



APUNTE

Bacterias y semillas: Una apremiada relación mutualista en el trópico.Alexis Domínguez-Liévano¹; Anne Ashby Damon^{1*} & Arnoldo Wong Villarreal²¹Departamento Ciencias de la Sustentabilidad. El Colegio de la Frontera Sur. Unidad Tapachula. Chiapas. México.²División Agroalimentaria. Universidad Tecnológica de la Selva. Ocosingo. Chiapas. México.

*Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.608>

Recibido: 16.06.2024; Aceptado 24.07.2024.

RESUMEN

Se explica brevemente algunos elementos que permiten entender de mejor manera la relación mutualista entre las bacterias endófitas y las semillas. Se menciona la definición de los microorganismos endófitos en el contexto de la ecología y manejo de plantas. Posteriormente se menciona lo fundamental que son las bacterias endófitas en las semillas durante la restauración forestal. Finalmente, se explica a manera de conclusión, en el contexto actual y futuro, la importancia de la investigación para conocer el papel que juegan las bacterias endófitas para la propagación por semillas de especies forestales.

Palabras clave: Bacterias endófitas, conservación, germinación, repoblación natural.

SUMMARY

In this short disclosure note, we briefly explain some elements that allow us to better understand the mutualistic relationship between endophytic bacteria and seeds. The definition of endophytic microorganisms in the context of plant ecology and management is mentioned. Subsequently, it is mentioned how fundamental endophytic bacteria are in seeds during forest restoration. Finally, the current and future context on the importance of research to know the role played by endophytic bacteria for the seed propagation of forest species is explained.

Key words: Endophytic bacteria, conservation, germination, natural repopulation.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las personas han visto la merma de los recursos naturales en las regiones tropicales del mundo, y México no es la excepción. La pérdida de ecosistemas tropicales causa bastante preocupación, por la disminución de flora y fauna y sus interacciones de apoyo mutuo que sostienen la vida en el planeta Tierra. En consecuencia, hay una demanda por incrementar las plantaciones forestales, pero ahora con un enfoque más consciente, más enterado y menos centrado en lo económico; cada vez más se enfoca en especies de árboles nativos para asegurar su conservación, y en el caso de la comercialización de maderas preciosas hoy día se premia un enfoque de aprovechamiento sustentable. Para lograr la restauración y conservación de especies de árboles nativos, es necesario implementar procesos más eficientes de producción de plantas en vivero, y para ello, se puede recurrir a nuevos enfoques biotecnológicos, en los que se reconozcan y apliquen en nuestro favor, los atributos, sustancias que producen, y procesos que realicen, los hongos, bacterias, insectos, animales y plantas que nos rodean.

Bajo esta premisa, se sabe que la reproducción de la mayoría de las especies de árboles se lleva a cabo a través de semillas, mismas que se deben manipular de diferentes maneras según su cubierta de protección y especificaciones biológicas derivadas de las condiciones prevaletentes de su hábitat natural, para favorecer los procesos de germinación y el desarrollo de la nueva planta. En los últimos años se ha

estado contemplando el uso de microorganismos benéficos para facilitar y hacer más eficiente la germinación, emergencia de la raíz y crecimiento de los nuevos árboles.

MICROORGANISMOS ENDÓFITOS: DEFINICIÓN

Cuando se habla de microorganismos en el contexto de la ecología y manejo de plantas, usualmente se piensa en las bacterias y los hongos, pero también abarca a otros organismos menos conocidos, como las arqueas, protozoos, algas y virus. Se llama endófitos a las bacterias y hongos que conviven en los tejidos internos de las plantas, mayormente en las raíces, sin causar algún efecto negativo o daño, y pudiendo llegar a influenciar de forma muy importante los procesos fisiológicos de las plantas y la manera de interactuar con el entorno. La mayoría de las plantas se asocian con bacterias endófitas y es menos común la asociación estrecha con hongos endófitos.

Las primeras evidencias de las asociaciones entre microorganismos endófitos y plantas se originaron de la observación de tejidos y hojas de plantas fosilizadas, allí se encontraban huellas de los microorganismos, dando soporte a que la asociación planta-endófito pudo surgir junto con la aparición de las primeras plantas en la tierra.

