

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i3.2107>

## Microorganismos endófitos una evaluación de su importancia en la agricultura ecológica

Endophytic microorganisms an evaluation of their importance in the ecological agriculture

**Edwin Marcelo Gonzales Torrico**

marcelogonzalestorrico@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-9406-1215>  
Universidad Técnica de Oruro  
Oruro – Bolivia

**Christian Cortes Gumucio**

christiancortesgumucio@yahoo.es  
<https://orcid.org/0000-0003-4445-3901>  
Universidad Técnica de Oruro  
Oruro – Bolivia

**Raymundo Blanco Cáceres**

reymundoblancocaseres@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0008-9871-9799>  
Universidad Técnica de Oruro  
Oruro – Bolivia

**Juan Loayza Aguilar**

loaza.ag@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0009-7281-9879>  
Universidad Técnica de Oruro  
Oruro – Bolivia

Artículo recibido: 07 de mayo de 2024. Aceptado para publicación: 22 de mayo de 2024.  
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### Resumen

Los microorganismos endófitos que colonizan los tejidos internos de las plantas de forma mutualista están emergiendo como protagonistas clave en la agricultura ecológica. Los microorganismos endófitos estimulan el crecimiento de las plantas al ayudar en la absorción de nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno, además de fortalecer la resistencia a factores abióticos y bióticos como sequías, salinidad y patógenos. Estos microorganismos también pueden producir compuestos bio-activos, como fitohormonas y metabolitos secundarios, que contribuyen al crecimiento y la salud de las plantas. De esta manera, poseen un potencial importante para el control biológico de plagas y enfermedades. Los microorganismos endófitos son una herramienta prometedora para la agricultura ecológica, ya que proporcionan opciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente para incrementar la productividad agrícola y garantizar la seguridad alimentaria. El artículo tiene como objetivo evaluar la importancia de los hongos endófitos en la agricultura ecológica

*Palabras clave:* endófito, microorganismos, agricultura, ecología

## Abstract

Endophytic microorganisms that colonize the internal tissues of plants in a mutualistic manner are emerging as key players in organic agriculture. Endophytic microorganisms stimulate plant growth by helping in the absorption of nutrients, especially phosphorus and nitrogen, in addition to strengthening resistance to abiotic and biotic factors such as drought, salinity and pathogens. These microorganisms can also produce bioactive compounds, such as phytohormones and secondary metabolites, that contribute to plant growth and health. In this way, they have important potential for the biological control of pests and diseases. Endophytic microorganisms are a promising tool for organic farming, providing sustainable and environmentally friendly options to increase agricultural productivity and ensure food security. The article aims to evaluate the importance of endophytic fungi in organic agriculture

**Keywords:** endophyte, microorganisms, agriculture, ecological

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Cómo citar: Gonzales Torrico, E. M., Cortes Gumucio, C., Blanco Cáceres, R., & Loayza Aguilar, J. (2024). Microorganismos endófitos una evaluación de su importancia en la agricultura ecológica. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (3), 1186 – 1194. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i3.2107>

## INTRODUCCIÓN

Debido al uso extendido de implementos agrícolas de origen químico, la agricultura tiende a ser antiecológica por su naturaleza (Azevedo et al., 2005). La productividad agrícola debe aumentar debido a la creciente demanda de alimentos de la población mundial agrícola (Urquía-Fernández, 2014). Por lo tanto, es fundamental adoptar prácticas agrícolas eficientes y sostenibles que no solo satisfagan las necesidades actuales (Urquía-Fernández, 2014), sino que también preserven los recursos naturales y promuevan la salud ambiental a largo plazo (De los Santos Villalobos et al., 2018). Los microorganismos del suelo no solo ayudan en la descomposición de la materia orgánica (MO), sino que también promueven la accesibilidad de los nutrientes a las plantas (Fouda et al., 2021).

La agricultura sostenible o bio-intensiva es una alternativa a la agricultura tradicional (Lopez & Contreras, 2007). La agricultura bio-intensiva (BI), un método que combina principios de la agricultura agroecológica, se cultiva para obtener más rendimientos en pequeñas extensiones (Jeavons & Cox, 2017), el sistema BI del suelo está bien fortalecido en Materia Orgánica (MO), por lo que abunda la diversidad de microorganismos como los endófitos.

