

Germinación de orquídeas: la clave está en la relación con los hongos

Orchid Germination: The Key Lies in Fungal Partnerships

Froylán Navarro Álvarez, Priscila Maritza Martínez García, Isaac Alejandro Salmeron Santiago, Martha Elena Pedraza Santos y Ana Tztzqui Chávez Bárcena

Resumen

Las orquídeas son plantas cautivadoras, tanto por su belleza como por su diversidad. Con alrededor de 30,000 a 35,000 especies distribuidas globalmente, estas plantas son conocidas por su delicadeza y necesidades específicas para crecer. Una de las claves para su reproducción es la simbiosis con hongos microscópicos, los cuales juegan un papel crucial en la germinación de sus semillas. Este proceso simbiótico no sólo beneficia a la orquídea, sino también al hongo, y se ha convertido en una herramienta fundamental para la conservación y el cultivo de orquídeas. En este artículo, exploramos cómo se lleva a cabo la germinación simbiótica, los beneficios de esta relación y su potencial para mejorar las estrategias de conservación y propagación de estas fascinantes plantas.

Palabras clave: simbiosis, micorriza orquideode, germinación, conservación, hongos.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO

Navarro Álvarez, Froylán, Martínez García, Priscila Maritza, Salmeron Santiago, Isaac Alejandro, Pedraza Santos, Martha Elena, y Chávez Bárcenas, Ana Tztzqui. (2025, enero-febrero). Germinación de orquídeas: la clave está en la relación con los hongos. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 26(1). <http://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2025.26.1.7>

Abstract

Orchids are captivating plants, both for their beauty and diversity. With approximately 30,000 to 35,000 species distributed globally, these plants are known for their delicacy and specific growth requirements. One of the keys to their reproduction is the symbiosis with microscopic fungi, which play a crucial role in the germination of their seeds. This symbiotic process benefits not only the orchid but also the fungus and has become a fundamental tool for the conservation and cultivation of orchids. In this article, we explore how symbiotic germination takes place, the benefits of this relationship, and its potential to improve conservation and propagation strategies for these fascinating plants.

Keywords: symbiosis, orchid mycorrhiza, germination, conservation, fungi.

Froylán Navarro Álvarez

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Morelia, Michoacán, México

Ingeniero agrónomo con orientación en Fitomejoramiento por la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y Maestro en Ciencias Biológicas por el Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas de la misma universidad. Durante sus estudios de licenciatura y posgrado se especializó en el diseño de estrategias para el aislamiento y selección de hongos formadores de micorriza orquideode, así como en el establecimiento de métodos de germinación simbiótica, utilizando como modelos las orquídeas *Epidendrum radicans* y *Vanilla sp.*

 1584870a@umich.mx

Priscila Maritza Martínez García

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Morelia, Michoacán, México

Egresada de la carrera de ingeniero agrónomo por la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" de la UMSNH. Actualmente se encuentra realizando estudios para la obtención de su grado a nivel licenciatura en el Laboratorio de Interacciones Planta-Ambiente de la misma facultad, donde se enfoca en el aislamiento de patógenos de plantas de interés agronómico y su interacción con bacterias antagonistas.

 1638749b@umich.mx

Isaac Alejandro Salmeron Santiago

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Morelia, Michoacán, México

Doctor en Ciencias Biológicas por el Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas de la UMSNH y actualmente se desempeña como profesor en la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" de la misma universidad. Es candidato a Investigador Nacional por el Sistema Nacional de Investigadores. Su área de especialización es el estudio del efecto de la simbiosis micorrízica arbuscular en el flujo de carbono en plantas de interés agronómico.

 isaac.salmeron@umich.mx

 [0000-0003-3732-6736](https://orcid.org/0000-0003-3732-6736)

Martha Elena Pedraza Santos

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Morelia, Michoacán, México

Profesora e investigadora en la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" de la UMSNH y coordinadora del laboratorio de Cultivo de Tejidos en la misma institución. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNII, Nivel 1). Sus líneas de investigación incluyen el desarrollo de métodos para la conservación de orquídeas mexicanas mediante criopreservación, cultivo *in vitro* e *in situ*.

 martha.elena.pedraza@umich.mx

 [0000-0002-5938-485X](https://orcid.org/0000-0002-5938-485X)