Es impresionante la gran diversidad de bacterias que se pueden encontrar en la naturaleza, diversidad de la cual hoy en día se conoce solo una pequeña fracción. No hay consenso sobre la forma en que se desarrolló la interacción de las bacterias con las plantas, algunas hipótesis apuntan que todo se originó a partir de los microorganismos del suelo, logrando acceso por vía de los poros, o estomas en su caso, de las raíces, tallos y hojas, o áreas de emergencia de raíces laterales y también están presentes en las semillas. Queda claro que estas asociaciones representan un medio de adaptación y protección en relación con las condiciones ambientales, a favor de la planta hospedadora, aprovechando las bondades y diversas habilidades de los microorganismos endófitos asociados.

La relación bacteria endófito-planta juega un rol fundamental en la vida de las plantas. Son capaces de captar y concentrar nitrógeno del aire, movilizar y hacer accesibles a las plantas nutrientes absorbidos desde el suelo (p.ej. el fósforo), producir sustancias que estimulan y regulan el crecimiento vegetal, y también puedan participar en procesos de protección de la planta contra plagas y enfermedades.

RESTAURACIÓN FORESTAL Y BACTERIAS ENDÓFITAS EN SEMILLAS

Las semillas constituyen el punto de partida de mejorar y hacer más eficientes las estrategias de producción de árboles nativos, como medida de recuperación y conservación de los recursos naturales de las selvas y bosques en las regiones tropicales. En tales semillas se encuentran también las bacterias endófitas que puedan ayudar en el proceso de propagación.

Las investigaciones sobre bacterias endófitas en las semillas han generado mayor información para semillas de interés agronómico (p.ej. arroz, algodón y maíz) en comparación con las forestales. Se han aislado bacterias endófitas de variedades criollas de maíz y muchas de estas bacterias demostraron propiedades que podrían ser benéficas para las plantas, como la producción de hormonas que estimulan el crecimiento (auxinas), la habilidad de solubilizar fosfatos, y la captación y fijación de nitrógeno, para hacer estos importantes nutrimentos más accesibles para la planta (Lew-Sánchez *et al.*, 2015). En otro estudio, bacterias fueron aisladas de las semillas de *Espeletia grandiflora* de la familia de los girasoles (*Asteraceae*), y todas ellas demostraron efectos benéficos para la germinación de las semillas. Cabe mencionar que las semillas de esta planta son consumidas y luego defecadas por animales y de allí se sugiere otra fuente de bacterias posiblemente benéficas (Guzmán, 2020). Entre los pocos ejemplos de árboles, se ha observado que, en semillas de eucalipto cultivado como árbol forestal, las bacterias endófitas ingresan desde el suelo, pasando por las raíces hacia el resto de la planta, y hay evidencia que estas bacterias podrían proteger las semillas, y los primeros pasos de germinación, contra patógenos. Aún falta evaluar las comunidades de bacterias endófitas en semillas que podrían proteger y agilizar la propagación de la mayoría de las especies forestales de interés. Estas investigaciones son clave para poder diseñar

mejores técnicas y herramientas para los programas de restauración, los que tan urgentemente se necesitan en todo el mundo.

Todo apunta a que la principal fuente de obtención de bacterias endófitas se encuentra en el suelo, desde donde las bacterias entran al tejido vascular de su hospedero, pasando por las raíces hasta los tallos, hojas, flores y semillas. Sin embargo, la planta debe ser quien efectivamente selecciona y filtra el tipo y cantidad de bacterias endófitas que necesita.

Las plantas hospederas obtienen varios beneficios, pero ¿qué obtienen a cambio las bacterias endófitas? Ellas se benefician de los productos hechos por las plantas mediante el proceso de la fotosíntesis, que son los productos energéticos, los carbohidratos. A partir del suministro de nutrimentos derivados del suelo e ingresadas desde las raíces, combinados con los carbohidratos generados por la fotosíntesis, las plantas fabrican otras sustancias como los aminoácidos, ácidos orgánicos, flavonoides y lípidos que también las pueden compartir con las bacterias para sus funciones vitales. Y es así como esta interacción mutualista ha prevalecido a lo largo de miles, hasta millones de años.

