

ACTIVIDAD MICORRÍZICA EN RAÍCES DE *Roystonea oleracea* EN EL HUMEDAL RAMSAR ISLA SANTAY, ECUADOR

Mycorrhizal activity in *Roystonea oleracea* roots in the
Ramsar humedal Santay Island, Ecuador

Joselyn Bernardino Piguave¹ y José Hernández Rosas^{2,3*}

¹Escuela de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, 090104, Guayaquil, Ecuador. ²Escuela de Agronomía, Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza, Universidad Tecnológica ECOTEC, 092302, Samborondón, Ecuador. ³Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, 1010A, Caracas, Venezuela. * johernandezr@ecotec.edu.ec

RESUMEN

En el funcionamiento de una comunidad de plantas son fundamentales las micorrizas, hongos simbióticos, que pueden contribuir con la recuperación de zonas alteradas y en restauración. Isla Santay es considerada como Área Nacional de Recreación y humedal Ramsar. Después del término de una fuerte intervención antrópica en los años 60, se han desarrollado varias comunidades vegetales, algunas con una importante presencia de especies exóticas como *Roystonea oleracea* (Jacq.) O. F. Cook. La presencia de esta palma en la isla, como una planta potencialmente invasora, propició la evaluación de algunos de sus atributos, entre los cuales la actividad micorrízica presente en sus raíces es aquí presentada. En un área con alta densidad de la palma, se colectaron 80 muestras de raicillas a una profundidad de 20 cm de suelo, 20 muestras por cada una de las cuatro clases de altura diferenciadas, considerando las dos clases de mayor altura como palmas adultas y las dos de menor altura como juveniles. Se determinó que todas las clases de altura de la palma *R. oleracea* presentan en sus raicillas actividad micorrízica, y que el mayor porcentaje de colonización micorrízica se registró en la tercera y cuarta clase de altura con 28.38% y 28.11% respectivamente. No se obtuvo diferencias significativas entre los %CM de las clases de altura de la palma a través de la prueba Kruskal Wallis, generando un valor crítico $p > 0,101$; mayor al nivel de significancia de 0.05.

Palabras clave: Clase de altura, evaluación, exótica, invasora.

Keywords: Height class, evaluation, exotic, invasive.

INTRODUCCIÓN

En la flora de Ecuador, aproximadamente entre el 10 y 15% de las especies se pueden considerar como introducidas, las cuales pueden estar presentes en áreas protegidas, como el Área Nacional Recreacional isla Santay y El Gallo. En esta área, hoy protegida, anteriormente se realizaban actividades productivas, durante las cuales fueron introducidas especies exóticas, entre ellas la palma imperial, *Roystonea oleracea*, considerada en varios humedales de Centro y Sur América como una especie invasora y naturalizada (Henderson *y col.*, 1995; Svenning, 2002; Nascimiento *y col.*, 2013; Herrera *y col.*, 2017; Herrera *y col.*, 2018).

Zucaratto y Pires (2014), señalaron que, en humedales de Brasil, esta palma, podría interferir en la repoblación de humedales por plantas nativas, disminuyendo la riqueza de especies. Las invasiones biológicas son consideradas la segunda causa de pérdida de biodiversidad y uno de los cinco principales motores de cambio (Svenning, 2002; Aguirre y Mendoza, 2009). Según Ayala *y col.* (2016), en diferentes sectores de isla Santay se presenta un importante aumento poblacional de la palma imperial, generando cuestionamiento acerca de las causas que estimulan esta respuesta, siendo potencialmente una de ellas las relaciones simbióticas entre las raíces de estas palmas y hongos micorrizicos arbusculares (Pringle *y col.*, 2009; Silva *y col.*, 2023). Los hongos micorrizicos arbusculares, cumplen un papel importante tanto en el desarrollo y establecimiento de comunidades vegetales, como en la conservación de la biodiversidad. Dependiendo de las características del humedal y de las especies existentes, la simbiosis micorrizica produce resultados diferentes (Kuhar *y col.*, 2013).