Ana Tztzqui Chávez Bárcenas

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Morelia, Michoacán, México

Profesora e investigadora en la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" de la UMSNH y coordinadora del Laboratorio de Interacciones Planta-Ambiente en la misma institución. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI, Nivel 1). Su investigación se centra en la regulación de los elementos genéticos y los mecanismos moleculares que determinan la movilización de carbono en plantas, así como en la influencia de las interacciones entre plantas y otros organismos sobre estos mecanismos. Además, desarrolla estudios sobre la caracterización de microorganismos (bacterias y hongos) con potencial para ser utilizados en la agricultura.

 tztzqui.chavez@umich.mx

 [0000-0003-1416-3743](https://orcid.org/0000-0003-1416-3743)

La germinación simbiótica y el crecimiento de las orquídeas

La germinación es un proceso esencial en las plantas que permite al embrión, alojado dentro de una semilla, desarrollarse hasta convertirse en una planta. Este proceso se divide en tres etapas principales:

- 1. Imbibición o hidratación:** la semilla absorbe agua del entorno, lo que provoca su hinchamiento.
- 2. Emergencia:** conocida como la germinación propiamente dicha, en esta etapa las cubiertas protectoras de la semilla se rompen y el embrión, o alguna de sus partes, emerge, destacando la radícula, que posteriormente dará origen a la raíz.
- 3. Crecimiento:** el embrión se alarga y sus tejidos se diferencian para formar la raíz primaria, que crece hacia el suelo, y el tallo primario, que se dirige hacia la superficie junto con las hojas embrionarias, conocidas como cotiledones¹ (Carrera-Castaño et al., 2020).

Sin embargo, no todas las semillas siguen este patrón de desarrollo. Las semillas de orquídeas presentan características únicas que influyen significativamente en su proceso de germinación. Conocidas como "semillas polvo" debido a su diminuto tamaño, estas semillas se dispersan fácilmente con el viento. Además, carecen de estructuras y tejidos típicos de otras semillas, como el endospermo, que en la mayoría de las plantas sirve como fuente de alimento para el embrión durante la germinación y el desarrollo inicial.

El embrión de las semillas de orquídeas es un conjunto de células sin cotiledones ni radícula, lo que las convierte en semillas excepcionalmente particulares. Estas características requieren de una estrategia igualmente especial para lograr la germinación: una asociación simbiótica² con hongos micorrizógenos orquideoides (HMO), organismos que desempeñan un papel crucial al proporcionar nutrientes esenciales a las orquídeas durante las primeras etapas de su desarrollo (Sathiyadash et al., 2020).

Etapas de desarrollo: del protocormo a la plántula

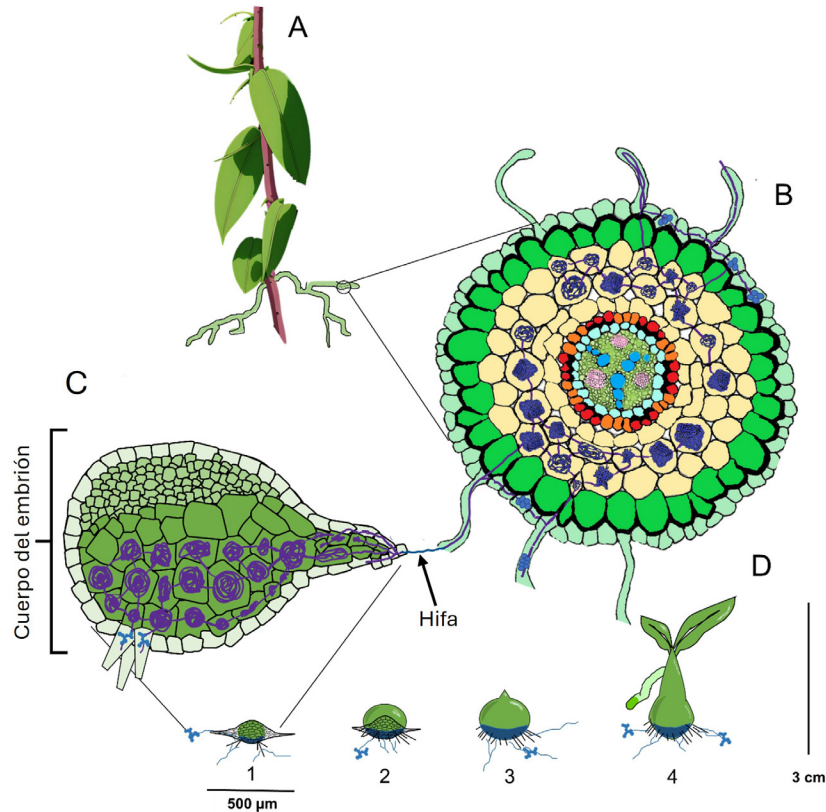
El desarrollo de las orquídeas transcurre en varias etapas desde la germinación hasta la formación de plantas completas con hojas y raíces. Después de la imbibición, las semillas forman una masa de células embrionarias conocida como protocormo, una estructura exclusiva de las orquídeas. Posteriormente, en el protocormo se desarrollan los rizoides, estructuras especializadas que absorben agua y nutrientes. Finalmente, un complejo proceso de diferenciación celular da lugar a hojas y raíces, completando la formación de una planta funcional (Yeung, 2017).

