

# Importancia de las micorrizas como estrategia de restauración en la duna costera de Yucatán

Patricia Guadarrama<sup>1</sup>, José Alberto Ramos-Zapata<sup>2</sup>

## Introducción

**E**n México, las playas no solamente proveen servicios ecosistémicos de apoyo al proporcionar espacios para la anidación de tortugas marinas y hábitat de muchos otros organismos, sino también proveen servicios ecosistémicos culturales por su belleza y ubicación para actividades de recreación y turismo.

Estos últimos servicios las han convertido en punto clave de urbanización acelerada, lo que ha ocasionado pérdida de hábitat esencial para muchas especies. Las playas son un factor turístico importante que beneficia a la economía regional y local. En 2015, la tasa de crecimiento del turismo internacional en México fue de 6.74% (por arriba de la media mundial) y este sector captó alrededor de 17 millones de dólares en divisas. De acuerdo con la Organización Mundial de Turismo, el turismo en México aportó 14% del producto interno bruto, lo que ubica a México en la décima posición entre los países que reciben más turistas internacionales de acuerdo con SECTUR (<https://www.gob.mx/sectur/acciones-y-programas/agendas-turisticas-nauticas-golfo-mar-caribe-y-pacifico-mexicano>). A pesar de esto, el sector turístico ha sufrido altibajos debido principalmente al deterioro ambiental que en consecuencia afecta de manera directa a las playas.

Las playas son ecosistemas dinámicos cuya interacción comienza donde llegan las olas del mar y continúa hacia la duna costera. Ésta última acumula grandes cantidades de arena, la cual es retenida y consolidada por la vegetación que crece sobre ella. La duna costera, con su cubierta vegetal, funcionan como un escudo protector para retener la arena en la playa y evitar la erosión eólica y así moderar el efecto de eventos hidrometeorológicos extremos, como las tormentas tropicales y los huracanes, proporcionando de esta forma servicios ecosistémicos de regulación. Las dunas, al ser un

sistema dinámico, se recuperan poco tiempo después del impacto de algún disturbio debido a que la arena puede ser reemplazada por procesos eólicos o por corrientes marinas. En la duna costera, las plantas pueden sobrevivir al enterramiento y además llegan semillas y progámulos de plantas que son transportadas por agua y viento, o bien son desenterradas de la arena. Pero ¿Qué ocurre cuando la duna costera es removida para el desarrollo urbano y construcción de casas? Al eliminar esta barrera o escudo de la playa, el impacto de las tormentas y los huracanes puede alterar las condiciones costeras y consecuentemente ocasionar inundaciones y afectar el desarrollo urbano costero. Por lo tanto, es necesario identificar los componentes de las dunas costeras, como es la vegetación y su fauna asociada, para evitar su remoción y de esta manera permitir que la conservación biológica coadyuve en un mejor manejo de recursos. El objetivo de este trabajo es presentar un panorama general sobre la importancia de los hongos micorrizógenos, como un elemento importante en las acciones de restauración ecológica en la duna costera, y destacar el papel fundamental de estos microorganismos en el crecimiento, supervivencia y reproducción de la vegetación costera de Yucatán.

### **Importancia de la duna costera y su vegetación**

En la península de Yucatán, la duna costera perdió 20% de su área (43 km<sup>2</sup>) en el año 2000. En Yucatán, se estima que en la duna se eliminó la mitad de la cobertura original de vegetación debido a la fragmentación del hábitat para uso agropecuario, urbano (e.g., establecimiento de casas de veraneo, hoteles, carreteras) y establecimiento de puertos industriales. La vegetación en la duna costera proporciona diferentes servicios ecosistémicos, o ambientales al ser humano como son: (1) proveer una barrera de protección contra vientos y mareas, (2) formar suelo por acumulación de arena en raíces y la descomposición de la hojarasca, (3) capturar la salinidad de la brisa marina, (4) alojar a la fauna residente y migratoria, y (5) permitir esparcimiento al público por apreciación de su belleza.

