

Las PLANTAS y los ENDÓFITOS: cómo sobrevivir en las regiones áridas y semiáridas

Héctor Godínez Álvarez

Las plantas son organismos sésiles que no pueden desplazarse como los animales para buscar sitios con condiciones adecuadas de nutrientes, temperatura y humedad para su supervivencia. Sin embargo, las plantas tienen distintas características morfológicas y fisiológicas como el tamaño y grosor de las hojas, la extensión y profundidad de las raíces, la succulencia del tallo y las tasas de transpiración y fotosíntesis que les permiten adaptarse a los ambientes donde viven. Además de estas características morfológicas y fisiológicas, las plantas también interactúan con otras plantas, animales o microorganismos a través de la polinización de las flores, la dispersión de las semillas y la absorción de nutrientes para sobrevivir y reproducirse.

Las bacterias y hongos son algunos de los microorganismos que establecen interacciones con las plantas. Dentro de este grupo de microorganismos existen algunas bacterias y hongos conocidos como endófitos, mismos que pasan toda su vida o parte de ella dentro de la raíz, el tallo, las hojas o las semillas de las plantas sin causarles ningún daño o enfermedad (López y cols., 2012). Los endófitos son importantes para las plantas porque les ayudan a soportar el estrés causado por distintas condiciones ambientales como la falta de agua, la alta salinidad,

el bajo contenido de nutrientes y la presencia de metales pesados, entre otros. Los endófitos producen sustancias derivadas de su metabolismo que promueven el crecimiento de las plantas, controlan los patógenos e incrementan la tolerancia al estrés (Lucero y cols., 2006; López y cols., 2012; de-Bashan y cols., 2013). Debido a estas características, los endófitos han sido ampliamente estudiados en plantas cultivadas ya que pueden ser usados para incrementar su crecimiento y producir una mayor cantidad de alimentos. Además, debido a que incrementan la tolerancia de las plantas al estrés, han sido usados para restaurar ambientes degradados (de-Bashan y cols., 2013). Sin embargo, la información sobre los endófitos de plantas silvestres en ecosistemas naturales es escasa. El estudio de estos endófitos permitiría entender la supervivencia de las plantas y contribuiría a entender el funcionamiento de estos ecosistemas. Además, su estudio permitiría obtener información para solucionar problemas ambientales como la restauración de sitios degradados.

Las regiones áridas y semiáridas son ecosistemas con una amplia distribución mundial, que tienen condiciones ambientales estresantes para las plantas. Así, por ejemplo, en estas regiones los niveles de radiación solar son altos durante todo el año. Esta radiación provoca que la temperatura sea alta durante el verano, llegando hasta 65°C en la superficie del suelo. Sin embargo, la temperatura disminuye drásticamente durante el invierno, llegando inclusive hasta 0°C. Además de la alta radiación y las temperaturas extremas, el agua es escasa debido a que las lluvias son limitadas, irregulares y poco predecibles. La poca cantidad de agua de lluvia que llega a caer al suelo se evapora rápidamente debido a las altas temperaturas superficiales. En estas condiciones es posible suponer que las plantas podrían estar asociadas con endófitos para poder sobrevivir en estas regiones.

Para obtener información sobre estos aspectos se han realizados algunos estudios en regiones áridas y semiáridas del continente americano como