¹ Los cotiledones son los primeros órganos que se desarrollan en los tallos de las plantas y son de origen embrionario. Comúnmente se hace referencia a ellos como hojas embrionarias. Una de las funciones de estos órganos es almacenar reservas para el crecimiento de las plantas durante la germinación y cuando la planta está en proceso de desarrollar hojas que puedan realizar la fotosíntesis de manera eficiente.

² La asociación simbiótica o simbiosis es una relación biológica estrecha entre dos organismos de diferentes especies. Esta interacción puede beneficiar a ambos organismos.

La participación de los HMO es clave en todas las etapas de este proceso, desde la imbibición inicial hasta la formación de la plántula. Incluso, estos hongos pueden persistir durante todo el ciclo de vida de la orquídea, estableciendo una relación simbiótica beneficiosa conocida como micorriza orquideoide.

Figura 1. Simbiosis en orquídeas promovida por hongos micorrizógenos orquideoides. Se observa una orquídea adulta de vainilla (A), una sección transversal de una raíz de vainilla colonizada por HMO (B), y un protocormo colonizado por HMO (C). Las etapas de germinación y desarrollo temprano en simbiosis con HMO incluyen la imbibición y desarrollo de rizoides, la ruptura de la cubierta seminal (testa) y emergencia del protocormo, el protocormo con primordio foliar, y finalmente, la formación de una plántula con hojas y raíz (D). Crédito: elaboración propia.



⁴ Las células parenquimáticas de plantas son las más abundantes en los diversos tejidos denominados fundamentales. En estas células se llevan a cabo diversas actividades metabólicas dependiendo de su localización, como fotosíntesis, almacenamiento o secreción de hormonas. De manera particular, en las semillas de orquídeas, las células parenquimáticas facilitan la interacción con los hongos micorrizógenos, permitiendo el intercambio de nutrientes.

³ Filamento largo y tubular que es una estructura básica de los hongos. Las hifas crecen formando una red que en su conjunto se denomina micelio. A través de las hifas, los hongos pueden descomponer materia orgánica, alimentarse o establecer relaciones simbióticas con otros organismos, como ocurre en las micorrizas.

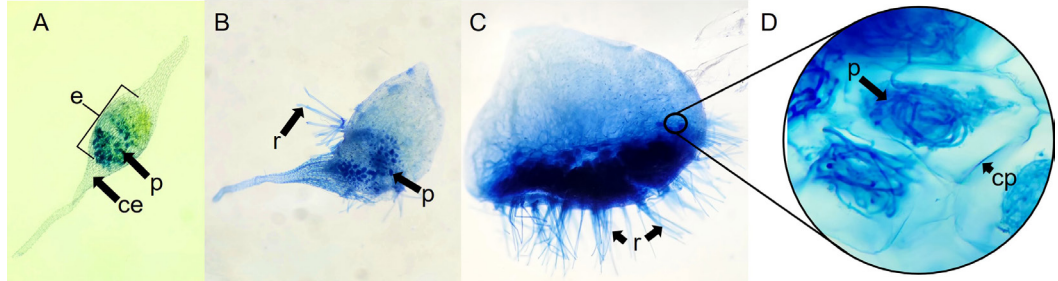
Micorrizas: claves para entender cómo crecen las orquídeas

Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre las raíces de las plantas y diversos tipos de hongos, que resultan en beneficios mutuos para ambos organismos. Existen varias clases de micorrizas, y una de ellas, la micorriza orquideoide, se da específicamente entre las orquídeas y un grupo de hongos con características únicas, los hongos micorrizógenos orquideoides (HMO).

