

Estudio preliminar de micorrizas arbusculares presente en *Phytelephas aequatorialis* localizado en tres agroecosistemas costeros

Jaime Naranjo-Morán^{1*}; Andy Mora-González²;
Rodrigo Oviedo-Anchundia⁴; Harold Naranjo-Torres⁴;
José Flores-Cedeño³; Milton Barcos-Arias⁴

Resumen

La tagua, *Phytelephas aequatorialis* Spruce (Arecaceae) es una palma caracterizada por ser dioica y crece en la región tropical de Ecuador, donde su población ha disminuido debido a la expansión agrícola y a su lenta regeneración. En la actualidad, se desconoce la flora circundante a ella y la rizósfera que podría estar asociada con su adaptación a diferentes nichos ecológicos. Evaluar la presencia de micorrizas arbusculares asociados a tagua, en tres agroecosistemas de *P. aequatorialis* en el litoral ecuatoriano. Las muestras de suelo y raíces fueron recolectadas alrededor de la planta de tagua en agroecosistemas mixtos en las localidades rurales del cantón Milagro, Guayaquil y Jipijapa, además se determinó la composición florística mediante la toma de fotos e identificación en el sitio de las especies vegetales en un radio de 2 m. La abundancia de esporas fue mayor en el agroecosistema Guayaquil con 550 esporas por cada 100 g de suelo, seguido por el agroecosistema Milagro con 221 esporas por cada 100 g de suelo. El agroecosistema Milagro alcanzó 63% en el porcentaje de colonización micorrízica en comparación a Guayaquil y Jipijapa, quienes obtuvieron 51 y 48% respectivamente. Los resultados muestran la presencia de micorrizas arbusculares con distinta intensidad en los tres agroecosistemas de *P. aequatorialis* estudiados, sin embargo, la composición florística y las condiciones ambientales pueden tener influencia en el desarrollo de la colonización micorrízica.

Palabras clave: ecosistemas, arecaceae, micorrizas, simbiosis, palma

Preliminary study of arbuscular mycorrhizae present in *Phytelephas aequatorialis* located in three coastal agroecosystems

Abstract

The tagua, *Phytelephas aequatorialis* Spruce (Arecaceae) is a palm characterized by being dioecious and grows wild. In tropical regions such as Ecuador, its population has declined due to agricultural expansion and slow regeneration. At present, the flora surrounding it and the rhizosphere that could be associated with its adaptation to different ecological niches in the Ecuadorian coast are unknown. To evaluate the presence of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) associated with tagua, in three agrosystems of the Ecuadorian coast. The research was carried out in three agroecosystems where *P. aequatorialis* grows without being the dominant plant. Samples were obtained around the tagua plant, first the floristic composition was determined by taking photos and identifying the plant species in the site within a 2 m radius. Then soil and root samples collected during the months of November 2018 to February 2019 were taken in rural localities of Milagro, Guayaquil and Jipijapa canton. Spore abundance was higher in the Guayaquil agroecosystem with 550 spores per 100 g of soil, followed by the Milagro agroecosystem with 221 spores per 100 g of soil. The Milagro agroecosystem reached 63 % in the percentage of mycorrhizal colonization compared to Guayaquil and Jipijapa, which obtained 51 and 48 % respectively. The results show the presence of arbuscular mycorrhizae with different intensity in the three agroecosystems of *P. aequatorialis* studied, however, the floristic composition and environmental conditions may influence the development of mycorrhizal colonization.

Keywords: ecosystems, arecaceae, mycorrhizal, symbiosis, palm.

Recibido: 20 de enero de 2022

Aceptado: 20 de marzo de 2022

¹ Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería en Biotecnología. Km 19.5 Vía a la Costa, 090901. Guayaquil, Ecuador.

² Traverser S.A. Av. Leopoldo Carrera C S3 s/n. Guayaquil, Ecuador.

³ Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Av. Juan Tanca Marengo 090612 Guayaquil, Ecuador

⁴ Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL. Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador, CIBE. Campus Gustavo Galindo, km. 30,5 vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador.