La palabra "endófito" proviene del griego "endon", que significa dentro, y "python" planta, se refiere a micro-biomas que se encuentran en la estructura interna de las especies vegetales (Rodríguez et al., 2021). Los hongos endófitos (HE) septados oscuros son microorganismos que se encuentran en la mayoría de los ecosistemas terrestres (Heredia et al., 2014). Los investigadores de las relaciones simbióticas con las plantas deben aprender sus funciones biológicas y ecológicas de este grupo de hongos (Uitzil, 2019).

Los HE que están en asociación con las plantas tienen un beneficio recíproco, la planta le provee alimento, hospedaje y protección, se estima la acción de los endófitos confieren gran resistencia a condiciones adversas como la salinidad, acidez y ataque de plagas (Abello & Kelemu, 2007), por otro lado, el HE produce exoenzimas y metabolitos fitotóxicos, mientras que la planta produce defensas, tanto mecánicas como bioquímicas para contrarrestar a los hongos patógenos (Elvira Sánchez-Fernández et al., 2013).

Es fundamental llevar a cabo evaluaciones exhaustivas de la importancia de los HE en la agricultura ecológica. Se requiere una investigación continua que amplíe nuestro entendimiento de los mecanismos de interacción entre los HE y las plantas, así como su influencia en la salud del suelo y la productividad agrícola (Mendes et al., 2011). Además, es crucial desarrollar estrategias innovadoras para la selección, aplicación y manejo de estos microorganismos en sistemas agrícolas ecológicos, con el objetivo de maximizar su potencial para promover la salud de las plantas y la sostenibilidad agrícola (Pablo R. Hardoim, Leo S. van Overbeek, 2008)

Las plantas asociadas con hongos en zonas áridas y semiáridas se encuentran entre entornos hostiles y pueden tener implicaciones para la biodiversidad como también en el funcionamiento de los ecosistemas (Noui et al., 2019). La presente revisión tiene como objetivo evaluar el impacto de los hongos endófitos en la agricultura ecológica. Para lo cual, se localizaron y seleccionaron estudios relevantes en las bases electrónicas y en libros digitales e impresos en los últimos 15 años.

## DESARROLLO

Los microorganismos endófitos son importantes en la salud de las plantas y la sostenibilidad agrícola en sistemas ecológicos (Pablo R. Hardoim, Leo S. van Overbeek, 2008), estos microorganismos simbióticos mejoran el crecimiento vegetal, la protección contra patógenos y el fortalecimiento de la resistencia al estrés abiótico. Además, identifican desafíos en la comprensión de los mecanismos de

interacción entre los HE y las plantas, así como en su aplicación efectiva en la agricultura ecológica (Abello & Kelemu, 2006).

Hongos endófitos. Las especies vegetales pueden presentar relaciones, neutrales o antagonista dependiendo de las condiciones ambientales, se pueden diferenciar en tres clases amplias con sus hospederos, i) la clase co-existe dentro la planta, ii) clase dos pueden crecer en tejidos tanto por encima como por debajo del suelo y iii) la clase tres están restringidos a tejidos por encima del suelo y raíces (Rodríguez et al., 2009). Los HE es un microorganismo que reside dentro de los tejidos vegetales sin causar daño aparente al huésped. Estos hongos han demostrado una variedad de virtudes en la agricultura, incluida la mejora del crecimiento de las plantas, el aumento de la resistencia a enfermedades, la tolerancia al estrés abiótico y la promoción de la absorción de nutrientes (Schulz et al., 2007).

Los HE poseen capacidades de colonizar tejidos vegetales sin causar síntomas aparentes de enfermedad y se ha demostrado que mejoran el crecimiento de las plantas sometidas a condiciones desfavorables (Parada et al., 2018). Los beneficios más estudiados, se encuentra la producción de metabolitos que inhiben patógenos, inducen efectos alelopáticos en sus plantas hospederas (Heredia et al., 2014), a su vez, los HE también pueden incentivar la producción de fitohormonas como giberelinas, estimulando el crecimiento de las plantas hospederas (Khan et al., 2015), por ejemplo, la aplicación de *Trichoderma* en el cultivo de la quinua reduce la incidencia del mildiu (Leon, 2016).