Cuando un hongo es compatible para formar una micorriza orquideoide, lo primero que ocurre es que su cuerpo, compuesto por filamentos llamados hifas,³ rodea a la semilla. Las hifas entran en contacto con la semilla, penetran sus cubiertas externas y llegan hasta el embrión. Dentro de este, las hifas crecen y se enrollan, formando una estructura llamada pelotón (Yeung, 2017). Este término se debe a la apariencia que adquieren las hifas, que conforman una masa compacta y redondeada similar a una pelota dentro de las células de la orquídea. Las células en las que se forman los pelotones, conocidas como células parenquimáticas,⁴

funcionan como hospedadoras del hongo y suministran al embrión los nutrientes necesarios para su germinación y desarrollo inicial (Figura 2).

Figura 2. Presencia de hongos micorrizógenos en la germinación de orquídeas. A) Semilla de orquídea en etapa de hinchamiento. B) Ruptura de la cubierta seminal (testa). C) Protocormo. D) Amplificación de células parenquimáticas en la parte inferior del protocormo con pelotones en su interior. Las tinciones fueron realizadas con azul de tripano siguiendo el protocolo descrito por Navarro (2021). Descripción: e, embrión; ce, cubierta del embrión; cp, célula parenquimática; p, pelotón; r, rizoides. Crédito: elaboración propia.



Parte de los nutrientes que necesita la semilla provienen del hongo, que le transfiere compuestos nutrimentales obtenidos del medio circundante. Estos compuestos desencadenan procesos como el metabolismo, la división celular y el aumento del volumen del embrión de la orquídea, permitiéndole desarrollarse hasta convertirse en una planta. Curiosamente, la semilla en desarrollo también puede alimentarse directamente del hongo al digerir los pelotones presentes en sus células. Este comportamiento demuestra la asombrosa estrategia de las plantas para asegurar su desarrollo.

Una vez que la orquídea desarrolla hojas verdaderas, el flujo de nutrientes cambia. Los hongos, al ser organismos heterótrofos,⁵ aprovechan la capacidad fotosintética de las orquídeas para recibir azúcares esenciales para su metabolismo, obteniendo así una fuente constante y segura de carbono orgánico (Salmeron-Santiago et al., 2022).

La germinación simbiótica beneficia tanto a las orquídeas como a los hongos micorrizógenos. Para las orquídeas, el principal beneficio es que esta asociación les permite germinar en condiciones adversas, donde otras plantas no podrían sobrevivir. Gracias a los hongos, las orquídeas pueden colonizar hábitats extremos, como troncos y ramas de árboles (orquídeas epífitas), rocas y acantilados (orquídeas litófitas) o incluso áreas subterráneas, como lo hace la especie *Rhizanthella gardneri* (Bougoure et al., 2010). Además, los hongos les brindan una ventaja competitiva frente a otras plantas al facilitarles el acceso a fuentes de nutrientes inaccesibles para especies que no tienen esta interacción (Smith y Read, 2008).

Hongos simbióticos: aliados en la propagación de orquídeas nativas

Las orquídeas son plantas fascinantes y muy valoradas, no sólo por su belleza, sino también por su importancia agrícola en algunas especies. En el diseño de estrategias eficientes para su manejo agronómico y conservación, la capacidad de sus semillas para asociarse con hongos micorrizógenos orquideoides (HMO) ha cobrado gran interés. Esto se debe, en parte, a que muchas especies de

⁵ Organismos que no pueden producir su propio alimento orgánico a partir de fuentes inorgánicas, como los animales, los hongos y muchos organismos unicelulares.

orquídeas están amenazadas por factores como la pérdida de hábitat, la extracción de individuos de sus entornos naturales, el cambio climático, entre otros (Tejeda-Sartorius et al., 2017).