El objetivo del presente trabajo fue analizar la actividad micorrizica en raíces de *Roystonea oleracea* en la isla Santay, obtenidas por Bernardino (2021), estableciendo la posible importancia de esta relación simbiótica en la presencia de esta especie invasora en el humedal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Las muestras se colectaron en un área con alta densidad de la palma imperial, con más de 120ind/ha (Herrera *y col.*, 2017), próxima al sendero Huaquillas del Área Nacional de Recreación isla Santay y El Gallo (02°13'31" S 79°52'2" E), ubicada a 850 m al oeste de Guayaquil y 720 m al este de Durán, en el Delta del Río Guayas (MAE, 2008) (Figura 1).

Trabajo de campo y laboratorio. Se colectaron al azar muestras de raíces con su pan de tierra de 10 individuos diferentes por cada una de las 4 clases de altura identificadas como clases jóvenes: 0-1.5 m, 1.5 -3 m y clases adultas: 3 -15 m y de más de 15 m, para un total de 40 muestras. Una vez en el laboratorio, se seleccionaron las raicillas más finas y se separaron 20 fragmentos de 1 cm de longitud de cada una de las muestras. Seguidamente, se aplicó el método de clareo y tinción a las raicillas de la palma de Phillips y Hayman (1970), dejando visibles las infestaciones por micorrizas arbusculares, las cuales fueron observadas con microscopio de luz con la finalidad de fotografiar la presencia de micorrizas. Posteriormente, utilizando el método de intersección de cuadrante para la cuantificación relativa de la presencia de micorrizas (Giovannetti y Mosse, 1980; Moreira *y col.* 2012), con una rejilla de 10 cm², seccionada en 100 celdas, se determinó el número de intersecciones que presentan los 20 segmentos de raicillas de cada muestra, infestadas y no infestadas con

micorrizas, obteniendo el Porcentaje de Colonización Micorrizica (%CM)

$$\%CM = \left(\frac{NIM}{NTI} \right) 100$$

Dónde: *NIM*: Número de intersecciones con raíces micorrizadas; *NTI*: Número total de intersecciones con raíces.

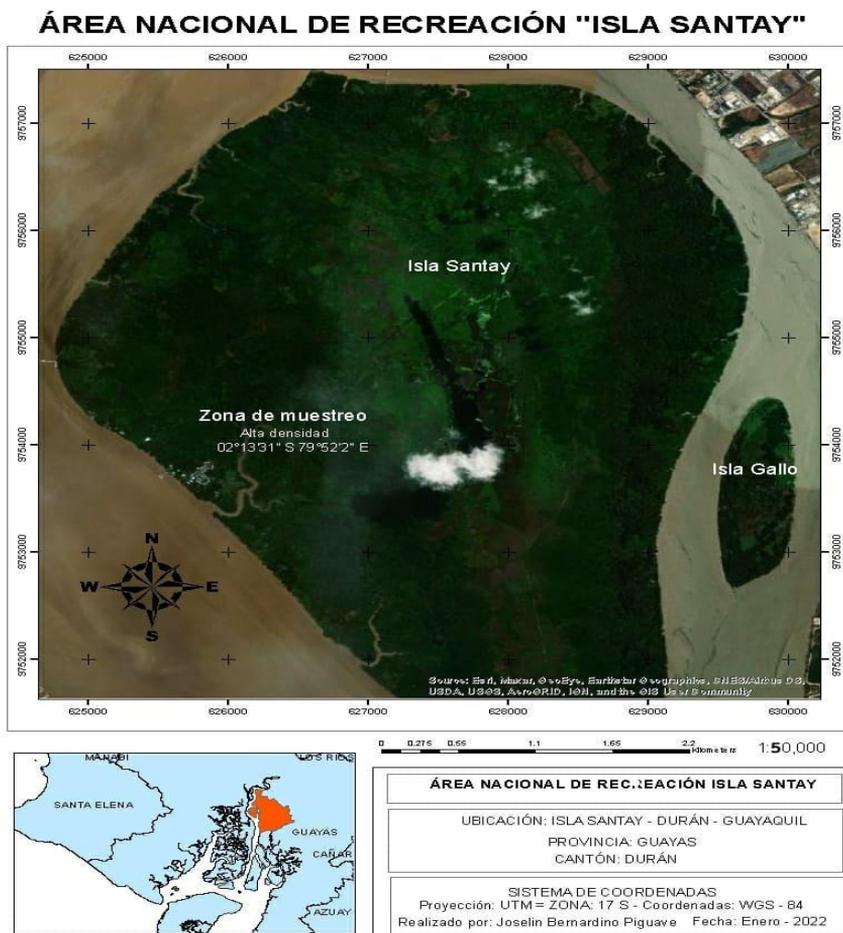


Figura 1. Área Nacional Recreacional Isla Santay y El Gallo (Bernardino, 2021).