La vegetación en la duna costera soporta condiciones de alta temperatura, baja concentración de nutrimentos, poca agua dulce y alta salinidad, y debido a estos factores la duna costera en Yucatán se divide en dos zonas: (1) la zona de plantas pioneras, ubicada cerca del mar y caracterizada por tener escaso número de especies que principalmente son rastreras y herbáceas, y (2) la zona de plantas de matorral, con mayor riqueza de especies

y que son de tipo arbustivo y arbóreo principalmente con algunas especies endémicas, es decir, sólo se encuentran en esta zona. El suelo donde crece esta vegetación se compone de conchas erosionadas por las olas y el viento, y también por restos orgánicos que arrastran la marea y hojarasca de las plantas ya establecidas. La duna costera sirve de área de desove de tortugas marinas, sitio de paso y descanso para aves migratorias y constituye un ambiente propicio para el desarrollo de proyectos ecoturísticos que permiten apreciar la belleza natural a través de actividades de bajo impacto y del fomento de acciones de conservación biológica a través de la educación ambiental.

### **Interacción de las especies en la duna costera**

Las condiciones del ecosistema donde crecen las plantas colonizadoras de la duna costera cerca del mar (e.g., arena, brisa marina y fuerte insolación) son muy distintas a aquellas del ecosistema lejanos al mar donde las plantas son arbustivas y arbóreas. Las plantas colonizadoras son rastreras, o en forma de arbustos de baja estatura (de 50cm a 3m), ya que se ven sujetas a condiciones muy extremas que les impiden crecer con mayor porte. Para soportar estas condiciones, las plantas establecen interacciones con otras especies y superan condiciones extremas de manera adecuada. Las plantas en la duna costera se asocian a microorganismos del suelo que les ayudan a recolectar los escasos nutrientes y agua que caracterizan estos ambientes arenosos.

La interacción entre especies que permite beneficios mutuos se conoce como mutualismo. Uno de los ejemplos clásicos de mutualismo es sin duda la relación de las plantas con flores y sus polinizadores, donde las plantas reciben a los polinizadores (e.g., abejas, aves y murciélagos) en busca de néctar o polen para alimentarse y a cambio las plantas son polinizadas. En este sentido, un mutualismo existe también entre los animales frugívoros que contribuyen de forma muy importante en la dispersión de semillas a través de sus heces fecales. Existen interacciones mutualistas menos conocidas como aquellas entre las plantas y los microorganismos del suelo, por ejemplo con bacterias del género *Rhizobium* que forman nódulos en las raíces de leguminosas (como el frijol de playa *Canavalia rosea*) y que son capaces de tomar el nitrógeno atmosférico y transferirlo hacia la planta. Otra interacción mutualista entre las raíces de las plantas y microorganismos del suelo es la establecida entre hongos micorrícicos y la mayoría de las plantas terrestres, que

pueden ayudar a las plantas incrementando la toma de nutrientes del suelo y la captura de agua, así como protegerlas contra algunos patógenos.

En las plantas de la duna costera, los hongos micorrícicos del suelo ayudan a resistir altas concentración de sales y contribuyen también a la formación de suelo. El hongo, por otra parte, obtiene azúcares que la planta produce por fotosíntesis. De esta manera, tanto la planta como el hongo se benefician. A esta relación entre plantas y hongos del suelo se le conoce como **micorriza**, y se encuentra en casi todos los ambientes. Existen diferentes tipos de micorriza pero en la duna costera, así como en las zonas tropicales, la más abundante es la micorriza arbuscular. Esta micorriza es formada en las raíces de las plantas por hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) del Phylum *Glomeromycota* que no solo benefician a la planta sino también benefician al ambiente, ya que los HMA son promotores de formación de suelo. En el caso particular de la duna costera, los HMA ayudan a las plantas a mantenerse en condiciones de estrés y promover su crecimiento durante la restauración ambiental.

## Las prácticas de restauración costera

La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER, por sus siglas en inglés) define la restauración como la acción de “asistir a la recuperación de ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos”. Cabe resaltar que por medio de la restauración o rehabilitación se mejorara la estructura y el funcionamiento natural de un ecosistema dado, y puede notarse al mismo tiempo un mejoramiento social y económico de las comunidades humanas aledañas. En un momento dado, una de las primeras acciones para lograr la recuperación de un ecosistema es la eliminación de los factores adversos. Para eliminar estos factores en un ecosistema y lograr la restauración, se debe tener en cuenta el sistema socio-ecológico en su conjunto. De esta forma, no solamente es importante conseguir la mejora biológica del ecosistema sino también el beneficio para las poblaciones aledañas, mediante la concientización y la aplicación de instrumentos políticas públicas que den sustento legal a las acciones llevadas a cabo. Por ello, es importante al plantear una estrategia de restauración ambiental, considerar las siguientes acciones: organizar reuniones con las autoridades y pobladores, realizar campañas de limpieza y llevar a cabo talleres de concientización, así como difundir las acciones por medios impresos y digitales. Posteriormente, podrá llevarse a cabo el plan de restauración, considerando involucrar a

los pobladores a través de la contratación, pago de jornales, etc., para que las probabilidades de éxito puedan ser mayores.