La germinación simbiótica ofrece una alternativa eficaz para propagar estas especies en condiciones controladas, como invernaderos, y reintroducirlas posteriormente a su hábitat natural. A diferencia del cultivo *in vitro*, que requiere técnicas sofisticadas y suele producir plantas genéticamente idénticas, este método fomenta la variabilidad genética, ya que cada semilla genera una planta diferente. Esto es especialmente relevante para la conservación, ya que aumenta la resiliencia genética de las poblaciones reintroducidas. Además, en el ámbito agronómico, esta técnica permite seleccionar plantas con características sobresalientes, como resistencia a plagas, enfermedades o la capacidad de producir frutos más grandes y numerosos (Debouck et al., 2008).

Métodos de propagación y conservación con hongos simbióticos

Para lograr la germinación simbiótica bajo condiciones controladas, es crucial identificar los HMO específicos que se asocian con cada especie de orquídea (Montes, 2016). Una estrategia común es aislar estos hongos a partir de raíces de plantas adultas, cultivarlos en medios artificiales y luego probar su capacidad para inducir la germinación de semillas en condiciones controladas. Este proceso requiere un manejo preciso de variables como temperatura, humedad y luz (Beltrán-Nambo et al., 2018).

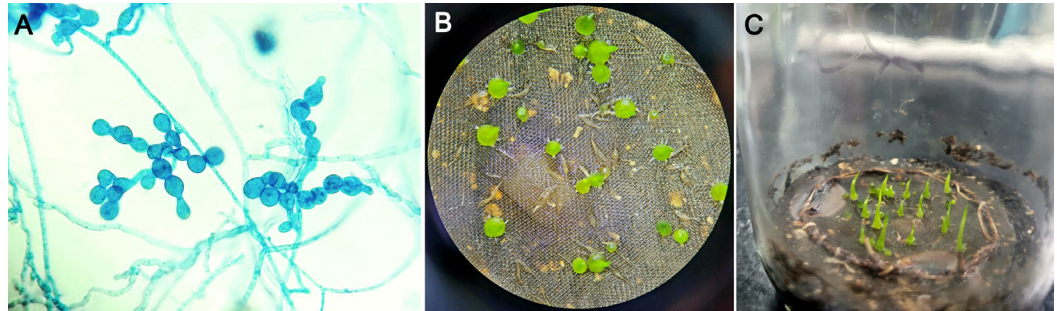
Cuando las plántulas obtenidas se destinan a fines comerciales, se trasplantan a macetas o medios de cultivo, donde se cuidan hasta alcanzar la madurez. Por otro lado, en esfuerzos de conservación, las orquídeas producidas se reintroducen en su hábitat natural para contribuir a la preservación de la especie.

Aunque también es posible realizar la germinación de forma asimbiótica,⁶ sin hongos micorrizógenos, este método requiere medios de cultivo específicos y costosos, y produce plántulas más débiles y susceptibles a enfermedades. En contraste, la germinación simbiótica respeta la relación evolutiva entre las orquídeas y los HMO, y genera plántulas más vigorosas y mejor adaptadas para sobrevivir en condiciones naturales.

En nuestro grupo de trabajo, hemos desarrollado metodologías para aislar e identificar hongos simbiotes de orquídeas a partir de raíces de plantas adultas. Estos hongos se prueban en cocultivo con semillas de especies mexicanas como *Epidendrum radicans*, *Vanilla spp.* y *Laelia speciosa* (Figura 3), algunas de las cuales están catalogadas en peligro de extinción. Nuestro objetivo es mejorar las tasas de éxito en la propagación sexual de estas especies, promoviendo su conservación y explorando su valor ecológico, cultural y comercial.

⁶ Es el proceso en el que las semillas de orquídea germinan sin la ayuda de un hongo micorrizógeno. En lugar de depender de la simbiosis con el hongo, este tipo de germinación ocurre en un entorno controlado, utilizando medios de cultivo artificiales y condiciones libres de microorganismos.

Figura 3. Germinación de semillas de orquídeas por cocultivo con un hongo micorrizógeno orquideoide. A) Hongo simbiótico de orquídeas aislado en nuestro grupo de trabajo. B) Protocormos generados por cocultivo de semillas de *Epidendrum radicans* con el hongo aislado. C) Frasco de cocultivo con plántulas en la etapa de desarrollo de hojas y raíces. Crédito: elaboración propia.