Diversidad de HE. En plantas *Myracrodruon urundeuva* se aislaron un total de 187 HE siete órdenes en Ascomycota y un orden en Basidiomycota (López de Pádua, Ana Torres et al., 2019). En un estudio realizado en el desierto de Atacama de Chile en el cultivo *Chenopodium quinoa* fueron aislados diferentes géneros como: *Phoma*, *Alternaria*, *Rhizoctonia*, *Cadophora*, *Plectosphaera*, *Penicillium*, *Bartalinia*, *Coniochaeta*, *Neonectria*, *Fusarium* y *Sarocladium* (González-Teuber et al., 2017) Las poaceae forrajeras son el grupo vegetal que reportan la mayor presencia de HE, asociados a los géneros *Lolium*, *Festuca* y *Brachiaria* (Johnson et al., 2014).

### **Coadyuvadores a factores bióticos y abióticos**

Las asociaciones de estos hongos con las gramíneas originan resistencia a plagas de vertebrados e invertebrados como también a enfermedades fúngicas (G. Kuldau, 2008). Los microorganismos endófitos son una estrategia relativamente reciente, sin embargo, países como Nueva Zelanda se encuentran entre los mayores productores de material vegetal inoculado con microorganismos endófitos (Aragón & Beltran, 2018). Las especies vegetales establecen relaciones simbióticas con microorganismos, con las micorrizas, rizobacterias y HE, inducen los mecanismos de defensa de las plantas (Bastías, 2009).

Sequía. Los síntomas de las plantas cuando fueron sometidos a la sequía, presentaron disminución de las raíces adventicias, menor diámetro, clorosis y enrollamiento de las hojas, estos síntomas fueron menores cuando las plantas fueron sometidas a HE (Tamayo, 2017), por ejemplo, las plantas sometidos al estrés por sequía con tres tipos de endófitos (*Streptomyces coelicolor*, *S. olivaceus* y *S. geysiriensis*) aumentaron significativamente el índice de vigorosidad (Cao Kai, Li Yuanting, An Dengdi, 2015).

Reportan la supervivencia significativa en las plantas de *Flourensia thurifera* con la presencia de endófitos y con adecuada adición de agua, es decir, a mayor adición de agua (100 %) e inoculada con mayor porcentaje de endófitos existió mayor sobrevivencia de las plantas, seguida por el tratamiento que recibió el 100 % de agua y 75 % de endófitos, las plántulas asignadas de 75 % de agua y sin la adición de endófitos presentaron significativamente el menor porcentaje de supervivencia (Fardella



et al., 2014). Algunas especies de HE confiere cierta resistencia a factores abióticos, por ejemplo, para la sequía los hongos *Colletotrichum magna*, *C. musae*, *C. orbiculare*, *C. gloeosporioides* y *Fusarium culmorum* y para la salinidad *Piriformospora indica* y *Fusarium culmorum* (Singh et al., 2011). En los ecosistemas de tierras áridas la relación del C y el N son bastante bajos, el contenido de nutrientes y MO también son escasos. La descomposición orgánica es impulsada principalmente por factores abióticos, por altas temperaturas del suelo y las bajas precipitaciones favorecen a los hongos sobre las bacterias. Como consecuencia, los hongos impulsan la descomposición subterránea y forman una compleja red de hifas (Collins et al., 2008).

**Factores Bióticos.** Se han realizado estudios para identificar y cuantificar los alcaloides producidos por los endófitos y medir los efectos de estos alcaloides sobre el comportamiento de insectos y animales, se ha llegado a la conclusión de que tan sólo cantidades muy pequeñas (partes por billón) de alcaloide pueden afectar a los insectos, por otro lado también tiene efectos positivos como el indol, peramina y ergopeptinas (Prestidge et al., 1994), uno de los casos es *Neothypodium coenophialum* que presenta resistencia mediada por endófitos a los insectos que varía según la especie y será una función compleja del estrés ambiental, incluida la sequía (Bultman & Bell, 2003).

HE producen toxinas que pueden ser capaces de controlar a los insectos, se reporta que de 900 muestras aislados de hongos, cinco producían sustancias tóxicas y tres de ellas produjeron poderosas toxinas que, una vez extraído y dado a los insectos, provocó la muerte y disminución de su tasa (Azevedo et al., 2005), existe una amplia evidencia de la capacidad de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Lecanicillium lecanii* de colonizar tejidos vegetales de algunas especies para controlar a los insectos dañinos (Aragón & Beltran, 2018).

