<sup>8</sup>, también se lleva a cabo una interacción de cooperación entre el mangle *Avicennia* sp. y algunos hongos (*Trichoderma* y *Lecanicillium*) los cuales, proporcionan al mangle tolerancia a factores de estrés biótico (patógenos) y abiótico (estrés hídrico) y promueven el crecimiento de la planta (Vanegas et al., 2019) (ver figura 3).



**Figura 3.** Ejemplos de interacción ecológica que pueden presentar los hongos marinos en donde (+) significa un efecto benéfico, (-) un efecto perjudicial y (0) un efecto neutro en la adecuación de los organismos.

*Crédito:* elaboración propia.

En la parte acuática de los manglares, se conocen interacciones de competencia entre hongos y bacterias. La interacción ocurre entre los hongos *Cladosporium* y *Paraphaeosphaeria* y bacterias tales como *Staphylococcus aureus* y *Bacillus licheniformis*. En esta interacción, los micromicetes<sup>9</sup> dañan la estructura de las biopelículas bacterianas<sup>10</sup>. Por su parte, las bacterias impiden esto mediante la producción de metabolitos secundarios que inhiben el crecimiento de los hongos, evitan el asentamiento de otras especies y alteran la estructura de la comunidad (Miao y Qian, 2005) (ver figura 3).

En este ecosistema también se han detectado interacciones de antagonismo ocasionados por especies fúngicas como *Leptosphaeria avicenniae* y *Trematosphaeria*

<sup>8</sup> Zona del suelo que está directamente influenciada por las raíces de las plantas vivas. Es una capa delgada de suelo que rodea las raíces y se caracteriza por una alta actividad biológica, química y física debido a la liberación de exudados por las raíces.

<sup>9</sup> Micromicetes. Son hongos muy pequeños, que no se observan a simple vista.

<sup>10</sup> Biopelículas bacterianas. Capa de bacterias que se adhieren a una superficie y se agrupan formando una estructura protectora.

*mangrovis*. Esta interacción se origina por el biodeterioro<sup>11</sup> que generan estos hongos saprobios<sup>12</sup> en las partes sumergidas del mangle. No obstante, especies de *Penicillium* y *Aspergillus* presentan una interacción de comensalismo en la rizósfera del mangle, al descomponer la materia orgánica acumulada y convertir el fósforo inorgánico poco accesible insoluble a fósforo disponible soluble para las plantas del ecosistema (Kohlmeyer, 1969). De esta forma, los hongos participan como pioneros en la degradación de sustratos, liberan nutrientes al medio y fomentan el establecimiento de otros organismos (Thatoi et al., 2013).

## En las columnas de agua

En la columna de agua del océano se presenta una de las interacciones de parasitismo más importantes en los ecosistemas marinos. La interacción inicia cuando hongos *Chytridiomycota* parasitan al fitoplancton<sup>13</sup>. A esto se le conoce como *mycoloop* o *micobucle* (ver figura 3). En este proceso, los hongos liberan al sistema carbono orgánico disuelto, el cual es utilizado por las bacterias heterótrofas marinas que, a su vez, son consumidas por el zooplancton<sup>14</sup> (Kagami et al., 2014). De esta forma, los hongos marinos influyen en la disponibilidad del carbono en la columna de agua y en el ciclo del carbono marino.

Los hongos marinos establecen interacciones antagónicas con organismos dentro de la columna de agua causando algunas enfermedades, no obstante, son poco comunes. Por ejemplo, los mamíferos marinos como focas y delfines pueden contraer criptococosis, una enfermedad causada por los hongos *Cryptococcus neoformans* y *Cryptococcus gattii*, que puede afectar el tracto respiratorio y el sistema nervioso central. Sin embargo, se ha reportado que estas infecciones ocurren esporádicamente y sólo cuando el organismo está en contacto con otros organismos enfermos o sitios que dispersan al patógeno como escorrentías<sup>15</sup> o afluentes (Danesi et al., 2021).