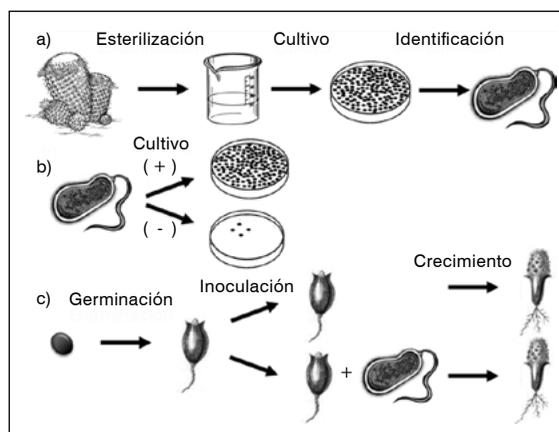


Figura 1. Algunos métodos usados para estudiar los endófitos y su efecto sobre las plantas. (a) Para identificar a los endófitos se toman muestras de raíces, tallos, frutos o semillas de las plantas, las cuales son esterilizadas superficialmente y usadas para realizar cultivos microbiológicos. Las bacterias y hongos que crecen en los cultivos son aislados e identificados con base en su morfología y/o material genético. (b) Los endófitos pueden cultivarse en distintas condiciones como por ejemplo: temperaturas altas (+) y bajas (-) o con (+) y sin (-) nutrientes para conocer su capacidad de crecimiento. Por último, (c) para conocer el efecto de los endófitos sobre las plantas se pueden germinar semillas para obtener plántulas. Estas plántulas pueden dividirse en dos grupos: un grupo puede crecer con endófitos, mientras que el otro grupo puede crecer sin endófitos. Después de un tiempo, las plántulas pueden cosecharse para medir su peso y determinar que grupo tuvo mayor crecimiento.

el Desierto Chihuahuense (Lucero y cols., 2006) y el Desierto Sonorense (Puente y cols., 2009a, 2009b; López y cols. 2012), en el norte de México y suroeste de Estados Unidos, y la Caatinga en el noreste de Brasil (Leite y cols., 2015). En estos estudios se han utilizado plantas dominantes de estas regiones como pastos, arbustos y cactus para determinar la presencia de endófitos y su posible efecto sobre la supervivencia de estas plantas. Para determinar si las plantas tenían endófitos se tomaron muestras de raíces, tallos, hojas o semillas, las cuales fueron desinfectadas y usadas para realizar cultivos microbiológicos. Las bacterias y hongos que crecieron en estos cultivos fueron aisladas e identificadas con base en su morfología y/o material genético (Figura 1). Una vez que los endófitos fueron identificados, se realizaron experimentos para determinar su capacidad para crecer en distintas condiciones físicas. Por ejemplo, los endófitos fueron puestos a crecer en temperaturas altas y bajas, en presencia y ausencia de nitrógeno y fosfato, así como en presencia y ausencia de sales como el cloruro de sodio.

Planta (Tipo)	Endófitos (Grupo)	Región	Referencia
<i>Atriplex canescens</i> (arbusto)	<i>Aspergillus ustus</i> (hongo)	Desierto Chihuahuense, Estados Unidos	Lucero y cols., 2006
<i>Bouteloua eriopoda</i> (pasto)	<i>Moniliophthora</i> sp. (hongo) <i>Penicillium olsonii</i> (hongo) <i>Bipolaris spicifera</i> (hongo) <i>Engyodontium album</i> (hongo)		
<i>Pachycereus pringlei</i> (cactus)	<i>Klebsiella</i> sp. (bacteria) <i>Acinetobacter</i> sp. (bacteria) <i>Pseudomonas</i> sp. (bacteria) <i>Bacillus</i> sp. (bacteria) <i>Staphylococcus</i> sp. (bacteria)	Desierto Sonorense, México	Puente y cols., 2009 a, b
<i>Mammillaria fraileana</i> (cactus)	<i>Bacillus megaterium</i> (bacteria) <i>Enterobacter sakazakii</i> (bacteria) <i>Pseudomonas putida</i> (bacteria) <i>Azotobacter vinelandii</i> (bacteria)	Desierto Sonorense, México	López y cols., 2012
<i>Cereus jamacaru</i> (cactus)	<i>Rhizobium</i> sp. (bacteria)	Caatinga, Brasil	Leite y cols., 2015
<i>Melocactus zehntneri</i> (cactus)	<i>Enterobacter</i> sp. (bacteria) <i>Burkholderia</i> sp. (bacteria) <i>Pantoea</i> sp. (bacteria) <i>Pseudomonas</i> sp. (bacteria)		

Tabla 1. Especies de plantas y endófitos estudiados en diferentes regiones áridas y semiáridas.