Autor de correspondencia: jnaranjo@ups.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

La palma de tagua (*Phytelephas aequatorialis*) es una especie dioica que crece en los bosques húmedos y secos tropicales del litoral ecuatoriano (Pincebourde et al., 2016). El acervo genético silvestre de tagua en Ecuador está conformado por *P. aequatorialis* y *P. macrocarpa* (Pedersen & Balslev, 1992). Sin embargo, la germinación de la semilla de tagua es aún limitada, ya que genera una estructura especial, similar a una raíz conocida como peciolo del cotiledón, donde emerge la radícula y las hojas (Ferreira & Gentil, 2017), razón por la cual su reproducción mantiene periodos largos de hasta nueve meses para su germinación. Las palmas nativas de tagua se encuentran en agroecosistemas de cacao y café, estas plantas cultivadas presentan abundancia de micorrizas arbusculares, en particular asociado a especies vegetales silvestres adyacentes a al cultivo principal, lo que indica que estas especies huéspedes cercanas son de gran importancia para la esporulación del consorcio micorrízico nativo donde crecen estas plantas debido a las comunicaciones interespecíficas (Rojas-Mego et al., 2014; Tedersoo et al., 2020). Por lo general, los porcentajes de micorrización en las plantas de la familia Arecáceas son bajos alrededor de 5% de micorrización (Ramos-Zapata, Orellana & Allen, 2006), y estas son susceptibles a la colonización por HMA (Dreyer et al., 2010), ya que depende estrictamente de la anatomía de cada raíz. Sundram et al., (2015) menciona que la relación simbiótica micorrízica contribuye en un 80% a la reducción de enfermedades que causan la podredumbre del tallo en Arecáceas.

Las malas prácticas de cosecha y la explotación excesiva de las semillas de esta especie han conducido hacia la disminución de su población (Jácome, 2013). En consecuencia, el Ecuador tan solo cuenta con poblaciones silvestres y son de gran importancia como cultivo promisorio en el aprovechamiento sustentable de las comunidades rurales. Esto también manifiesta oportunidades para desarrollar herramientas biotecnológicas en el estudio integral de la biota circundante y potenciar la conservación de estas especies. En términos generales, las comunidades rurales han aprovechado los productos que ofrecen estas especies vegetales tales como la mococha (inflorescencia femenina) y el cade (la hoja) (Pincebourde et al., 2016). Siendo estas la principal

fuerza de ingresos de las comunidades rurales, generando un gran impacto económico, las mismas que pueden extraer hasta 10215 kg de fruta cada mes. La búsqueda de microorganismos benéficos es relevante para incrementar la aclimatación y adaptación de estas especies en los distintos agroecosistemas. Por ese motivo, a partir del 2014, la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) inició con el establecimiento de un banco de hongo micorrízicos arbusculares (HMA) provenientes de cultivo agroforestales en distintos cultivos del litoral ecuatoriano (Brokamp et al., 2014), dado que las micorrizas arbusculares cumplen un rol fundamental en la aclimatación y adaptación en condiciones de invernadero de *Phytelephas* sp. Los HMA están relacionados con las Arecáceas (Osborne et al., 2018) ya que actúan en simbiosis y proveen de múltiples beneficios a las plantas de *Phytelephas* sp. Con base en la información disponible sobre la taxonomía de micorrizas asociadas a especies vegetales tropicales, el presente trabajo es el primer reporte de la presencia de micorrizas arbusculares en Ecuador que evalúa la micorrización de *P. aequatorialis* en agroecosistemas de diversa composición florística (Pin Cedeño, 2018). Además, se espera a futuro desarrollar inóculo micorrízico nativo a partir de las plantas huéspedes circundantes que sirva a los programas de reforestación y así contribuir a la conservación *in situ* de estas importantes poblaciones vegetales. Cuando se analiza la información disponible con la presencia de micorrizas en Arecáceas, es evidente la falta de información en la especie *P. aequatorialis* y los factores asociados a la simbiosis micorrízica. Se indica que los factores asociados a la esporulación de micorrizas se rigen por la cobertura vegetal y la génesis del suelo (Bertolini et al., 2018).

Las plantas regulan las asociaciones simbióticas con HMA y otros endófitos (Li et al., 2018), esto quiere decir *P. aequatorialis* estaría regulando la simbiosis benéfica con los hongos formadores de micorrizas que la están colonizando en cada sitio del agroecosistema a un nivel de especialización funcional y adaptativa en cada nicho ecológico (Zhang et al., 2015). La adaptación de *P. aequatorialis* podría estar afin con las especies vegetales que habitan en su agroecosistema, ya que le proveen de tolerancia a varios tipos de estrés y protección de ciertos depredadores mediante sus conexiones en

la rizósfera que son necesarias para mantener un agroecosistema saludable (Guo et al., 2019).

Las condiciones del suelo son fundamentales para el desarrollo de las micorrizas en cualquier ecosistema, desde la disponibilidad de P hasta la fijación química de otros elementos como el Fe, Ca y Al, además de otros microorganismos, dado que la disponibilidad de nutrientes es esencial para una simbiosis efectiva (Oehl et al., 2010). Según Munevar (2001), suelos ricos en materia orgánica presentan un contenido igual o superior al 4 % lo que permite una mayor biodisponibilidad de nutrientes en cultivos de Arecáceas, a través del uso de coberturas vegetales asociadas a microorganismos benéficos nativos o inoculados como los HMA.