## Arrecifes coralinos y ecosistemas costeros

En arrecifes coralinos, una de las interacciones antagonistas conocidas ocurre entre el coral *Gorgonia ventalina* y los hongos asociados a sus tejidos (comúnmente de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*). Los corales pueden enfermar de aspergilosis (enfermedad cuyo agente causal conocido es *Aspergillus sydowii* y provoca lesiones o la muerte del coral) debido a condiciones estresantes (por ejemplo, aumento de la temperatura del agua). Sin embargo, ahora se sabe que esta enfermedad también puede presentarse a causa de la disminución de la microbiota nativa (hongos comúnmente asociados al coral), dando como resultado el crecimiento de hongos

<sup>11</sup> Biodeterioro. Daño sobre un objeto provocado por microbios.

<sup>12</sup> Saprobios. Organismos que descomponen materia orgánica muerta y ayudan a reciclar los nutrientes en el ecosistema.

<sup>13</sup> Fitoplancton. Pequeños organismos que flotan en el agua y realizan fotosíntesis.

<sup>14</sup> Zooplancton. Pequeños organismos que flotan en el agua y se alimentan de fitoplancton o de otros pequeños organismos.

<sup>15</sup> Escorrentías. El agua que fluye sobre la superficie del suelo después de una lluvia.

patógenos oportunistas (como *Aspergillus flavus*, *Penicillium citrinum*, *Tritirachium* sp. entre otros) en el tejido del coral (Toledo-Hernández et al., 2008). Al parecer, las enfermedades provocadas por hongos en los corales son más complejas de lo que parece, por lo que es necesario seguir estudiando la dinámica de las interacciones en la microbiota de los corales y su efecto en sus hospederos.

En las esponjas, el mutualismo es una de las interacciones mejor estudiadas. Por ejemplo, los hongos proporcionan nutrientes, protección contra la luz ultravioleta y producción de metabolitos secundarios con efecto antimicrobiano (Maldonado et al., 2005; Suryanarayanan, 2012). Incluso, se ha reportado que en *Chondrilla nucula*, las esponjas madre transmiten algunos de estos hongos a sus hijos, por lo que se cree que esta interacción es fundamental durante su desarrollo.

Las interacciones ecológicas pueden llegar a ser bastante complejas e involucrar a más de un organismo. Tal es el caso del antagonismo generado por el alga *Lobophora variegata*, que mediante la producción de sustancias antifúngicas como la lobofoforolida, evita el ataque de hongos como *Dendryphiella salina*, *Lindra thalassiae* y *Candida albicans*. Sin embargo, se cree que este antifúngico en realidad es producido por una de las bacterias endosimbióticas del alga (Kubanek et al., 2003).

## En el fondo marino y sus ecosistemas extremos

Las ventilas hidrotermales de mar profundo son ecosistemas que destacan por chimeneas con flujos de temperaturas mayores a 350 °C. Los hongos en este ecosistema son saprobios, parásitos o patógenos oportunistas de invertebrados (Burgaud et al., 2014). Un ejemplo, es el antagonismo entre levaduras (*Capronia*) y mejillones (*Bathymodiolus brevior*). En esta interacción, las levaduras invaden el tejido del organismo provocando daños severos que pueden llevar a la muerte. En este ecosistema también se llevan a cabo interacciones comensalistas, por ejemplo, entre camarones (*Rimicaris exoculata*) y levaduras (*Candida atlantica* y *Rhodospiridium diobovatum*), en donde las levaduras obtienen nutrientes a partir de la circulación de agua en la cámara branquial de los camarones (Burgaud et al., 2010) (ver figura 3).

Además, en los sedimentos de aguas profundas, se llevan a cabo diferentes tipos de interacción incluyendo antagonismos y competencias entre hongos, bacterias y arqueas a través de compuestos antimicrobianos. Estas interacciones han sido poco estudiadas por la dificultad de obtener muestras de estos ecosistemas, por lo que aún hay muchos detalles por conocer de estos sitios extremos (Redou et al., 2015). En los ecosistemas bentónicos<sup>16</sup>, por ejemplo, en la Antártida los hongos marinos establecen interacciones con macroalgas. Estas interacciones pueden ser mutualismo o parasitismo (Varrella et al., 2021).

<sup>16</sup> Ecosistema bentónico. Es la zona profunda del océano o cuerpo de agua dulce.