**Salinidad.** Algunos HE promueven el crecimiento de las plantas a pesar de las limitaciones ambientales como la salinidad (Azad & Kaminskyj, 2016), estudios con *Trichoderma* han demostrado que son capaces de mejorar la tolerancia a las plantas al estrés biótico y abiótico como la sequía y la salinidad (Ahmad et al., 2015), los HE que permanecen naturalmente en el cultivo de la quinua se desconocen la diversidad de especies, así como su influencia en la fenología y que función cumplen como mecanismo de resistencia a factores desfavorables. A diferencia de los hongos micorrícicos que colonizan las raíces de las plantas y crecen en la rizosfera, los endófitos residen completamente dentro de tejidos vegetales y pueden crecer dentro de raíces, tallos y hojas, emergiendo para esporular en la senescencia de la planta o del tejido huésped (Sherwood M, 1974).

En un estudio se indica utilizando cepas 414 y 419 de *Alternaria* spp., y cepa de *Trichoderma harzianum* para colonizar y las plantas fueron tratadas con diferentes concentraciones de NaCl (0 mM, 300 mM y 500 mM), en la evaluación de 20 días observaron diferencias significativas en la biomasa de brotes frescos entre plantas colonizadas por endófitos y control (Azad & Kaminskyj, 2016). Las plantas colonizadas con endófitos y tratadas con 300 mM de NaCl tuvieron una biomasa significativamente menor que el control. Los autores han observado que las plantas sometidas a la salinidad e inoculadas con endófitos presentaron superior número de hojas, diámetro tallo y longitud tallo comparados con las plantas sin inoculación de endófitos excepto en el tratamiento con una concentración de 0 g L<sup>-1</sup> de NaCl (Moral, 2020).

## **CONCLUSIONES**

De acuerdo a la revisión realizada sobre Hongos endófitos (HE), se realizó una evaluación de su importancia en la agricultura ecológica llegando a las siguientes conclusiones.

La importancia de los HE en los sistemas agrícolas es de trascendencia porque coadyuvan en la salud de las plantas y la sostenibilidad agrícola en sistemas ecológicos. La simbiosis entre los HE y las

plantas hospederas ofrece una serie de beneficios, incluida la protección contra patógenos y la mejora del crecimiento vegetal.

También es importante señalar la comprensión de los mecanismos subyacentes de estas interacciones simbióticas y su aplicación práctica en la agricultura ecológica. La identificación y selección de cepas microbianas eficaces para aplicaciones agrícolas específicas sigue siendo un obstáculo importante, lo que limita la maximización del potencial de los HE en la promoción de la salud de las plantas y la sostenibilidad agrícola.

Por lo tanto, se destaca la necesidad urgente de investigación continua para profundizar en nuestra comprensión de estos microorganismos y sus interacciones con las plantas y el entorno edáfico.

En resumen, el estudio subraya la importancia crítica de los HE en la agricultura ecológica y aboga por una mayor investigación y desarrollo de estrategias prácticas para aprovechar plenamente su potencial en la promoción de la salud de las plantas y la sostenibilidad agrícola en armonía con el medio ambiente.

## REFERENCIAS

Abello, J. F., & Kelemu, S. (2006). Habitan en el interior de las Plantas. 7, 55–57.

Abello, J. F., & Kelemu, S. (2007). Hongos endófitos: ventajas adaptativas que habitan en el interior de las plantas. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 7(2), 55–57. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol7\\_num2\\_art:70](https://doi.org/10.21930/rcta.vol7_num2_art:70)

Ahmad, P., Hashem, A., Abd-Allah, E. F., Alqarawi, A. A., John, R., Egamberdieva, D., & Gucel, S. (2015). Role of *Trichoderma harzianum* in mitigating NaCl stress in Indian mustard (*Brassica juncea* L) through antioxidative defense system. *Frontiers in Plant Science*, 6(OCTOBER), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00868>

Aragón, S., & Beltran, C. (2018). Los hongos endófitos en el control biológico de fitopatógenos e insectos plaga Endophytic fungi in biological control of phytopathogens and insect pests Contenido. En *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros* (Número October 2018).