Se han realizado investigaciones para reproducir y conservar las especies de *Phytelephas* existentes en el Ecuador de la sobreexplotación humana, sin embargo, la información es aún limitada (Pedersen & Balslev, 1992; Pincebourde et al., 2016). El objetivo de esta investigación fue evaluar la presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) asociados a *P. aequatorialis* en el litoral ecuatoriano para contribuir a la disminución de las brechas de conocimiento sobre los factores ambientales (parámetros del suelo, vegetación circundante) que afectan la presencia y distribución de HMA en tres agroecosistemas costeros.

II. Materiales y métodos

Área de estudio y descripción de los agroecosistemas

Las zonas de estudios donde se ubican los agroecosistemas de *P. aequatorialis*, están localizados en la región litoral del Ecuador, en las provincias de Guayas y Manabí. Este trabajo fue desarrollado durante los meses de noviembre del 2019 a febrero del 2020.

El estudio fue desarrollado por investigadores del Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE) perteneciente a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). El estudio se realizó en tres agroecosistemas diferentes donde se desarrolla *P. aequatorialis*, ubicados en los cantones de Milagro, Guayaquil y Jipijapa. El agroecosistema de Milagro se pudo observar plantas de cacao nacional y especies agroforestales con 70 años de producción, sin poda fitosanitaria, aplicación

de fertilización, agroquímicos y pocas prácticas culturales. La plantación está ubicada en la parroquia Mariscal Sucre (Latitud: 2° 6'57,71"S y Longitud: 79°30'35,86"W), zona en la que se cultiva cacao CCN-51 y banano de exportación, con suelos profundos de composición textural franco-arenosa de color café, además esta zona presenta una temperatura media anual de 16,6 °C y una precipitación al año de 1458 mm al año (Cardenas et al., 2016).

El agroecosistema de Guayaquil posee una temperatura media anual de 25,6 °C y precipitación al año de 1440 mm, situado en el sector del Bosque Protector Prosperina del campus Gustavo Galindo de la ESPOL (Latitud: 2° 8'36,45"S y Longitud: 79°58'15,17"W), contiene un suelo poco profundo arcilloso de color pardo grisáceo con una vegetación nativa e introducida de gran importancia para las dispersiones horizontales y verticales de los hongos formadores de micorrizas (Naranjo-Morán et al., 2021). Por último, el agroecosistema de Jipijapa (Latitud: 1°22'12,95"S y Longitud: 80°44'6,00"W) posee una temperatura media anual de 23,7 °C y precipitación al año de 537 mm. En este lugar se observó en sus alrededores un sistema agrosilvopastoril diverso desarrollado en una topografía ondulada, la zona es ganadera por excelencia no cuenta tecnificación y tiene una edad aproximada de 75 años. Para identificar las especies contenidas en los agroecosistemas se realizó una Evaluación Ecológica Rápida (EER) herramienta comúnmente utilizada por conservacionistas y gestores ambientales la que permite observación de la biodiversidad existente en el agroecosistema (Medeiros & Torezan, 2013). Se utilizaron bases de datos de herbarios digitales para corroborar la información de los especímenes: "Bioweb" (<https://bioweb.bio/floraweb.html>), "Herbario Rapid Reference" (<https://plantidtools.fieldmuseum.org/es/rrc/5581>) y "Trópicos" (<https://www.tropicos.org/home>).

La muestra de suelo de los tres agroecosistemas se tomó con una pala, a una profundidad de 20 cm desde la superficie, siguiendo un muestreo en zigzag alrededor de tres plantas adultas. Cada una estuvo integrada por 10 submuestras. (INIAP, 2013). Para analizar los suelos, las muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos y aguas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), estación

experimental Litoral Sur en el mes de enero del año 2019, con el fin de cuantificar los parámetros de pH, materia orgánica (M.O.), capacidad de intercambio catiónico (CIC), macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn, B). Las muestras de suelo fueron examinadas mediante metodologías colorimétricas y sometidas a un equipo de espectrofotómetro de absorción atómica.

Las metodologías mencionadas brindan resultados analíticos para determinar el estado nutricional de los agroecosistemas donde habita *P. aequatorialis* (Munévar, 2001; Pérez-López, 2013). El material vegetal de *P. aequatorialis* correspondió a muestras de raíces terciarias y cuaternarias de 1 a 1.5 mm de espesor que se encontraban presentes en los tres agroecosistemas en estudio, tal como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Planta de tagua (*Phytelephas aequatorialis*); A) Tagua juvenil masculina de ocho años, B) Muestra de raíces en plántulas de tagua. Guayas - Ecuador, 2019.

