

**Sección:** Hot Science

# *Hongos endófitos: aliados ocultos de las plantas*

## *Aplicaciones ecológicas, agrícolas y farmacológicas*

### *Endophytic fungi: plants' hidden allies*

#### *Ecological, agricultural, and pharmacological applications*

*Aura Jimena De La Rosa Lucas*<sup>1</sup>

*Hypatia Arano Varela*<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de la Licenciatura en Psicología Biomédica, DCBS, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma (UAM Lerma), Estado de México, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias de la Salud, DCBS, UAM Lerma, Estado de México, México.

\*Autor para la correspondencia: [h.arano@correo.ler.uam.mx](mailto:h.arano@correo.ler.uam.mx)

#### **RESUMEN**

Los hongos endófitos son microorganismos que viven dentro de las plantas sin causarles daño y que desempeñan funciones clave en su supervivencia. Se encuentran en casi todas las plantas, aunque su estudio se ha centrado en especies de importancia económica. Estos hongos producen metabolitos secundarios con propiedades antibacterianas, antifúngicas, antivirales y anticancerígenas, lo que los hace relevantes en medicina, biotecnología y agricultura sustentable. Además, contribuyen a la defensa vegetal y tolerancia al estrés ambiental. En México, su diversidad es poco explorada, pero representa una fuente prometedora de compuestos con aplicaciones industriales, médicas y agroecológicas.

*Palabras clave: Hongos endófitos, metabolismo secundario, biotecnología.*

#### **SUMMARY**

Endophytic fungi are microorganisms that live inside plants without causing harm and play key roles in their survival. They are found in almost all plants, although research has mainly focused on economically important species. These fungi produce secondary metabolites with antibacterial, antifungal, antiviral, and anticancer properties, making them relevant in medicine, biotechnology, and sustainable agriculture. Additionally, they contribute to plant defense and tolerance to environmental stress. In Mexico, their diversity remains underexplored, but they represent a promising source of compounds with industrial, medical, and agroecological applications.

*Keywords: Endophytic fungi, secondary metabolism, biotechnology.*

## Hongos endófitos

Cuando pensamos en hongos, es común concentrarse en el moho de la fruta, en las setas del bosque o incluso en infecciones. Sin embargo, existe un grupo mucho más discreto e interesante: los hongos endófitos, los cuales son microorganismos que viven ocultos dentro de las plantas y que cumplen un papel fundamental en la naturaleza. Los hongos endófitos habitan en el interior de estructuras vegetales vivas como hojas, tallos o raíces. A diferencia de los hongos patógenos, no dañan a su hospedero; por el contrario, sostienen una relación biótica que es benéfica para ambos: la planta les proporciona refugio y nutrientes, mientras que el hongo ofrece protección y cooperación para asegurar su supervivencia en ambientes hostiles (p. ej., altas temperaturas, sequía, suelos infértiles o contaminados por metales pesados), una interacción conocida como simbiosis [1].

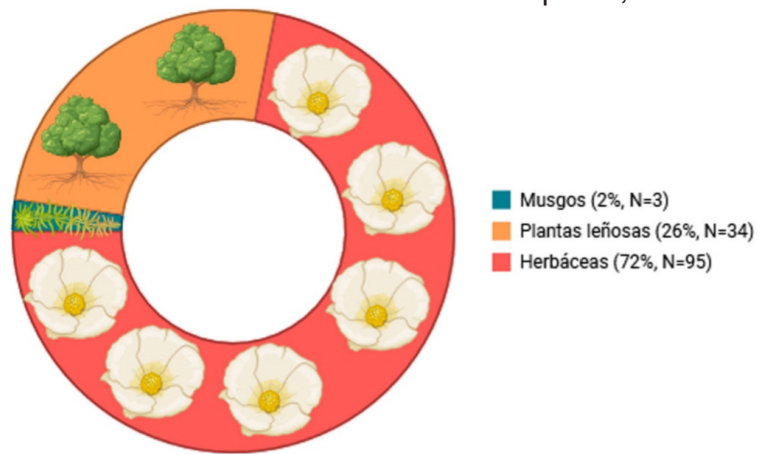
### ¿En qué plantas habitan los hongos endófitos?

Diversos estudios han demostrado que los endófitos pueden encontrarse prácticamente en todas las plantas estudiadas hasta la fecha, desde musgos y helechos hasta árboles y cultivos agrícolas, lo cual sugiere que esta relación es más común y antigua de lo que se pensaba [2].