## Conclusión

Las interacciones que establecen los hongos marinos entre ellos y con otros organismos, son cruciales para el funcionamiento adecuado de los ecosistemas marinos, ya que impactan en la descomposición de restos orgánicos, promoviendo así, la liberación y distribución de carbono. Estas “amistades” sinceras y feroces “rivalidades” contribuyen a mantener el ecosistema en equilibrio. Además, promueven la producción de metabolitos secundarios que pueden contribuir a la creación de nuevos fármacos como los antibióticos (Burgaud et al., 2014).

Por ejemplo, a través del análisis de las interacciones entre hongos y bacterias de manglares, se descubrieron compuestos con propiedades antimicrobianas y anti-incrustantes (Nicolás et al., 2018). El *incrustamiento marino* es la acumulación de microorganismos, larvas, entre otros, en superficies sumergidas en el agua. Estos organismos corroen y dañan las superficies en las que se encuentran. El incrustamiento marino es difícil de prevenir y combatir por lo que causa pérdidas económicas importantes. Por lo tanto, sustancias con propiedades antibacterianas son una solución a esta situación al inhibir el crecimiento de microorganismos en las superficies de construcciones. Este tipo de estudios contribuyen al hallazgo de nuevas biomoléculas con uso potencial en beneficio del ser humano.

Los hongos marinos también poseen un gran potencial en áreas como la biorremediación<sup>17</sup>. Se ha demostrado que, durante interacciones con bacterias, se genera una sinergia debido a la cooperación metabólica que se presenta entre estos dos grupos (hongos y bacterias), que se traduce en un mayor impacto en la biorremediación en conjunto que la que se podría realizar únicamente por hongos (McGenity et al., 2012). Este tipo de investigaciones actualmente se encuentran en desarrollo, sin embargo, tienen un prometedor futuro.

## Sitios de interés

- [Hongos marinos, con Judith Posadas tv unam](#)
- [Hongos marinos: un mundo desconocido en el fondo marino \(video\)](#)

## Referencias

- ❖ Begon, M., Townsend, C. R., y Harper, J. L. (2006). *Ecology from individuals to ecosystems* (4.ª ed.). Blackwell Publishing. <https://tinyurl.com/msctzuan>
- ❖ Burgaud, G., Arzur, D., Durand, L., Cambon-Bonavita, M. A., y Barbier, G. (2010). Marine culturable yeasts in deep-sea hydrothermal vents: Species richness and association with fauna. *FEMS Microbiology Ecology*, 73(1), 121-133. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00881.x>

<sup>17</sup> Biorremediación. Técnica que utiliza organismos vivos para el mejoramiento de sitios contaminados.