Se muestrearon un total de tres palmas de tagua por cada agroecosistema, se aplicó un diseño experimental de dos factores jerarquizados, donde el principal factor contempla las localidades de los agroecosistemas de tagua (*P. aequatorialis*). El factor jerarquizado del muestreo es la extracción de raicillas (terciarias y cuaternarias) hasta un máximo de 2 mm de espesor, y la extracción de suelo alrededor de la rizosfera de la planta. La muestra combinada estaba compuesta de distintas submuestras para cada unidad experimental del factor jerarquizado.

Recolección de muestras para conteo de esporas y micorrización

Se recolectaron 15 muestras de suelo de plantas de tagua de los 3 agroecosistemas, para ello se utilizó se utilizó un palín, haciendo un corte de 20 cm de profundidad, 20 cm de ancho y 20 cm de largo.

Las muestras se colocaron en bolsas de polietileno y se conservaron a 4 °C de temperatura hasta ser procesadas. Una vez en laboratorio se homogenizaron las muestras por sitio y se generaron 5 muestras que sirvieron para hacer el conteo de esporas de los HMA. En lo que respecta al muestreo de raíces se recolectaron raicillas finas de 1 mm de diámetro y 2 cm de largo de 10 plantas de tagua tomadas al azar, generando tres muestras compuestas de raíces (20g).

Cuantificación de esporas

Con la muestra de suelo se determinó el peso seco para determinar el contenido de humedad (%H). Luego se tomó 100 g de suelo de cada muestra por triplicado la misma fue sometida a la metodología de tamizado (710, 106 y 45 μ m) en húmedo y decantación propuesta por Gerderman & Nicholson (1963), y se continuó con la extracción por gradiente de densidad

en tween 20 y sacarosa al 50% durante 5 min a 3000 rpm. Se tomó la capa intermedia entre el agua y la sacarosa con una jeringa y se trasladó el contenido a otro recipiente para luego centrifugar a las mismas condiciones. El sobrenadante de la fracción obtenida se adiciona en una caja de Petri cuadrículada donde se realiza el conteo de esporas empleando el estereomicroscopio (Furlan et al., 1980).

El criterio para determinar la densidad de esporas HMA fue el siguiente: densidad baja corresponde <1 esporas g⁻¹ de suelo; densidad media corresponde 1 – 10 esporas g⁻¹ de suelo; y densidad alta corresponde >10 esporas g⁻¹ de suelo (Sieverding, 1983).

Determinación de la colonización micorrízica

Las raíces fueron lavadas con agua y cortadas en segmentos de 1 cm y depositados en frascos de 50 ml. Luego se colocó una solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10% con un lavado cada 48 horas, durante 6 días, luego de retirar el KOH se adicionó peróxido de hidrógeno (H₂O₂) realizando dos lavados cada 24 horas. Luego, las raíces se sumergieron en ácido clorhídrico al 1% (HCl) durante 5 minutos. Finalmente, se añadió una solución al 0.05% de colorante azul tripano y se autoclavaron a 120°C durante 10 minutos. El porcentaje total de micorrización en la raíz se estimó microscópicamente de acuerdo con la fórmula propuesta por McGonigle et al. (1990).

$$\% \text{ de micorrización total} = \frac{N \text{ campos infectados (Hifas, Vesículas, Arbúsculos)}}{\text{Total de campos observados}} \times 100$$

Análisis de datos

Los resultados recopilados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y a la prueba de Tukey con valores p<0.05 para las variables estudiadas, empleando el software Infostat v. 1.2.0 (2017).

las especies vegetales adyacentes mostraron una composición florística distinta alrededor de las plantas de tagua procedentes de agroecosistemas, brindando una identificación de las plantas candidatas para ser huéspedes específicos de estos agroecosistemas, en caso de realizar propagación masiva de inóculo micorrízico para programas de reforestación (Cuadro 1).

III. Resultados

Composición florística de los agroecosistemas

Los resultados de esta investigación sobre

Cuadro 1. Composición florística encontrada en los agroecosistemas de tagua en Milagro, Guayaquil y Jipijapa, 2019.