Los trabajos de identificación de bacterias endófitas que se han realizado en semillas forestales apuntan a cepas del género *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Burkholderia* y *Bacillus*, entre las más conocidas hasta el momento. Hay pocos ejemplos de trabajos con árboles forestales, pero ahora tenemos evidencia de la presencia de bacterias del género *Bacillus* en semillas de *Cedrella odorata* L. (Cedro rojo) que tiene actividad contra las enfermedades causados por hongos patógenos como *Alternaria solani*, *Fusarium* y *Phytophthora capsici*, que afectan a cultivos de importancia económica. También se han identificado la producción de sustancias como las fitohormonas (p. ej. ácido indolacético) que estimulan el crecimiento de las plantas (**Figura 1**) (Espinosa *et al.*, 2021).

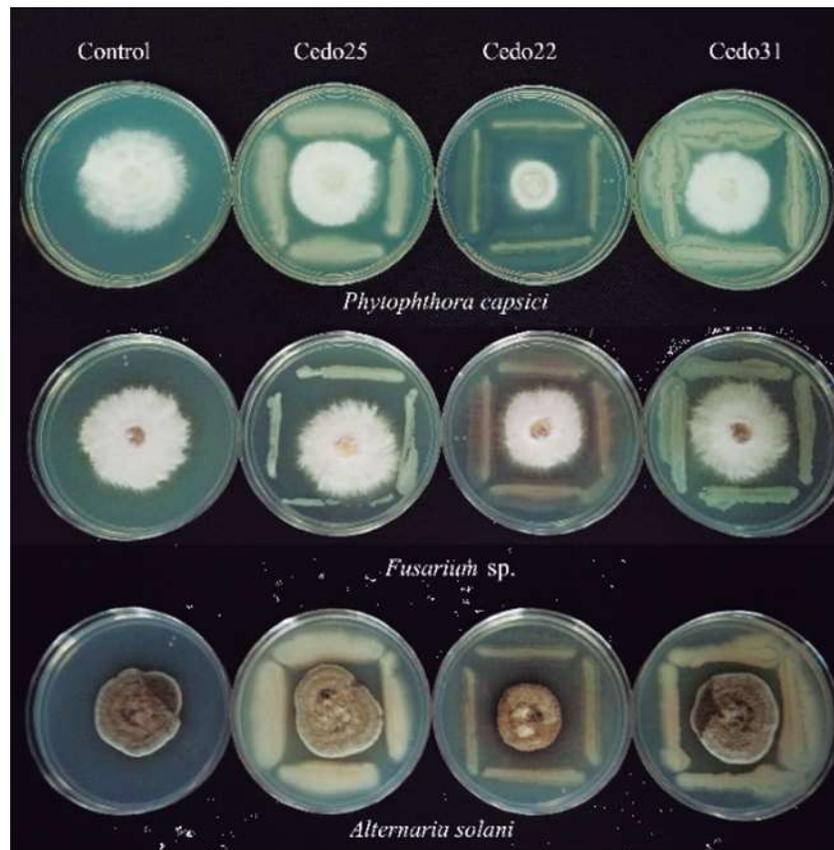
Así como las bacterias endófitas se encuentran presentes en las semillas, podemos encontrar otras bacterias asociadas con las raíces, pero no adentro de ellas, sino en el espacio alrededor de las raíces que se llama rizósfera. Estas bacterias también pueden contribuir a la germinación de las semillas y desarrollo de las nuevas plantas. Las funciones desempeñadas por estas bacterias son parecidas a las de las bacterias endófitas de las semillas: fijan nitrógeno, que sirve a las plantas para la producción de proteínas y sustancias de defensa; movilizan y hacen accesibles los nutrientes del suelo; promueven la formación de sustancias de crecimiento vegetal; protegen a las plantas contra plagas; y también mejoran la estructura del suelo, por mencionar algunas. Chávez-Ambríz *et al.* (2016) obtuvieron aislados bacterianos pertenecientes al género *Bacillus* a partir de muestras del suelo próximo a las raíces de los cactus *Mammillaria magnimamma* Haw. y *Coryphantha cornifera* (DC.) Lem. En pruebas realizadas con los aislados obtenidos, se aumentó la germinación de las semillas hasta un 34,3% con respecto a las semillas sembradas sin las bacterias.