Además, hemos alcanzado importantes avances, como un 100% de germinación en semillas de vainilla, reduciendo a la mitad el tiempo necesario para el proceso. Estos resultados no sólo tienen un impacto biotecnológico significativo, sino que también nos inspiran a seguir explorando los misterios bioquímicos y fisiológicos detrás de esta fascinante simbiosis.

Esperamos que esta relación simbiótica te resulte tan increíble como a nosotros, y que logres apreciar aún más la importancia de estas interacciones para la propagación y conservación de las orquídeas.

El futuro de las orquídeas: una simbiosis clave

La simbiosis micorrizógena orquideoide es fundamental para la perpetuación de las orquídeas, ya que permite el intercambio de nutrientes esenciales para la germinación de sus semillas. Este proceso, resultado de millones de años de coevolución entre hongos micorrizógenos orquideoides (HMO) y las orquídeas, es clave tanto para su ciclo de vida natural como para su conservación. El estudio de la germinación simbiótica no sólo revela la complejidad y belleza de las interacciones planta-hongo, sino que también proporciona una herramienta biotecnológica invaluable para cultivar o mejorar con fines agronómicos, y para generar estrategias de conservación ecológica de estas fascinantes plantas.

Referencias

- ❖ Beltrán-Nambo, M. de los A., Martínez-Trujillo, M., Montero-Castro, J. C., Salgado-Garciglia, R., Otero-Ospina, J. T., y Carreón-Abud, Y. (2018). Fungal diversity in the roots of four epiphytic orchids endemic to Southwest Mexico is related to the breadth of plant distribution. *Rhizosphere*, 7, 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2018.07.001>
- ❖ Bougoure, J. J., Brundrett, M. C., y Grierson, P. F. (2010). Carbon and nitrogen supply to the underground orchid, *Rhizanthella gardneri*. *New Phytologist*, 186(4), 947–956. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03246.x>
- ❖ Carrera-Castaño, G., Calleja-Cabrera, J., Pernas, M., Gómez, L., y Oñate-Sánchez, L. (2020). An updated overview on the regulation of seed germination. *Plants*, 9(6), 703. <https://doi.org/10.3390/plants9060703>

- ❖ Debouck, D., Ebert, A., Peralta, E., Barandiarán, M. A., y Ramírez, M. (2008). La importancia de la utilización de la diversidad genética vegetal en los programas de investigación en América Latina. *Recursos Naturales y Ambiente*, 53, 46–53. <https://doi.org/http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2760>
- ❖ Montes, N. (2016). *Especificidad potencial de hongos micorrícicos en el proceso de germinación y supervivencia in vitro de orquídeas terrestres* [Tesis de maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- ❖ Navarro, A. (2021). *Aislamiento e identificación de hongos micorrizógenos promotores de germinación y desarrollo inicial de Epidendrum radicans Pav. ex Lindl.* [Tesis de licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- ❖ Salmeron-Santiago, I. A., Martínez-Trujillo, M., Valdez-Alarcón, J. J., Pedraza-Santos, M. E., Santoyo, G., Pozo, M. J., y Chávez-Bárcenas, A. T. (2022). An updated review on the modulation of carbon partitioning and allocation in arbuscular mycorrhizal plants. *Microorganisms*, 10(1), 1–20. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10010075>
- ❖ Sathiyadash, K., Muthukumar, T., Karthikeyan, V., y Rajendran, K. (2020). Orchid mycorrhizal fungi: Structure, function, and diversity. In *Orchid Biology: Recent Trends & Challenges* (pp. 239–280). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9456-1_13
- ❖ Smith, S., y Read, D. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis* (3.ª ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370526-6.X5001-6>
- ❖ Tejeda-Sartorius, O., Téllez-Velasco, M. A., y Escobar-Aguayo, J. (2017). Estado de conservación de orquídeas silvestres (Orchidaceae). *Agroproductividad*, 10(6), 3–12. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1031>
- ❖ Yeung, E. C. (2017). A perspective on orchid seed and protocorm development. *Botanical Studies*, 58(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s40529-017-0188-4>