Milagro	Guayaquil	Jipijapa
<i>Quararibea cordata</i>	<i>Annona muricata</i>	<i>Ochroma pyramidale</i>
<i>Pseudobombax millei</i> *	<i>Simira ecuadoriensis</i> *	<i>Maclura tinctorial</i> *
<i>Spondias purpurea</i>	<i>Tecoma castanifolia</i>	<i>Muntingia calabura</i>
<i>Cordia alliodora</i>	<i>Ceiba trichistandra</i> *	<i>Coffea arabica</i>
<i>Ocotea costulata</i>	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	<i>Ceiba trichistandra</i> *
<i>Theobroma cacao</i>	<i>Bursera graveolens</i> *	<i>Prosopis juliflora</i>
<i>Pouteria caimito</i>	<i>Randia spinosa</i> *	<i>Vitex gigantea</i> *
<i>Artocarpus communis</i>	<i>Triplaris cumingiana</i>	<i>Centrolobium ochroxylum</i>
<i>Colocasia esculenta</i>	<i>Amaranthus spinosus</i>	<i>Erythrina smithiana</i>
<i>Piper aduncum</i>	<i>Lippia repens</i>	<i>Bauhinia forficata</i>
<i>Eleusine indica</i>	<i>Tridax procumbens</i>	<i>Croton wagneri</i> *
<i>Momordica charantia</i>	<i>Albizia multiflora</i> *	<i>Pityrogramma ebenea</i>
<i>Achyranthes aspera</i>	<i>Sorghum halepense</i>	<i>Cucurbita ecuadorensis</i> *
<i>Megathyrsus maximus</i>	<i>Ipomoea coccinea</i> *	<i>Colicodendron scabridum</i>
<i>Dryopteris filix-mas</i>	<i>Ipomoea carnea</i>	<i>Cucumis dipsaceus</i>

<i>Tridax procumbens</i>	<i>Solanum nigrum</i>	<i>Euphorbia hirta</i>
<i>Bidens pilosa</i>	<i>Passiflora foetida</i>	<i>Ricinus communis</i>
<i>Ageratum conyzoides</i>	<i>Plumbago scandens</i>	<i>Momordica charantia</i>
<i>Pityrogramma ebenea</i>	<i>Acanthospermum microcarpum</i>	<i>Priva lappulacea</i>
<i>Scoparia dulcis</i>	<i>Elytraria imbricata</i>	
	<i>Euphorbia ophthalmica</i>	

*Especies vegetales endémicas de la Región Tumbesina (León et al., 2012).

Análisis nutricional del suelo de los agroecosistemas de tagua

El suelo de los tres agroecosistemas posee características físicas franco-arenosas con pH neutro,

el agroecosistema de Guayaquil contenía 1,62 % de materia orgánica (M.O.), valor por debajo de los que contienen los agroecosistemas de Milagro y Jipijapa con 6,64 y 8,85 % respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de suelo proveniente de los agroecosistemas de *Phytalephas aequatorialis*, Guayaquil - Ecuador, 2019.

Parámetros	Milagro	Guayaquil	Jipijapa
	Textura (%)		
M.O.*	6,64	1,62	8,85
Arena	68,00	70,00	64,00
Limo	24,00	18,00	24,00
Arcilla	8,00	12,00	12,00
Clase textural	Franco – Arenoso	Franco – Arenoso	Franco – Arenoso
pH	7,20	7,21	6,80
	meq/100 ml		
Bases			
Ca	18,72	15,34	18,95
Mg	1,73	9,87	3,16
K	0,77	0,77	2,61
Σ Bases - CIC*	21,22	25,98	24,72
Ca/Mg	10,83	1,55	6,00
Mg/K	2,24	12,74	1,21
Ca+Mg/K	26,49	32,55	8,46
	meq/100 ml		
Nutrientes			
N	2,13	0,65*	2,46
P	5,18	2,13*	3,26
K	24,76*	24,85*	83,85
Ca	308,08	252,37*	311,87
Mg	17,28*	98,66	31,59
S	2,79	0,90*	3,70
Zn	1,51	0,30*	0,76
Cu	0,55*	0,96	0,58
Fe	6,41	3,45*	5,26
Mn	4,60	1,81*	5,43
B	0,16	0,08*	0,20
Cl	0,00	0,00	0,00

* Sumatoria del equilibrio de bases presente en el suelo, M.O. = materia orgánica.

* Niveles bajos de elementos presentes en el suelo.

El contenido de macro y microelementos del agroecosistema de Guayaquil muestra bajos niveles en el N, P, Zn, Fe, Mn y B, en comparación con Milagro y Jipijapa. En el agroecosistema Jipijapa presentó un valor superior de K respecto al resto de agroecosistemas. El Ca se presentó en niveles similares en los tres agroecosistemas. El Zn y Fe estaban incrementados en el agroecosistema de Milagro comparado con los otros sitios en estudio, mientras que el Cu presentó una cantidad superior en el agroecosistema de Guayaquil.