Azad, K., & Kaminskyj, S. (2016). A fungal endophyte strategy for mitigating the effect of salt and drought stress on plant growth. *Symbiosis*, 68(1–3), 73–78. <https://doi.org/10.1007/s13199-015-0370-y>

Azevedo, J., Maccheroni Jr., W., Pereira, J., & Luiz de Araújo, W. (2005). Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. *Journal of Biotechnology*, 20(2), 136–145. <https://doi.org/10.1080/02827580510008248>

Bastías, D. (2009). Mecanismos de resistencia a insectos en pastos que forman simbiosis con hongos endófitos. Universidad de Buenos Aires.

Bultman, T. L., & Bell, G. D. (2003). Interaction between fungal endophytes and environmental stressors influences plant resistance to insects. *Oikos*, 103(1). <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.11574.x>

Cao Kai, Li Yuanting, An Dengdi, Z. R. (2015). Research Progress on Effects of Endophytes on Plant. *Cao Kai, Li*, 31, 23–29.

Collins, S. L., Sinsabaugh, R. L., Crenshaw, C., Green, L., Porrás-Alfaro, A., Stursova, M., & Zeglin, L. H. (2008). Pulse dynamics and microbial processes in aridland ecosystems. *Journal of Ecology*, 96(3), 413–420. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01362.x>

De los Santos Villalobos, S., Parra Cota, F. I., Herrera Sepúlveda, A., Valenzuela Aragón, B., & Estrada Mora, J. C. (2018). Colmena: colección de microorganismos edáficos y endófitos nativos, para contribuir a la seguridad alimentaria nacional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(1), 191–202. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.858>

Elvira Sánchez-Fernández, R., Lorena Sánchez-Ortiz, B., Monserrat Sandoval-Espinosa, Y. K., Ulloa-Benítez, Á., Armendáriz-Guillén, B., Claudia García-Méndez, M., & Lydia Macías-Rubalcava, M. (2013). Hongos endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en agricultura y medicina. *Tip*, 16(2), 132–146. [https://doi.org/10.1016/s1405-888x\(13\)72084-9](https://doi.org/10.1016/s1405-888x(13)72084-9)

Fardella, C., Oses, R., Torres-Díaz, C., & Molina-Montenegro, M. A. (2014). Hongos endófitos antárticos como herramienta para la reintroducción de especies nativas en zonas áridas. *Bosque*, 35(2), 235–239. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002014000200011>

- Fouda, A., Eid, A. M., Elsaied, A., El-Belely, E. F., Barghoth, M. G., Azab, E., Gobouri, A. A., & Hassan, S. E. D. (2021). Plant growth-promoting endophytic bacterial community inhabiting the leaves of *pulicaria incisa* (LAM.) DC inherent to arid regions. *Plants*, 10(1), 1–22. <https://doi.org/10.3390/plants10010076>
- G. Kuldau, C. B. (2008). Clavicipitaceous endophytes: Their ability to enhance resistance of grasses to multiple stresses. *Biological Control*, 46(1), 57–71. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.01.023>.
- González-Teuber, M., Vilo, C., & Bascuñán-Godoy, L. (2017). Molecular characterization of endophytic fungi associated with the roots of *Chenopodium quinoa* inhabiting the Atacama Desert, Chile. *Genomics Data*, 11(January), 109–112. <https://doi.org/10.1016/j.gdata.2016.12.015>
- Heredia, C., Alarcon, A., Hernandez, L., Ferrera, R., & Almaraz, J. J. (2014). DIVERSIDAD, ECOLOGÍA E IMPORTANCIA POTENCIAL DE LOS HONGOS ENDÓFITOS SEPTADOS OSCUROS EN MÉXICO. *Botanical Sciences*, 92(3), 321–333.
- Jeavons, J., & Cox, C. (2017). *El Huerto Sustentable* (J. Mann (ed.)). <http://www.growbiointensive.org/SVG Spanish.pdf>
- Johnson, J. M., Alex, T., & Oelmüller, R. (2014). *Piriformospora indica*: The versatile and multifunctional root endophytic fungus for enhanced yield and tolerance to biotic and abiotic stress in crop plants. *Journal of Tropical Agriculture*, 52(2), 103–122.
- Khan, A. L., Hussain, J., Al-Harrasi, A., Al-Rawahi, A., & Lee, I.-J. (2015). Endophytic fungi: resource for gibberellins and crop abiotic stress resistance. *Critical Reviews in Biotechnology*, 35, 62–74. 10.3109/07388551.2013.800018
- Leon, B. (2016). Biocontrol del mildiu (*Peronospora variabilis* Gaum.) de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) con cepas de *Trichoderma* sp. con capacidad endofítica. Universidad Nacional del Altiplano.
- Lopez de Pádua, Ana Torres, K., Lins de Oliveira, T., Silva, L. F. da, Araújo-Magalhães, G. R., Agamez-Montalvo, G. S., da Silva, I. R., Bezerra, J. D. P., & de Souza-Motta, C. M. (2019). Fungal endophyte diversity in the leaves of the medicinal plant *myracrodruon urundeuva* in a Brazilian dry tropical forest and their capacity to produce L-asparaginase. *Acta Botanica Brasilica*, 33(1), 39–49. <https://doi.org/10.1590/0102-33062018abb0108>
- Lopez, R., & Contreras, F. (2007). Sistemas de producción agrícola sostenible en los Andes de Venezuela: Agricultura Orgánica. *Avances en Química*, 2(3), 23–33.
- Mendes, R., Kruijt, M., De Bruijn, I., Dekkers, E., Van Der Voort, M., Schneider, J. H. M., Piceno, Y. M., DeSantis, T. Z., Andersen, G. L., Bakker, P. A. H. M., & Raaijmakers, J. M. (2011). Deciphering the rhizosphere microbiome for disease-suppressive bacteria. *Science*, 332(6033), 1097–1100. <https://doi.org/10.1126/science.1203980>
- Moral, M. (2020). Amortiguación del estrés salino mediante el aislado endofito CDG17. Universidad de Almería.
- Noui, A., Saadi, A., Shakoor, A., Merouane, A., Mostefa Della, N., Zaib, G., Akinyemi, D. S., & Medjahed, H. (2019). Diversity of endophytic fungal community associated to the roots of *Argania spinosa* (L.) Skeels growing in the arid and semi-arid regions of Algeria. *Acta Agriculturae Slovenica*, 114(1), 103–111. <https://doi.org/10.14720/aas.2019.114.1.12>