Por último, para evaluar el efecto de los endófitos sobre las plantas se realizaron experimentos en los que un grupo de plántulas –esto es, plantas pequeñas obtenidas de la germinación de las semillas– fue dividido en dos subgrupos: en el primer subgrupo las plántulas fueron inoculadas con endófitos, mientras que en el segundo subgrupo las plántulas no fueron inoculadas con endófitos. Las plántulas de ambos subgrupos estuvieron en estas condiciones por varios meses para registrar su supervivencia y medir su crecimiento. Para medir el crecimiento, las plántulas de cada subgrupo fueron cosechadas y pesadas para determinar si las plántulas con endófitos tenían mayor peso que las plántulas sin endófitos (Figura 1).

Las plantas que han sido estudiadas hasta el momento son el arbusto *Atriplex canescens*, el pasto *Bouteloua eriopoda* y los cactus *Cereus jamacaru*, *Mammillaria fraileana*, *Melocactus zehntneri* y *Pachycereus pringlei*. En estas plantas se identificaron algunas bacterias y hongos endófitos como *Rhizobium*, *Klebsiella*, *Aspergillus* y *Penicillium*, entre otros (Tabla 1).

Algunos de estos endófitos fueron capaces de crecer en sustratos rocosos debido a que secretan ácidos orgánicos que degradan las rocas. La degradación de las rocas contribuye a la formación

del suelo y liberación de minerales que necesitan las plantas para establecerse y crecer en un sitio. Además, otros endófitos fueron capaces de fijar nitrógeno atmosférico, un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas que es poco disponible en el suelo. Debido a estas capacidades, los endófitos tuvieron efectos positivos sobre la supervivencia y el crecimiento de las plantas. Así, por ejemplo, las semillas del cactus *Pachycereus pringlei* inoculadas con bacterias dieron origen a plántulas con mayor peso que las plántulas que provenían de semillas sin endófitos (Puente y cols., 2009a, 2009b). Estas bacterias además estimularon la formación de raíces en esquejes del arbusto *Prosopis articulata* (Puente y cols., 2009a, 2009b; de-Bashan y cols., 2013). Por otra parte, las plantas de *Mammillaria fraileana* que fueron inoculadas con bacterias tuvieron mayor actividad fotosintética y contenido de nutrientes, lo que resultó en un mayor peso en comparación con las plantas que no fueron inoculadas (López y cols., 2012). Las plantas del pasto *Bouteloua eriopoda* y del arbusto *Atriplex canescens* que fueron inoculadas con hongos también tuvieron tallos y raíces de mayor peso que las plantas que no fueron inoculadas

(Lucero y cols., 2006). Por último, los cactus *Cereus jamacaru* y *Melocactus zehntneri* tuvieron endófitos que son potencialmente capaces de liberar minerales y fijar nitrógeno, aunque no fue posible determinar si tenían un efecto positivo sobre el crecimiento de estos cactus (Leite y cols., 2015).

Los resultados de estos trabajos sugieren que los endófitos pueden incrementar la supervivencia y el crecimiento de algunas plantas que habitan en las regiones áridas y semiáridas. Estas plantas pueden tener un papel significativo en el funcionamiento de estos ecosistemas (López y cols., 2012) y además ser usadas para su restauración (de-Bashan y cols., 2013). Las plantas con endófitos son capaces de establecerse en sitios rocosos o sitios con alta radiación solar directa debido a que soportan el estrés provocado por la falta de nutrientes y las altas temperaturas. Después de establecerse, las plantas con endófitos crecen y mejoran las condiciones ambientales de estos sitios debido a que forman suelo que incrementa el contenido