Se compararon los %CM de las diferentes clases, utilizando la prueba no paramétrica Kruskal Wallis (Quispe *y col.* 2019), para dos o más variables independientes, con ayuda del software Infostat (Di Rienzo *y col.*, 2020).

RESULTADOS

La presencia de infestación de las raicillas por colonización de hongos simbióticos de las diferentes clases de altura de la palma imperial se muestra en las imágenes de la Figuras 2. En las Figuras 2A y 2C se muestra la imagen con 10X de aumento y, en las Figuras 2B y 2D se exhiben las imágenes con 40X de aumento, visualizando las estructuras micorrízicas arbusculares en las raicillas de la especie para la 1ra y 2da clases de altura respectivamente. En las Figuras 2E y 2G, se visualizan estructuras micorrízicas con 10X de aumento y en las Figuras 2F y 2H se exhibe con 40X de aumento, para la 3ra (3 – 15 m de altura) y 4ta (>15 m de altura) clases de altura respectivamente.

En la Tabla 1 se presentan los %CM promedio de las raicillas de los grupos de individuos por clase de altura de la palma. El promedio del %CM en las raicillas de los diez individuos de palmas de la primera clase de altura (0 - 1.5 m) es de 17.12%, mientras que, para palmas de la segunda clase de altura (1.5 - 3 m) poseen un 25.48% de colonización micorrízica en sus raicillas. El promedio del %CM en las raicillas de la tercera clase de altura de palmas (3 -15 m) es de 28.38%, y por último, en las raicillas de la cuarta clase de altura (> 15 m) el promedio de %CM fue 28.11%.

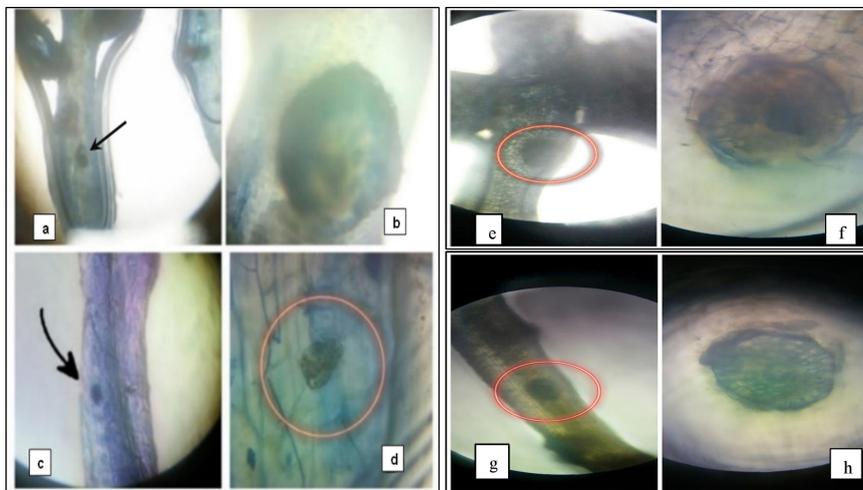


Figura 2. Presencia de colonización micorrízica en raicillas de palmas de las diferentes clases de altura en isla Santay: 1ra clase de altura (0 -1.5 m) con aumento de 10X (A) y 40X (B); 2da clase de altura (1.5 - 3 m); con aumento de 10X (C) y 40X (D), 3ra clase de edad (3-15 m) con aumento de 10X (E) y 40X (F); 4ta clase de edad (>15); con aumento de 10X (G) y 40X (H). (Bernardino, 2021).

Tabla 1. Promedio total de la Colonización Micorrizica (%CM) en raicillas de todas las clases de altura de la palma de la isla Santay.

Clases de Altura	%CM por clase de altura	% CM total de las clases de altura jóvenes y adultas	% CM total de la palma en la zona de estudio
Primera clase (0-1.5)	17.12	21.30	24.78
Segunda clase (1.5-3 m)	25.48		
Tercera clase (3 -15 m)	28.38		
Cuarta clase (>15 m)	28.11	28.25	

Tabla 2. Análisis estadístico inferencial del %CM en todas las clases de edades de la palma en la isla Santay.