Pablo R. Hardoim, Leo S. van Overbeek, J. D. van E. (2008). Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth, *Trends in Microbiology*, 16(10), 463–471.

Parada, R., Barros, D., Cotoras, M., & Ortiz, C. (2018). Colonización de *Lolium perenne* y *Polypogon australis* por hongos endófitos obtenidos de Poáceas provenientes de un relave minero de Puerto Cristal, Chile Parada.

Prestidge, R. A., Popay, A. J., & Ball, O. -P. (1994). Biological control of pastoral pests using *Acremonium* spp. endophytes. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 38, 33–38. <https://doi.org/10.33584/jnzg.1994.56.2130>

Rodríguez, C., Hernández, L., Pérez, B., & Zaida, J. (2021). Bacterias y hongos endófitos de la familia Cactaceae y sus aplicaciones. *Revista especializada en Ciencias Químicas-Biológicas*, 1–14. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.328>

Rodriguez, R. J., Technologies, A. S., White, J. F., & Redman, R. S. (2009). Fungal endophytes: diversity and functional roles. *March*. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02773.x>

Schulz, B. J. E., Boyle, C. J. C., & Sieber, T. N. (2007). *Microbial Root Endophytes*. 387. [https://books.google.com/books?id=JzYJFLcRA\\_8C&pgis=1](https://books.google.com/books?id=JzYJFLcRA_8C&pgis=1)

Sherwood M, C. G. (1974). Fungal succession on needles and young twigs of old-growth. *Mycologia*, 499–506.

Singh, L. P., Gill, S. S., & Tuteja, N. (2011). Unraveling the role of fungal symbionts in plant abiotic stress tolerance. *En Plant Signaling and Behavior* (Vol. 6, Número 2, pp. 175–191). <https://doi.org/10.4161/psb.6.2.14146>

Tamayo, D. (2017). Papel de hongos endófitos septados oscuros en la tolerancia del pasto *Brachiaria decumbens* Stapf a condiciones ambientales extremas de sequía y baja fertilidad general del suelo. Universidad Nacional de Colombia.

Uitzil, M. (2019). *Hongos endófitos: habitantes ocultos*. 2019.

Urquía-Fernández, N. (2014). La seguridad alimentaria en México. *Salud Publica de Mexico*, 56(SUPPL.1), 92–98. <https://doi.org/10.21149/spm.v56s1.5171>