de nutrientes y generan sombra que disminuye las temperaturas superficiales. Estas modificaciones ambientales permiten que otras especies de plantas menos tolerantes al estrés puedan establecerse en estos sitios. Por lo tanto, las plantas con endófitos pueden contribuir a incrementar el número de especies de plantas que habitan en una región determinada. Además de tener un papel significativo en el funcionamiento de las regiones áridas y semiáridas, las plantas con endófitos también pueden ser usadas para restaurar sitios degradados por la desertificación. En general, la desertificación es un problema ambiental de las regiones áridas y semiáridas, en el que la vegetación original es desmontada para crear campos de cultivo o pastizales. El desmonte de la vegetación provoca que el suelo quede expuesto a la acción de la lluvia y el viento, los cuales promueven la pérdida del suelo por erosión. Esta pérdida del suelo además puede acelerarse por el cambio climático global que aumenta la frecuencia de las lluvias torrenciales. Los sitios





© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.

desertificados tienen suelos erosionados con bajo contenido de nutrientes y materia orgánica, así como baja disponibilidad de agua, por lo que su vegetación es escasa o inexistente. Debido a estas características, las plantas con endófitos pueden ser una buena opción para restaurar estos sitios. Las plantas con endófitos capaces de fijar nitrógeno pueden sembrarse en sitios pobres en nutrientes. Además, los esquejes de algunas plantas pueden ser inoculados con endófitos para estimular la formación de raíces y, posteriormente, ser introducidos en sitios desertificados. Por lo tanto, las plantas con endófitos pueden incrementar la vegetación de los sitios desertificados, contribuyendo así a proteger el suelo y disminuir su erosión.

En conclusión, los estudios realizados hasta el momento muestran que algunas plantas de las regiones áridas y semiáridas están asociadas con bacterias y hongos endófitos que incrementan su supervivencia y crecimiento, permitiéndoles soportar el estrés ambiental de estos ecosistemas. Las plantas con endófitos pueden tener un papel significativo en el funcionamiento de estos ecosistemas y ser usadas para su restauración. En el futuro, los estudios que se realicen con otras especies de plantas contribuirán a incrementar el conocimiento de los endófitos y sus efectos sobre la supervivencia de las plantas de estas regiones.

REFERENCIAS

- De-Bashan LE, Hernández JP y Bashan Y (2013). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal como componentes en el mejoramiento ambiental. En: García de Salamone IE, Vázquez S, Penna C, Casán F (Eds.), *Rizósfera, biodiversidad y agricultura sustentable* (pp. 261-286). Asociación Argentina de Microbiología, Argentina.
- Leite LJV, Weber OM, Correia D, Soares MA and Alves SJ (2015). Endophytic bacteria in cacti native to a Brazilian semi-arid region. *Plant and Soil* 389: 25-33.
- López BR, Bashan Y and Bacilio M (2011). Endophytic bacteria of *Mammillaria fraileana*, an endemic rock-colonizing cactus of the southern Sonoran Desert. *Archives of Microbiology* 193: 527-541.
- López BR, Tinoco-Ojanguren C, Bacilio, M, Mendoza A and Bashan Y (2012). Endophytic bacteria of the rock-dwelling cactus *Mammillaria fraileana* affect plant growth and mobilization of elements from rock. *Environmental and Experimental Botany* 81: 26-36.
- Lucero ME, Barrow JR, Osuna P and Reyes I (2006). Plant-fungal interactions in arid and semi-arid ecosystems: Large-scale impacts from microscale processes. *Journal of Arid Environments* 65: 276-284.
- Puente ME, Li CY and Bashan Y (2009a). Rock-degrading endophytic bacteria in cacti. *Environmental and Experimental Botany* 66: 389-401.
- Puente ME, Li CY and Bashan Y (2009b). Endophytic bacteria in cacti seeds can improve the development of cactus seedlings. *Environmental and Experimental Botany* 66: 402-408.

Héctor Godínez Álvarez
Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO)
Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM
hgodinez@campus.iztacala.unam.mx



© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.