Se han definido dos tipos de restauración ambiental:

1) Restauración Pasiva, que implica detener la fuente de disturbio. Se recomienda cuando el área es alejada, de difícil acceso y hay fuentes de propágulos. Una de las primeras acciones incluiría cercar la zona, con ello se pretende generar las condiciones para que la regeneración natural, es decir la sucesión vegetal natural, se lleve a cabo. Requiere bajo presupuesto, pero es necesario realizar un monitoreo continuo para evitar la llegada de especies invasoras, entre otras cosas.

2) Restauración Activa, que implica dar "asistencia" a la regeneración natural a través de técnicas que "aceleran" el proceso de sucesión. Por ello, después de eliminar la causa de disturbio, es necesario considerar la siembra de semillas y/o plántulas, la colocación de perchas artificiales (donde las aves descansan) y madrigueras para que las aves, por un lado, y los pequeños mamíferos ayuden a la dispersión. Se debe realizar también un monitoreo constante y la eliminación, si hay, de plantas invasoras.

### **Rehabilitación de la vegetación de duna costera con hongos micorrizógenos arbusculares (HMA)**

La interacción entre hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) y las plantas confiere ventajas a éstas por lo que pueden superar las condiciones ambientales extremas en la duna costera. La rehabilitación de vegetación de duna costera puede conseguirse al agregar los HMA en plantas jóvenes o plántulas germinadas en invernadero. Entre las ventajas de este procedimiento está el aumento al crecimiento y tolerancia ante la sequía de las plantas germinadas en invernadero. Este procedimiento asegura que la planta obtenga de manera eficiente tanto nutrientes como agua, resista al ataque de patógenos y existan mayores posibilidades de que éstas se establezcan exitosamente en comparación con plantas que no tienen HMA en sus raíces.



Figura 1. Delimitación de los sitios de restauración ambiental en la duna costera de Sisal, Yucatán.

El uso de los HMA en restauración de plantas es aconsejable y se puede lograr llevando a cabo los siguientes pasos:

- a) **Propagación de HMA.** Obtener una fuente de propágulos de HMA recolectando suelo en zonas conservadas, a 20 cm de profundidad, sin dañar a las plantas y cubriendo de nuevo el sitio recolectado. La porción de suelo recolectado se deposita en neveras de 20 L o más de capacidad, hasta su uso en el invernadero. Colocar el suelo en macetas y sembrar semillas de sorgo, cebolla, pasto, entre otras. Regar constantemente.
- b) **Colecta de propágulos vegetales.** Recolectar semillas de especies de plantas de duna costera, germinarlas directamente en el suelo y mantenerlas en invernadero por seis meses. Se recomienda identificar taxonómicamente las plantas y revisar la bibliografía pertinente sobre los métodos empleados en para romper la latencia, entre los más sencillos se incluye remojar las semillas en agua por 24 horas o dejarlas un par de horas en ácido clorhídrico al 3%. También se pueden tomar esquejes, es decir módulos (ramas entre los nudos) de las especies que tienen crecimiento vegetativo, se introducen unas horas en algún enraizante y se siembran en macetas.

- c) **Evaluación de HMA.** Evaluar el número de esporas de HMA después seis meses. Colectar una muestra del suelo propagado y colocarlo en una caja de Petri, observarla en estereoscopio y separar las esporas. Se considera que 40 esporas por gramo de suelo es una densidad apropiada.
- d) **Inoculación y colonización de plantas.** Colocar las plantas obtenidas, por germinación o por esquejes, en bolsas con suelo con al menos 50 g del inóculo (con HMA) preparado. Después de dos meses en invernadero, al menos, se puede evaluar si las raíces tienen los HMA. La técnica para validar esto se puede encontrar en manuales como el de Álvarez y Monroy (2008).
- e) **Siembra en campo y monitoreo.** Introducir las plantas al campo una vez validado que éstas tienen HMA en sus raíces. Evaluar periódicamente la supervivencia, establecimiento y crecimiento de las plantas. Se recomienda estimar estas medidas mensualmente, si es posible.