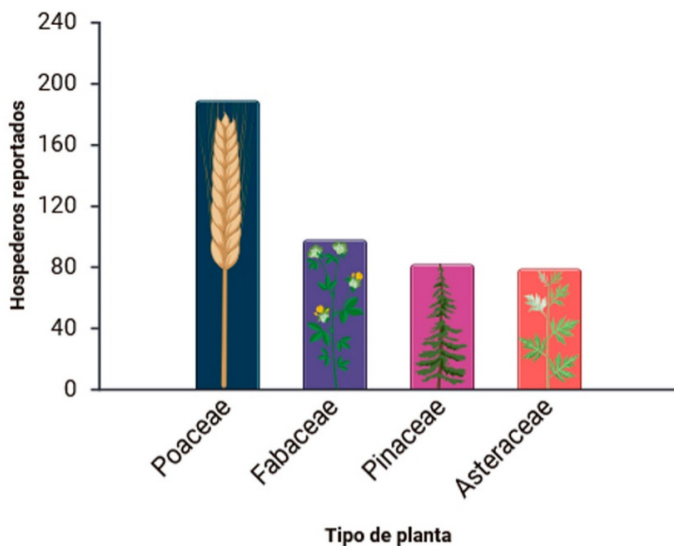
No obstante, el conocimiento relacionado con ese tipo de hongos ha quedado restringido solo a una cantidad limitada de especies vegetales, la mayoría de los estudios se concentra en plantas herbáceas (plantas cuyos tallos son blandos o flexibles, compuestos principalmente por tejidos primarios) y en árboles (plantas que desarrollan tejidos lignificados o madera, produciendo tallos duros y persistentes, característicos de árboles y arbustos), mientras que otros grupos como los musgos (plantas pe-

queñas que carecen de tejidos conductores y se reproducen por esporas, creciendo comúnmente en ambientes húmedos) han recibido menor atención [3]. Por ejemplo, en una revisión reciente sobre plantas coreanas (2022), en la cual recopilamos datos sobre 132 especies vegetales que fueron estudiadas como hospederas de hongos endófitos, solo 3 especies correspondían a musgos, mientras que 95 eran plantas herbáceas y 34 se referían a árboles u otras plantas leñosas (ver Figura 1) [2].

A nivel global sucede algo similar, el panorama general de las investigaciones científicas muestra que los hongos endófitos se han descrito únicamente en alrededor del 30% de las familias de plantas terrestres [4]. Como se muestra en la Figura 2, algunas familias han sido estudiadas con mayor frecuencia, sobre todo aquellas que incluyen cultivos importantes o especies forestales. Entre los grupos de plantas más estudiados, se encuentran las gramíneas (Poaceae) con 189 hospederos reportados, que incluyen cultivos tan relevantes como el arroz, el trigo, la avena y la caña de azúcar. También destacan las leguminosas (Fabaceae) con 98 hospederos, a las que pertenecen especies ampliamente cultivadas como el frijol, la lenteja, el garbanzo y el maní. En el caso de los árboles, sobresale la familia Pinaceae con 82 hospederos que abarcan pinos, abetos



**Figura 1.** Comparación de especies vegetales coreanas hospederas de hongos endófitos (musgos, herbáceas y árboles). Fuente: Elaborado con BioRender con información de Eo et al., 2022.



**Figura 2.** Principales familias vegetales estudiadas como hospederas de hongos endófitos a nivel mundial. Fuente: Elaborada con BioRender con información de Harrison et al., 2020.

y cedros. Finalmente, respecto a las plantas con flores, está la familia Asteraceae con 79 hospederas que incluyen al girasol, la gerbera, la lechuga y la alcachofa. Ese patrón sugiere que el atractivo académico suele centrarse en plantas con alto valor económico o con un papel clave en los ecosistemas, más que en otros grupos vegetales menos estudiados como los musgos o las plantas medicinales [4, 5].

## ¿Qué papel desempeñan los hongos endófitos dentro de sus hospederos y por qué han despertado tanto interés en la biología y la ecología?

Entre los beneficios más relevantes, destaca su capacidad para defender a las plantas contra agresiones bióticas como la invasión de plagas y/o enfermedades causadas por microorganismos. En gran medida, eso lo logran mediante la producción y secreción de compuestos bioactivos (metabolitos secundarios) capaces de repeler insectos o de inhibir el crecimiento de bacterias u otros hongos patógenos [6]. Además, ayudan a las plantas a tolerar condiciones ambientales extremas, como

sequías, suelos estériles o con altos niveles de salinidad y en general, para enfrentar el estrés ambiental asociado con el cambio climático y la degradación de los ecosistemas [7].

Sin embargo, el interés por los hongos endófitos no solo se restringe al ámbito vegetal. En las últimas décadas estos microorganismos también han despertado el interés de áreas como la biotecnología y la farmacología [5].