Clases de Altura	Media	Desviación Estándar	Mediana	Promedio rangos	gl	C	H	p
Primera (0 - 1.5 m)	17.69	4.20	18.04	14.50	3	1	6.24	0.101
Segunda (1.5 - 3 m)	25.48	5.04	17.22	18.00				
Tercera (3 -15 m)	28.79	5.36	27.06	26.60				
Cuarta (>15 m)	28.11	5.30	28.64	22.90				

(gl) Grados de libertad, © Factor de correlación en caso de que existan empates, (H) el estadístico de la prueba y (p) el valor crítico asociado (Bernardino, 2021).

Aparentemente, hay un incremento sostenido en el %CM en las tres primeras clases, el cual parece disminuir en la última clase de altura correspondiente a las palmas ya desarrolladas y activas reproductivamente (Tabla 1). Agrupando los valores desde la primera hasta la segunda clase de altura, resultó que las raicillas poseen el 21.30% de CM, que fue menor en comparación % CM de las raicillas de las palmas de las mayores clases de altura (individuos adultos) con el 28.25%. El porcentaje entre todas las clases de altura en promedio fue de 24.78 %CM. Al comparar los de las raicillas de individuos entre las cuatro clases de altura, aplicando el análisis no paramétrico Kruskal Wallis (Tabla 2), se obtuvo un valor no significativo ($p=0.1$), indicando que no existen diferencias significativas entre los %CM entre las clases de palmas consideradas.

DISCUSIÓN

Dreyer (2016) indicó que sólo se han realizados estudios de micorrización, en aproximadamente 32 (1,2 %) de las 2600 especies de las palmas (Arecaceae). En la literatura consultada no se encontró reporte previo de la presencia de micorrizas arbusculares en raíces de *R. oleracea* de 24,78% CM, que crece en isla Santay, cuyos suelos presentan menores contenidos de fósforo (4,8-5,8 mg/kg de suelo, Vera, 2022). Dicho valor resultó comparativamente menor al obtenido en la palma *Cocos nucifera* ubicadas en zonas costeras en cultivos mixtos y suelos no inundados (Ek Chim, 2019) (Tabla 3), y mayor al obtenido en *Euterpe oleracea* situada en suelos con alta concentración de fósforo (13.1-20.5 mg/kg), por su proximidad a cultivos de arroz en Colombia (Montenegro y col., 2020)

(Tabla 3). Por su parte, en la palma aceitera en Ecuador, varios autores (Maldonado *y col.*, 2008; López-Ulloa y Montalvo Orrico, 2019), hallaron %CM superiores a los encontrados en *R. oleracea* en isla Santay (Tabla 3).

El %CM obtenido en las raicillas de *R. oleracea* (24,78%), es inferior a los obtenidos por Rodríguez-Rodríguez *y col.* (2014), en humedales de la Reserva de Biosfera Ciénaga de Zapata, Cuba, en las especies arbóreas *Bucida palustris* y *Lysiloma latisiliquum* (Tabla 3). En especies trepadoras (bejuco) (Bermeo *y col.*, 2022) y arbóreas (Sierra, 2021) en la misma área experimental en el humedal Ramsar Isla Santay, los valores de % CM fueron igualmente mayores a los obtenidos en *R. oleracea* (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje micorrízico en especies de plantas en varios ecosistemas reportados en la literatura.