El éxito en la restauración de las plantas no se mide únicamente con el establecimiento y crecimiento de las plantas. Sin embargo, es una manera de favorecer la retención de sustrato y humedad lo que permitirá la llegada de las plantas cuyas semillas pueden viajar al sitio por medio del viento o por transporte de animales. Esto promueve que la fauna regrese al sitio y se establezcan las interacciones biológicas que ayuden a recuperar los servicios ambientales que ofrece la vegetación de duna costera



Figura 2. Germinación de semillas en invernadero de la UMDI Sisal, Facultad de Ciencias, UNAM, para restauración de la duna costera.

La rehabilitación de las plantas en la duna costera se logra de manera exitosa considerando los siguientes componentes: la supervivencia de las plántulas inoculadas con HMA y sembradas en el campo, la llegada de otras especies vegetales que forman parte de la duna costera, el control de vegetación invasora y la recuperación de las interacciones bióticas. En consecuencia, es recomendable considerar las especies vegetales nativas tolerantes a condiciones climáticas y ambientales estresantes y los HMA que les proporcionen beneficios relacionados con la adquisición de nutrientes y agua.



Figura 3. Actividades relacionadas con el proyecto de restauración de la duna costera de Sisal, Yucatán UNAM, Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera ([www.lanresc.mx](http://www.lanresc.mx)), “Reciclando dunas”: <https://www.reciclandodunas.org/>

El éxito de un programa de restauración en el ecosistema de duna costera requiere también de la aceptación y participación del público. Por ello, es importante y necesario informar a la población local sobre las características e importancia de la duna y su vegetación, así como sus servicios ecosistémicos o ambientales que ofrece. También, es necesario difundir las labores de restauración que se realizan y sus alcances a corto y mediano plazo, así como los beneficios económicos que podrán obtenerse sin hacer daño al ecosistema con un uso sustentable y trabajo comunitario a través de la educación ambiental.

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecología y Manejo de Costas y Mares, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM. Puerto de Abrigo s/n C.P. 97356, Sisal, Hunucmá, Yucatán. [pguadarrama@ciencias.unam.mx](mailto:pguadarrama@ciencias.unam.mx), <sup>2</sup>Departamento de Ecología Tropical, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Km. 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil, A.P.,116, C.P. 97315, Mérida, Yucatán, México.

Guadarrama P, Ramos-Zapata J. 2020. Importancia de las micorrizas como estrategia de restauración en la duna costera de Yucatán. *Bioagrociencias* 13(2): 38-47.

## Literatura citada

- Alarcon, C. G. Cuenca. 2005 Arbuscular mycorrhizas in coastal sand dunes of the Paraguana Peninsula, Venezuela. *Mycorrhiza* 16:1-9.
- Álvarez Sánchez J y A. Monroy (Compiladores). 2008. Técnicas de estudio de las Asociaciones micorrízicas y sus implicaciones en la restauración. Las Prensas de Ciencias, UNAM. (ISBN 978-970-32-5527-6). 232p.
- Espejel, I. 1984. La vegetación de las dunas costeras de la península de Yucatán. I. Análisis florístico del estado de Yucatán. *Biótica*, 9(2), 183-210.
- Guadarrama P., J.A. Ramos-Zapata, L. Salinas-Peba, L. Hernández-Cuevas, S. Castillo. 2012. La vegetación de dunas costeras y su interacción micorrícica en Sisal, Yucatán: una propuesta de restauración. En: Recursos acuáticos y costeros del Sureste. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, Yucatán.

- Koske R. E., J.N.Gemma, L. Corkidi, C. Sigüenza, E. Rincón. 2004. Arbuscular mycorrhizas in coastal dunes. En: Coastal dunes, ecology and conservation. Ecological Studies 171:173–187.
- Moreno-Casasola P. 2006. Playas y Dunas. En: Estrategias para el Manejo Costero. Instituto de Ecología, Gobierno de Veracruz
- Ramos-Zapata J.A., R. Zapata-Trujillo, J.J. Ortiz-Díaz, P. Guadarrama. 2011. Arbuscular mycorrhizas in a tropical coastal dune system in Yucatan, Mexico. Fungal Ecology 4(4) 256-261.
- Seingier G., I. Espejel, J.L. Fermán. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. Investigación Ambiental 1:54-69.
- Vega de Soeane, J.B. Gallego Fernández, C. P Vidal. 2007. Manual de restauración de dunas costeras. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Costas, Cantabria, España. 258p.