## ¿Qué son los metabolitos secundarios y cuál es su importancia?

Los metabolitos secundarios son compuestos químicos de bajo peso molecular producidos por los hongos de forma especie-específica. Debido a su diversidad química, los metabolitos se clasifican en policétidos, péptidos no ribosomales, terpenos, alcaloides y otros compuestos híbridos. Aunque no son esenciales para el crecimiento o la reproducción de esos organismos, desempeñan roles ecológicos y de defensa importantes por causa de sus cualidades bioactivas que incluyen propiedades antibacterianas, antifúngicas, antivirales, y anticancerígenas, entre otras [8].

Precisamente, debido a esas importantes funciones biológicas, muchos metabolitos secundarios son farmacológicamente relevantes para enfrentar enfermedades ocasionadas por virus, bacterias y/u hongos; pero también enfermedades crónicas como cáncer, diabetes o enfermedades cardiovasculares [5]. Un ejemplo clásico es el antibiótico  $\beta$ -lactámico ‘penicilina’ (descubierto en *Penicillium notatum* y actualmente producido a nivel industrial por *Penicillium chrysogenum*), cuyo descubrimiento marcó un antes y un después en el tratamiento de infecciones bacterianas [8].

Otro compuesto importante es la griseofulvina, un compuesto con actividad antifúngica, el cual fue originalmente aislado de

*Penicillium griseofulvum*, en la actualidad hay referencias sobre su producción por otros hongos endófitos. Este metabolito ejerce un efecto inhibitorio sobre la reproducción de diversos hongos, incluidos patógenos que afectan a las plantas. Este tipo de compuestos contribuye al control de enfermedades vegetales sin recurrir a fungicidas sintéticos, lo cual representa una alternativa más amigable con el ambiente [9]. También, los hongos endófitos son capaces de sintetizar compuestos con actividad antiviral como la alternoxina I, una micotoxina que ha demostrado actividad inhibitoria contra algunos virus; la pestalotiopsona A, una naftoquinona con capacidad para interferir en la replicación viral; el ácido citónico A, un metabolito que ha demostrado actividad contra virus como el citomegalovirus humano [10].

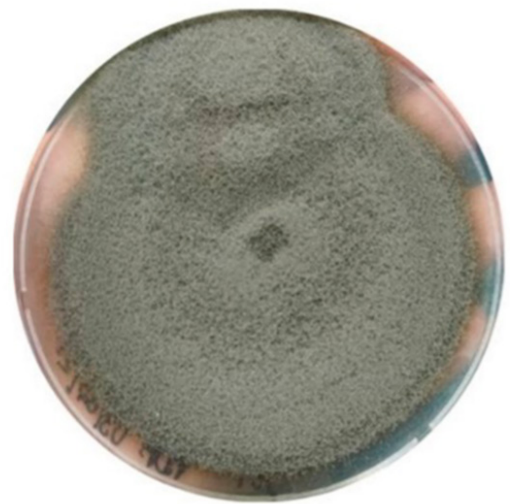
La lovastatina, es un compuesto antitumoral aislado del hongo *Aspergillus terreus*. Este metabolito se utiliza clínicamente para reducir los niveles de colesterol que también ha mostrado *in vitro* e *in vivo* la capacidad de inhibir el crecimiento de células tumorales y favorecer procesos de muerte celular (apoptosis). Estos efectos han despertado un creciente interés en su posible aplicación dentro de la investigación oncológica, aunque aún se requieren más estudios para validar su potencial uso en humanos [11].

Los compuestos producidos por los endófitos también son de interés en la agricultura sustentable. Se buscan alternativas que favorezcan el crecimiento vegetal, mejoren la absorción de nutrientes y protejan a las plantas contra enfermedades sin recurrir a pesticidas o fertilizantes de origen sintético, cuyo uso puede contribuir a la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua [7]. Esta perspectiva resulta especialmente valiosa ante el aumento de la demanda de alimentos y de la necesidad urgente por reducir el impacto ambiental derivado de la producción agrícola [7].

## Hongos endófitos en plantas mexicanas

En países megadiversos como México existen numerosos trabajos sobre endófitos en especies particulares, como el café, las orquídeas o en algunas plantas farmacológicamente relevantes. Actualmente no se cuenta con una revisión a nivel nacional que reúna datos relacionados con los grupos vegetales más estudiados y sus hongos endófitos asociados. Lo anterior es importante, en virtud de que las diferentes especies vegetales que nutren la amplia variedad de ecosistemas mexicanos, podrían albergar una enorme riqueza de hongos endófitos poco explorada y con alto potencial industrial, médico, agroalimentario y/o ambiental [4, 5].