Especie	%CM	Lugar	Autor
<i>Bucida palustris</i> (árbol)	>90,00	Reserva de Biosfera Ciénaga de Zapata, Cuba	Rodríguez-Rodríguez <i>y col.</i> (2014)
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (árbol)			
<i>Cocos nucifera</i> (palma)	76,00	San Crisanto-plantación. Península Yucatán	
<i>Cocos nucifera</i>	72,70	San Crisanto-duna. Península Yucatán	
<i>Cocos nucifera</i>	74,50	Celestún-duna. Península Yucatán	Ek Chim (2019)
<i>Cocos nucifera</i>	70,30	Celestún-ciénaga. Península Yucatán	
<i>Cocos nucifera</i>	70,00	Cuyo-duna. Península Yucatán	
<i>Cocos nucifera</i>	65,00	Chicxulub. Península Yucatán	
<i>Euterpe oleracea</i> (palma)	10,00-4,00	Próximas a cultivo de arroz, en suelos ricos en fósforo. Colombia	Montenegro <i>y col.</i> (2020)
<i>Elaeis guineensis</i> (palma)	48,35		
<i>Elaeis americana</i>	38,95	Quinindé, Ecuador	Maldonado <i>y col.</i> (2008)
<i>Elaeis oleífera</i>	57,17		
<i>Roystonea regia</i>	50,00		
<i>Elaeis guineensis</i>	>60,00	La Concordia, Ecuador	López-Ulloa y Montalvo Orrico (2019)
<i>Entada polystachya</i> (bejuco)	55,28		
<i>Ipomea carnea</i> (arbusto)	42,55	Plantas trepadoras en áreas con presencia de <i>Roystonea oleracea</i> , isla Santay, Ecuador	Bermeo <i>y col.</i> (2022)
<i>Paullinia pinnata</i> (bejuco)	49,08		
<i>Funastrum clausum</i> (bejuco)	29,57		
<i>Avicennia germinans</i> (árbol)	73,46		
<i>Erythrina fusca</i> (árbol)	54,67	Árboles en áreas con presencia de <i>Roystonea oleracea</i> , isla Santay, Ecuador	Sierra (2021)
<i>Guazuma ulmifolia</i> (árbol)	27,99		
<i>Triplaris cumingiana</i> (árbol)	68,61		
<i>Roystonea oleracea</i>	24,78	Promedio de cuatro clases de altura de esta palma, isla Santay, Ecuador	Este Trabajo

Monroy-Ata y Ramírez-Saldivar (2018), evaluaron la relación entre la sucesión ecológica vegetal y hongos micorrízicos arbusculares en un matorral xerófilo, y no encuentran diferencias en los % CM obtenidos en las diferentes fases de ambas comunidades, indicando la presencia de una comunidad de hongos micorrízicos arbusculares única desde las fases tempranas de sucesión.

Según Shah *y col.* (2009), muchos estudios sugieren la influencia de los hongos micorrizas arbusculares en la invasividad de las plantas, al facilitar el dominio competitivo de las plantas exóticas sobre las especies nativas (retroalimentación positiva), sin embargo, algunos estudios indican lo contrario y muestran que las micorrizas arbusculares puede contribuir a la coexistencia de especies de plantas competidoras (Van der Putten 2010).

Yu *y col.* (2005), indicaron como un nuevo mecanismo de éxito para una planta invasora, la inhibición de la restauración de la vegetación nativa, cambiando la comunidad microbiana del suelo invadido. Así mismo, Rodríguez-Echeverría (2009), indicó que las interacciones establecidas entre las plantas no nativas y el suelo invadido pueden dar lugar a procesos de retroalimentación positivos que refuerzan la invasión y limitan la resistencia y resiliencia a la invasión del ecosistema afectado.

Ravichandran y Thangavelu (2017), señalaron la necesidad de realizar estudios de campo intensivos que permitan aclarar la relación entre microorganismos del suelo como las micorrizas y plantas nativas e invasoras, antes y después de la invasión, analizando los pro y los contra de los potenciales cambios en la microbiota del suelo provocados por las plantas invasoras, pero también se debe considerar las diferencias en entre la comunidad de microorganismos de la rizósfera de las plantas invasoras su región nativa y la región exótica.

En nuestro caso, se requieren estudios futuros, que permitan comprender la transición de las asociaciones de micorrizas, a lo largo del continuo introducción-establecimiento-naturalización-invasión, concentrándose en los factores que regulan el proceso de invasión, comprendiendo que la condición de humedal ya favorece el establecimiento y desarrollo de esta especie (Howard 1999), además de encontrarse en condiciones ambientales similares a las de su hábitat nativo.