Los resultados de esta investigación muestran la presencia de hongos micorrízicos arbusculares observados en los tres agroecosistemas del litoral ecuatoriano, las diferencias generadas se reportan en el conteo de esporas y porcentaje de colonización observada en las raíces de *P. aequatorialis*.

Número de esporas y porcentaje de

colonización micorrízica

En cuanto al número de esporas encontradas en los agroecosistemas Milagro, Guayaquil y Jipijapa se obtuvieron valores entre 194 a 246, 532 a 568 y 188 a 220 esporas por 100 g de suelo (E/100 g S) respectivamente, el agroecosistema Milagro y Jipijapa no mostraron diferencias significativas en el número de esporas, mientras que estas diferencias si fueron observadas en el agroecosistema Guayaquil (Cuadro 1). El porcentaje de colonización micorrízica mostró diferencias significativas entre los agroecosistemas Milagro y Jipijapa, mientras que el porcentaje de micorrización presente en el agroecosistema Guayaquil es similar al de Milagro y Jipijapa. La micorrización de raicillas se visualizaron en todos los agroecosistemas de *P. aequatorialis*, sin embargo, un menor porcentaje de colonización micorrízica se observó en el agroecosistema Jipijapa (Cuadro 3 y Figura 2).

Cuadro 3. Concentraciones de esporas y porcentaje de colonización en los agroecosistemas de tagua (*Phytelephas aequatorialis*). Guayaquil - Ecuador, 2019.

Parámetros	Milagro	Guayaquil	Jipijapa
PROM E/100 g S	221 ± 15,04 ^a	550 ± 10,40 ^b	206 ± 9,39 ^a
Densidad	Media	Media	Media
% MIC	63,58 ± 3,58 ^b	51,48 ± 3,19 ^{ab}	48,52 ± 3,16 ^a
pH	7,18	7,28	6,84

PROM E/100 g S =Promedio de esporas por 100 gramos de suelo, ± Error estándar, % MIC= Porcentaje de colonización micorrízica, Densidad = baja < 1 E/g S; densidad media 1 – 10 E/g S; y

densidad alta > 10 E/g, S según Sieverding, (1983). Letras distintas en la misma fila indican diferencias estadísticas significativas según test de Tukey (p<0,05).

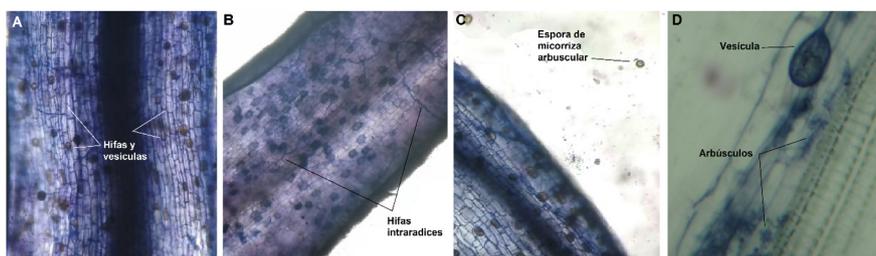


Figura 2. Colonización micorrízica de *Phytelephas aequatorialis*: A, B) Raíces tagua con hifas y vesículas, C) Espora de micorriza arbuscular, D) Arbúsculos y vesícula de endomicorrizas

IV. Discusión

Las composiciones florísticas de las especies encontradas son de gran importancia para los inventarios y análisis de la biodiversidad de los agroecosistemas, abre la oportunidad para disminuir las brechas de conocimientos de la interacción con otras especies vegetales y contribuir a la

sostenibilidad de los sistemas biológicos (Pérez et al., 2011). Aunque en este estudio no se analizó la micorrización de la cobertura vegetal, la producción de espora puede estar asociada a la diversidad de plantas encontradas en estas localidades (Rojas-Mego et al., 2014). La distribución espacial de las plantas en el agroecosistema donde crece *P. aequatorialis*,

también puede estar influenciado por las asociaciones micorrízicas funcionales dependiendo del tipo de composición florística o dominancia vegetal. Las expectativas de conocer la composición florísticas es seleccionar plantas huéspedes que permitan el desarrollo de un inóculo micorrízico nativo específico para *P. aequatorialis*. La coexistencia de las micorrizas en los distintos agroecosistemas tiene un papel relevante para evaluar los efectos pleiotrópicos de estas interacciones en las plantas (Li et al., 2018; Osborne et al., 2018).