CONCLUSIONES

Apenas se está contemplando la importancia de la investigación para conocer el papel que juegan las bacterias endófitas en la propagación por semillas de especies forestales. Las nuevas tecnologías que permiten el análisis genético, de proteínas y de otros componentes esenciales de la vida (los estudios ómicos) permitirán conocer la diversidad de microorganismos que conviven en las semillas, así como las características y aportaciones de interés biotecnológico que poseen.

Considerando el impacto cada vez más evidente del cambio climático en las regiones tropicales, interacciones mutualistas entre semillas y bacterias endófitas representan una herramienta para superar los estragos del clima, cada vez más desequilibrado y extremo, con aumentos de temperatura, lluvias torrenciales, vientos huracanados, y a su vez en otros sitios, sequías extendidas y olas de temperaturas frías. Las bacterias se reproducen mucho más rápido que las plantas, encadenando procesos de la sobrevivencia y selección de solo los individuos más aptos para sobrellevar los cambios del momento que se presentan en su entorno. Este proceso de adaptación es como una actualización de un organismo para poder sobrevivir; las bacterias lo logran más rápidamente, y luego, efectivamente transfieren el beneficio de su rápida adaptación a sus plantas hospederas. Esto sugiere que la inoculación de bacterias podría

usarse en programas de conservación o mantenimiento de poblaciones de especies de árboles y otras plantas, y podría ser clave en el caso de especies en alguna categoría de riesgo.



(Fuente: Espinosa-Zaragoza *et al.*, 2021)

Figura 1. Antagonismo de tres aislamientos contra hongos patógenos. Las columnas de control significan que el hongo se inoculó sin un fitopatógeno. Fila 1: *Phytophthora capsici*; fila 2: *Fusarium sp.*; fila 3: *Alternaria solani*.

AGRADECIMIENTOS

A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Tapachula por proporcionar las condiciones para que el primer autor realice investigaciones relacionadas a la restauración forestal en México. Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías, por su apoyo económico en el Doctorado en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable con beca CVU 953615.

A la Dr. Karen B. Hernández Esquivel, por el tiempo ocupado en sus comentarios y observaciones para mejorar el documento.

REFERENCIAS

Chávez-Ambriz, L.I.A., Hernández-Morales, A., Cabrera-Luna, J.A., Luna-Martínez, L. & Pacheco-Aguilar, J.R. (2016). Aislados de *Bacillus* provenientes de la rizosfera de cactus incrementan la germinación y la floración en *Mammillaria* spp. (Cactaceae). Revista Argentina de Microbiología, 48(4): 333-341. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.09.001>

- Espinosa-Zaragoza, S., Sánchez Cruz, R., Sanzón Gómez, D., Escobar Sandoval, M.C., Yáñez Ocampo, G., Morales Constantino, M.A. & Wong Villarreal, A. (2021).** Identificación de bacterias endófitas de semillas de *Cedrela odorata* L. (*Meliaceae*) con características biotecnológicas. *Acta Biológica Colombina*, 26(2): 196-206. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v26n2.85325>
- Guzmán-Cárdenas, A.M. (2020).** Bacterias endófitas promotoras del crecimiento vegetal presentes en las semillas de *Espeletia grandiflora* y la relación con sus dispersores biológicos. Universidad El Bosque. 85 pp. <https://repositorio.unbosque.edu.co/items/6c459512-5abc-4cb2-a171-1f9fcf545fed>
- Lew-Sánchez, B.E., Becerra Fuentes, I., Huerta, A. & Beltrán Garcí, M. (2015).** Obtención de bacterias endófitas de distintas variedades de maíz: evaluación de sus propiedades agronómicas. Resumen del XVI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Universidad Autónoma de Guadalajara, México. 1 p. <https://smbb.mx/congresos%20smbb/guadalajara15/PDF/XVI/trabajos/II/IIC-103.pdf>