CONCLUSIONES

Este trabajo constituye el primer reporte de la presencia de actividad micorrízica en raicillas de la palma *Roystonea oleracea* como especie exótica con un gran potencial de invadir humedales tropicales. Los porcentajes de la colonización micorrízica obtenidos en las cuatro clases de altura de *R. oleracea*, que variaron entre 17.12% y 28.38%, pero no se diferencian significativamente ($p=0,101$). Estos resultados sugieren que la presencia de micorrizas arbusculares en la rizósfera tanto de especies nativas como de *R. oleracea* en isla Santay, probablemente contribuya a su coexistencia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del Proyecto de Investigación: Atributos ecológicos e impactos de la palma imperial (*Roystonea oleracea*) en el humedal Ramsar de la isla Santay”, financiado por la Universidad Agraria del Ecuador, según Resolución No. 411-2018, de fecha 15/08/2018. Agradecemos el apoyo del personal del MAE del Área Nacional de Recreación isla Santay y de los estudiantes participantes.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, A., R. Mendoza. 2009. *Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía* (Vol. 7). Ciudad de México, México, Conabio.
- Ayala, C., M. Barona, F. Bermeo, F. Dorregaray, G. Guiracocha, F. Pardón, J. Hernández Rosas. 2016. Proyecto: Potencial de invadir e impactos de la palma imperial en los hmedales RAMSAR de la Isla Santay. *Misionero del Agro* 12(1): 54-69.
- Bermeo, K., C. Ayala, J. Hernández Rosas. 2022. Mycorrhizal activity in roots of climbing plants of the RAMSAR wetland of Santay Island, Guayas, Ecuador. *Third Student Congress on Food Science, Agriculture and Environment*. Universidad Agraria del Ecuador.
- Bernardino, J. 2021. Evaluación de actividad micorrízica en raíces de *Roystonea oleracea* en isla Santay, mediante técnicas de campo y laboratorio. T. E. G, Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil.
- Chen, X. W., Y.X. Liu, H.M. Liu, H. Wang, D.L. Yang, C.H. Huangfu, 2015. Impacts of four invasive Asteraceae on soil physico-chemical properties and AM fungi Community. *American Journal of Plant Sciences* 6 (4): 2734-2743.
- Di Rienzo JA., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C.W. Robledo 2020. *InfoStat ver. 2020*. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dreyer, B. 2016. Retrospectiva hacia una época mágica: las micorrizas de palmeras. *Eubacteria* 36: 51-55.
- Ek Chim, J. 2019. Establecimiento de la producción de hongos micorrízicos arbusculares asociados a cocotero a través de cultivos trampa. Tesis de postgrado. Centro de investigación Científica de Yucatán, A.C., Mérida, Yucatán, México.
- Giovannetti, M., y B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist* 84: 489-500.
- Henderson A., G. Galeano, R. Bernal 1995. *Field Guide to the Palms of the Americas*. Princeton University Press, Princeton.
- Herrera, I., J. Hernández-Rosas, C. Suárez, X. Cornejo, E. Goncalvez y C. Ayala. 2017. Reporte y distribución potencial de una palma exótica ornamental (*Roystonea oleracea*) en Ecuador. *Rodriguésia* 68(2): 2-13.