Los niveles N, P, K en los agroecosistemas son distintos, estos pueden estar relacionados con los contenidos nutricionales de la génesis del suelo y las diferentes especies de hongos formadores de micorrizas arbusculares, al actuar en consorcio como el caso de los géneros *Funneliformis*, *Glomus*, *Rhizoglomus* y *Claroideoglomus* se mantienen equilibrados en comparación con aplicaciones de N, P, K preestablecidas (Quintana et al., 2019). A pesar de que todos los agroecosistemas poseen la misma textura y CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico), presentan un balance de bases (Ca, Mg y K) ligeramente diferentes, estas condiciones son idóneas para el desarrollo del sistema radicular de las plantas de *P. aequatorialis* y la asociación simbiótica con las micorrizas arbusculares, pudiendo presumir que las micorrizas poseen un rol importante en los mecanismos de exclusión, inmovilización o retención de los elementos presentes en el suelo (Tedersoo et al., 2020). El contenido de P disponible en el suelo en los tres agroecosistemas es desigual y se presume que la colonización de raíces por HMA, está influenciada negativamente a estos niveles nutricionales. También con los parámetros edáficos y al efecto de las plantas hospederas, estas variables permiten comprender los factores ecológicos dinámicos de las micorrizas en las regiones tropicales (Gómez et al., 2020). Dado que existen dos vías para absorción de P en plantas el primero de forma directa y el segundo mediante las micorrizas.

El pH puede afectar el número de esporas de HMA presentes en el suelo de los agroecosistemas debido a las concentraciones de fosfatos de aluminio, hierro o calcio (Peña-Venegas et al., 2007). El número de esporas obtenidas son superiores a las obtenidas en *Phoenix dactylifera* L. que oscilan entre 80 y 132 E/100 g S (Sghir et al., 2015). Las plantas trampas

seleccionadas pueden ser incluidas en procesos metodológico de aislamiento para la multiplicación masiva de inóculo micorrízico (Aguilar-Ulloa et al., 2016), hasta llegar a un óptimo de 5580 esporas/100 g seco con plantas trampas conocidas (Pérez et al., 2011), se debería incluir futuros candidatos de planta tipo trampa a las especies de la cobertura vegetal circundante de *P. aequatorialis*.

Los valores obtenidos en los tres agroecosistemas de *P. aequatorialis* son de 48, 58 y 63 %, similares a los reportados en plantas de *Desmoncus orthacanthos* MARTIUS con un 54,9 % de colonización (Ramos-Zapata, Orellana & Allen, 2006). La actividad micorrízica en promedio de agroecosistemas como Cacao-Acacia muestran porcentajes de micorrización similares de 56 y 52 % y especies comunes de géneros como *Glomus*, *Rhizophagus* y *Gigaspora* (Rodríguez et al., 2020). La colonización micorrízica puede mantenerse en otros agroecosistemas itinerantes entre un 55 y 82% según el tipo de vegetación circundante (Kalinhoff et al., 2009). La simbiosis micorrízica mejora la absorción de macro y microelementos en Arecáceas como es el caso del cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*) (Motta & Munévar, 2005). Las palmas *Phoenix* spp., *Brahea* spp. y *Chamaerops* spp. son poco susceptibles a la colonización micorrízica y bajo número de esporas presentes en la rizosfera circundante (Dreyer et al., 2010). La información preliminar obtenida de la simbiosis micorrízica en palma de tagua aporta con información fundamental hacia la bioprospección de microorganismos benéficos en América del Sur donde la presión antropogénica avanza y los recursos para investigadores que resguarden la sostenibilidad de los agroecosistemas aún son limitados (Mujica et al., 2019).

V. Conclusiones

En conclusión, las raíces de *P. aequatorialis* son susceptibles a la colonización de hongos micorrízicos arbusculares, dado que los porcentajes de colonización se aproximan al 50 % y la producción de esporas mantiene una densidad media en suelos de tipo franco arenosos, lo que significa que se puede incrementar el número de esporas con el huésped y el simbionte fúngico en respuesta a las condiciones de adaptación y aclimatación a los agroecosistemas tropicales de la región costa de Ecuador. El suelo de

la palmera de tagua es posiblemente una reserva de hongos micorrízicos, este puede ser utilizado para aislar esporas y luego aplicarlo como inóculo para mejorar la productividad de las plantas de palmas comerciales o silvestres y además aportar a la restauración de ecosistemas perturbados.

VI. Agradecimientos

A los agricultores de las tres zonas en estudio, quienes permitieron el acceso y logística para la toma de muestra, a la Sra. Carmen Paredes[†], Sr. Segundo Naranjo Moncada[†] y al Sr. Abraham Chavarría por el financiamiento a esta investigación.