- ❖ Burgaud, G., Meslet-Cladière, L., Barbier, G., y Edgcomb, V. P. (2014). Astonishing Fungal Diversity in Deep-Sea Hydrothermal Ecosystems: An Untapped Resource of Biotechnological Potential? En S. La Barre y J. M. Kornprobst (Eds.), *Outstanding Marine Molecules* (pp. 85-98). John Wiley & Sons Online Library. <https://doi.org/10.1002/9783527681501.ch04>
- ❖ Cadamuro, R. D., da Silveira Bastos, I. M. A., Silva, I. T., Cabral da Cruz, A.C., Robl, D., Sandjo Pergaud, L., Alves, S., Lorenzo, J. M., Rodríguez-Lázaro, D., Treichel, H., Steindel, M., y Fongaro, G. (2021). Bioactive compounds from mangrove endophytic fungus and their uses for microorganism control. *Journal of Fungi*, 7(6), 2-19. <https://doi.org/10.3390/jof7060455>
- ❖ Calabon, M. S., Gareth Jones, E. B., Pang, K. L., Abdel-Wahab, M. A., Jin, J., Devadatha, B., Sadaba, R. B., Apurillo, C. C., y Hyde, K. D. (2023). Updates on the classification and numbers of marine fungi. *Botanica Marina*, 66(4), 213-238. <https://doi.org/10.1515/bot-2023-0032>
- ❖ Danesi, P., Falcaro, C., Schmertmann, L. J., Monteiro de Miranda, L. H., Krockenberger, M., y Malik, R. (2021). Cryptococcus in wildlife and free-living mammals. *Journal of Fungi*, 7(1), 1-23. <https://doi.org/10.3390/jof7010029>
- ❖ Galicia-Nicolás, E. D. C., Águila-Ramírez, R. N., Rico-Virgen, E. G., y Medina-López, M. A. (2018). Colonización y sucesión de organismos marinos implicados en el proceso de biofouling en paneles sumergidos en la Paz, Baja California Sur, México. En A. Pérez-Morales y M.C. Álvarez-García (Coords.), *Estudios recientes en el Océano Pacífico Mexicano* (pp. 25-42). Universidad de Colima.
- ❖ Gladfelter, A. S., James, T. Y., y Amend, A. S. (2019). Marine fungi. *Current Biology*, 29(6), R191-R195. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.02.009>
- ❖ Kagami, M., Miki, T., y Takimoto, G. (2014). Mycoloop: Chytrids in aquatic food webs. *Frontiers in Microbiology*, 5, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00166>
- ❖ Kohlmeyer, J. (1969). Ecological notes on fungi in Mangrove forests. *Transactions of the British Mycological Society*, 53(2), 237-250. [https://doi.org/10.1016/s0007-1536\(69\)80058-6](https://doi.org/10.1016/s0007-1536(69)80058-6)
- ❖ Kubanek, J., Jensen, P. R., Keifer, P. A., Sullards, M. C., Collins, D. O., y Fenical, W. (2003). Seaweed resistance to microbial attack: A targeted chemical defense against marine fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(12), 6916-6921. <https://doi.org/10.1073/pnas.1131855100>
- ❖ Maldonado, M., Cortadellas, N., Trillas, M-I., y Rutzler, K. (2005). Endosymbiotic yeast maternally transmitted in a marine sponge. *Biological Bulletin*, 209(2),94-106. <https://doi.org/10.2307/3593127>
- ❖ McGenity, T. J., Folwell, B. D., McKew, B. A., y Sanni, G. O. (2012). Marine crude-oil biodegradation: a central role for interspecies interactions. *Aquatic Biosystems*, 8(1), 1-19. <https://doi.org/10.1186/2046-9063-8-10>
- ❖ Miao, L., y Qian, P. Y. (2005). Antagonistic antimicrobial activity of marine fungi and bacteria isolated from marine biofilm and seawaters of Hong Kong. *Aquatic microbial ecology*, 38(3), 231-238. <http://dx.doi.org/10.3354/ame038231>

- ❖ Sánchez, O. (2007). Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. En O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (Eds.), *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (pp.11-36). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, United States Fish & Wildlife Service, Unidos por la Conservación A.C y Escuela de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- ❖ Suryanarayanan, T. S. (2012). The diversity and importance of fungi associated with marine sponges. *Botanica Marina*, 55(6), 553-564. <https://doi.org/10.1515/bot-2011-0086>
- ❖ Thatoi, H., Behera, B. C., y Mishra, R. R. (2013). Ecological role and biotechnological potential of mangrove fungi: a review. *Mycology*, 4(1), 54-71. <https://doi.org/10.1080/21501203.2013.785448>
- ❖ Toledo-Hernández, C., Zuluaga-Montero, A., Bones-González, A., Rodríguez, J. A., Sabat, A. M., y Bayman, P. (2008). Fungi in healthy and diseased sea fans (*Gorgonia ventalina*): is *Aspergillus sydowii* always the pathogen? *Coral Reefs*, 27(3), 707-714. <https://doi.org/10.1007/s00338-008-0387-2>
- ❖ Vanegas, J., Muñoz-García, A., Pérez-Parra, K. A., Figueroa-Galvis, I., Mestanza, O., y Polanía, J. (2019). Effect of salinity on fungal diversity in the rhizosphere of the halophyte *Avicennia germinans* from a semi-arid mangrove. *Fungal Ecology*, 42, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2019.07.009>
- ❖ Varrella, S., Barone, G., Tangherlini, M., Rastelli, E., Dell'anno, A., y Corinaldesi, C. (2021). Diversity, ecological role and biotechnological potential of antarctic marine fungi. *Journal of Fungi*, 7 (5), 1-24. <https://doi.org/10.3390/jof7050391>