- Herrera, I., L.Ordoñez, C. Cruz, E. Freirey K. Rizzo. 2018. Malezas y plantas exóticas en las cercanías de una ciclo-vía en un área protegida y Sitio Ramsar (Isla Santay) en la Costa de Ecuador. *Investigatio* 2(11): 2-27.
- Howard, G. 1999. Especies invasoras y humedales. *Ramsar* 24(7): 5-11.
- Jaramillo A., N. Porozo, R. Molina, J. Naranjo, y A. Pacalla. 2002. *Plan de Manejo del Humedal Isla Santay*. Comité Ecológico del Litoral con la colaboración del Ministerio del Ambiente/ DED Servicio Técnico de cooperación alemana. Guayaquil. Ecuador.
- Kuhar, F., V. Castiglia, L. Papinutti, L. 2013. Los hongos: Morfología, reproducción y fisiología. *Revista Boletín Biológica* 28(7):3-18.
- López-Ulloa, R.M. y C., Montalvo Orrico. 2019. Caracterización de micorrizas arbusculares en diferentes materiales genéticos de palma aceitera, Concordia- Ecuador. *Revista Científica Ecuatoriana* 6: 45-52.
- MAE. 2008. *Ficha Ramsar de la Isla Santay*. Comité Editorial del Ministerio de Ambiente y Agua Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador, SUIA. Guayaquil.
- Maldonado, L., R. Morales, G. Bernal, G. y I. Alcocer. 2008. Estudio del comportamiento de las asociaciones micorrízicas en el material germoplásmico de palma aceitera en Ecuador. *In Memorias del XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo* (pp. 29-31).
- Monroy-Ata, A., y K. Ramírez-Saldívar. 2018. Relación entre sucesion ecológica vegetal y hongos micorrizógenos arbusculares en un matorral xerófilo en el centro de México. *Revista especializada en Ciencias Químicas y Biológicas TIP* 17(2): 8-21.
- Montenegro G. S. P., S. E. Barrera-Berdugo y R. A. Mosquera Mena. 2020. Presencia de hongos micorrízicos arbusculares nativos asociados a la rizosfera de la palma naidí en Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 21(3): 1-14.
- Moreira , F., J. Huising y D. Bignell. 2012. *Manual de la biología de suelos tropicales* (Vol. 1). Instituto Nacional de Ecología, México
- Nascimento, M. T., R. M. de Araújo, M. L. Dan, E. B. F. Netto y J. M. A. Braga, 2013. The Imperial palm (*Roystonea oleracea* (Jacq.) OF Cook) as an invasive species of a wetland in Brazilian Atlantic forest. *Wetl. Ecol. Manag.* 21, 367-371.
- Phillips, J., y D. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *ScienceDirect* 55(1): 54-161.
- Pringle, A., J. D. Bever, M. Gardes, J. L. Parrent, M.C. Rillig y J.N. Klironomos. 2009. Mycorrhizal symbioses and plant invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 40: 699-715.
- Quispe, A., K. Calla , Y. Yangali , J. Rodriguez, y I. Pumacayo. 2019. *Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica con software SPSS, MINITAB Y EXCEL*. EIDEC. Medellín, Colombia.
- Ravichandran, K. R. y M. Thangavelu. 2017. Role and influence of soil microbial communities on plant invasion. *Ecological Questions* 27: 9-23.

- Rodriguez-Echevarría, S. 2009. Organismos del suelo: la dimensión invisible de las invasiones por plantas no nativas. *Ecosistemas* 18(2): 32-43.
- Rodriguez-Rodriguez, R., Y. Torres-Arias, y R. Furrázola-Gómez. 2014. Micorrizas arbusculares asociadas a Júcaro de ciénaga (*Bucida palustris*) y Soplillo (*Lysiloma latisiliquum*) en la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata, Cuba. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas* 45(2): 86-93.
- Shah, M.A., Z.A.Reshi, y D.P. Khasa. 2009. Arbuscular mycorrhizas: Drivers or passengers of alien plant invasion. *Bot. Rev.* 75: 397-417.
- Sierra, L. 2021. Evaluación de la actividad micorrízica de las cuatro especies de árboles más importantes del bosque de palma del humedal Ramsar de la isla Santay. T.E.G. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Silva, D., C. Kalinhoff. M. G. Camargo-Mora y O. A. Guerrero. 2023. Biomasa de raíces finas y micorrizas arbusculares en tres humedales altoandinos del sur de Ecuador con distinto grado de perturbación. *Ecosistemas* 32(1): 2429 - 2439.
- Svenning, J. 2002. Non-Native ornamental palms invade a secondary tropical forest in Panama. *Palms* 46(2): 1-3.
- Traveset, A. 2015. Impacto de las especies exóticas sobre las comunidades mediado por interacciones mutualistas. *Ecosistemas* 24(1): 67-75.
- van der Putten, W. H. 2010. Impacts of soil microbial communities on exotic plant invasions. *Trends in Ecology & Evolution* 25(9): 512-519.
- Vera, T. 2022. Caracterización fisicoquímica de los suelos asociados a las comunidades vegetales presentes en el humedal RAMSAR isla Santay. T.E.G., Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Xu, Z., Y. Ban, Y.Jiang, X. Zhang, y X. Liu. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi in wetland habitats and their application in constructed wetlands: a review. *Pedosphere* 26(5): 592-617.
- Yu, X., D. Yu, Z. Lu, y K. Ma. 2005. A new mechanism of invader success: the exotic plant inhibits the natural restoration of vegetation by changing the community of soil microbes. *Chinese Science Bulletin* 50(11), 1105-1112.
- Zucaratto, R., y A. dos S. Pires. 2014. The exotic palm *Roystonea oleracea* (Jacq.) OF Cook (Arecaceae) on an island within the Atlantic Forest Biome: naturalization and influence on seedling recruitment. *Acta Bot. Bras.* 28, 417-421.