En ese sentido, el trabajo experimental permite explorar de manera directa el potencial de esos microorganismos, ya que bajo condiciones controladas en laboratorio es posible aislarlos, cultivarlos, identificarlos y manipularlos, lo que facilita el estudio de sus metabolitos y de sus actividades biológicas asociadas. Por ejemplo, en el laboratorio de Biotecnología y Microbiología Ambiental de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma, estamos llevando a cabo investigaciones relacionadas



**Figura 3.** *Cladosporium* spp., hongo endófito aislado de la planta medicinal 'Tepozán' (*Buddleja cordata* Kunth).

con el aislamiento e identificación de hongos endófitos a partir de la planta medicinal mexicana 'Tepozán' (*Buddleja cordata* Kunth), con la finalidad de evaluar su potencial metabólico. Para ello, inicialmente los tejidos vegetales son desinfectados cuidadosamente con el propósito de eliminar los microorganismos presentes en la superficie y de asegurar que los hongos que se obtengan provengan únicamente del interior de la planta. Posteriormente, los tejidos son seccionados y colocados en medio nutritivo para favorecer el crecimiento de los hongos. Después, cada cepa es aislada e identificada a partir de sus características genotípicas y fenotípicas. Actualmente, estamos evaluando la capacidad antibacteriana de extractos de *Cladosporium* spp. (ver Figura 3) una de las cepas endofíticas aisladas de *B. cordata*.

Este tipo de estudios representa un primer paso para descubrir nuevos compuestos con posibles aplicaciones médicas y/o agrícolas a partir de hongos endófitos aislados de una planta no modelo y además, evidencia el basto trabajo que queda por hacer al respecto.

## Conclusión

Lejos de ser organismos aislados, las plantas forman parte de complejas redes de interacción con microorganismos que influyen en su supervivencia y desempeño, ejemplo de ello son los hongos endófitos, componentes esenciales de la biología vegetal que, aunque invisibles a simple vista, influyen profundamente en la adaptación, salud y productividad de las plantas. Su estudio no solo contribuye a ampliar nuestro conocimiento de los procesos ecológicos naturales, sino que también abre la puerta a aplicaciones innovadoras en ámbitos como la agricultura, la biotecnología y la salud humana. Frente a los grandes retos ambientales y alimentarios del siglo XXI, estos microorganismos podrían convertirse en piezas clave para el desarrollo de soluciones sostenibles que integren la ciencia básica con prácticas aplicadas. A veces, las soluciones

más poderosas son también las más discretas.

## Referencias

- [1] Waqar, S., Bhat, A. A., & Khan, A. A. (2024). Endophytic fungi: Unravelling plant-endophyte interaction and the multifaceted role of fungal endophytes in stress amelioration. *Plant Physiology and Biochemistry*, Volume 206, 108174. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108174>.
- [2] Eo, J. K., Choi, J. W., & Eom, A. H. (2022). Diversity, Distribution, and Host Plant of Endophytic Fungi: A Focus on Korea. *Mycobiology*, 50(6), 399–407. <https://doi.org/10.1080/12298093.2022.2154044>
- [3] Glimn-Lacy, J., & Kaufman, P. B. (2006). *Botany illustrated: Introduction to plants, major groups, flowering plant families* (2nd ed.). New York: Springer.
- [4] Harrison, J. G., & Griffin, E. A. (2020). The diversity and distribution of endophytes across biomes, plant phylogeny and host tissues: how far have we come and where do we go from here? *Environmental microbiology*, 22(6), 2107–2123. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14968>
- [5] Wang, Z., Wang, L., Pan, Y., Zheng, X., Liang, X., Sheng, L., Zhang, D., Sun, Q., & Wang, Q. (2023). Research advances on endophytic fungi and their bioactive metabolites. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 46(2), 165–170. <https://doi.org/10.1007/s00449-022-02840-7>
- [6] Waqar, S., Bhat, A. A., & Khan, A. A. (2024). Endophytic fungi: Unravelling plant-endophyte interaction and the multifaceted role of fungal endophytes in stress amelioration. *Plant physiology and biochemistry: PPB*, 206, 108174. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108174>
- [7] Watts, D., Palombo, E. A., Jaimes Castillo, A., & Zafferanloo, B. (2023). Endophytes in Agriculture: Potential to Improve Yields and Tolerances of Agricultural Crops. *Microorganisms*, 11(5), 1276. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051276>
- [8] Ortega, H. E., Torres-Mendoza, D., & Cubilla-Ríos, L. (2025). Antibacterial compounds isolated from endophytic fungi reported between 2021 and 2024. *Antibiotics* 14(7), 644. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14070644>