Referencias bibliográficas

Aguilar-Ulloa, W., Arce-Acuña, P., Galiano-Murillo, F., & Torres-Cruz, T. J. (2016). Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. *Revista Tecnología en Marcha*, 29, 5-14. doi: 10.18845/tm.v29i7.2700

Bertolini, V., Montaña, N. M., Chimal, E., Varela, L., Gómez, J., & Martínez, J. M. (2018). Abundancia y riqueza de hongos micorrizógenos arbusculares en cafetales de Soconusco, Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 66(1), 91-105. doi: 10.15517/rbt.v66i1.27946

Brokamp, G., Borgtoft Pedersen, H., Montúfar, R., Jácome, J., Weigend, M., & Balslev, H. (2014). Productivity and management of *Phytelephas aequatorialis* (Arecaceae) in Ecuador. *Annals of applied biology*, 164(2), 257-269. doi: 10.1111/aab.12098

Cardenas, E. R., Ronquillo, M. F., Onofre, J. M., & Gurumendi, K. Z. (2016). Producción y comercialización del cacao y su incidencia en el desarrollo socioeconómico del cantón Milagro/ Production and marketing of cocoa and its impact in the socio-economic development of Milagro canton. *Ciencia Unemi*, 9(17), 56-64. <http://cienciaunemi.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/251>

Pin Cedeño, J. R. (2018). Microlocalización de *Phytelephas aequatorialis* Spruce en los predios

de la granja experimental Andíl, orientada a su comercialización (Bachelor's thesis, JIPIJAPA-UNESUM). <http://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unsumciencias/article/view/158/134>

Dreyer, B., Morte, A., López, J. Á., & Honrubia, M. (2010). Comparative study of mycorrhizal susceptibility and anatomy of four palm species. *Mycorrhiza*, 20(2), 103-115. doi: 10.1007/s00572-009-0266-x

Ferreira, S. & Gentil, D. F. (2017). Seed germination at different stratification temperatures and development of *Phytelephas macrocarpa* Ruiz & Pavón seedlings. *Journal of Seed Science*, 39(1), 20-26. <http://www.scielo.br/pdf/jss/v39n1/2317-1545-jss-v39n1166371.pdf>

Furlan, V., Bartschi, H. & Fortin, J. A. (1980). Media for density gradient extraction of endomycorrhizal spores. *Transactions of the British Mycological Society*, 75, 336-338. doi: 10.1016/S0007-1536(80)80102-1

Gerderman, J. & Nicholson, T. (1963). Spores of mycorrhizal Endogene species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46, 235-244. doi: 10.1016/S0007-1536(63)80079-0

Gómez, S. P. M., Berdugo, S. E. B., & Mena, R. A. M. (2020). Occurrence of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of the naidí palm in Colombia. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1-14. doi: 10.21930/rcta.vol21_num3_art:1275

Guo, W. Y., van-Kleunen, M., Pierce, S., Dawson, W., Essl, F., Kreft, H., Maurel, N., Pergl, J., Seebens, H., Weigelt, P. & Pyšek, P. (2019). Domestic gardens play a dominant role in selecting alien species with adaptive strategies that facilitate naturalization. *Global Ecology and Biogeography*, 28(5), 628-639. doi: 10.1111/geb.12882

INIAP, (2013). Estación Experimental Litoral Sur "Dr. Enrique Ampuero Pareja", Departamento Nacional Protección Vegetal, Servicio de diagnóstico

de problemas fitosanitarios para el sector agrícola del país, Plegable No. 271.

Jácome, J. M. (2013). Estructura poblacional, productividad y fenología floral de *Phytelephas aequatorialis* (tagua) en la costa ecuatoriana. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/5827>

Kalinhoff, C., Cáceres, A., & Lugo, L. (2009). Cambios en la biomasa de raíces y micorrizas arbusculares en cultivos itinerantes del Amazonas venezolano. *Interciencia*, 34(8), 571-576. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442009000800010&script=sci_arttext&tlng=en

León, S., Valencia, R., & Navarrete H. (2012). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. (2da Ed.). Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://www.slu.se/globalassets/ew/subw/artd/bryophyte-conservation/bryoconservation/gradstein-leon-2011-briofitas-libro-rojo.pdf>

Li, X., Xu, M., Christie, P., Li, X., & Zhang, J. (2018). Large elevation and small host plant differences in the arbuscular mycorrhizal communities of montane and alpine grasslands on the Tibetan Plateau. *Mycorrhiza*, 28(7), 605-619. doi: 10.1007/s00572-018-0850-z

McGonigle, T., Miller, M., Evans, D., Fairchild, G. & Swan, J. (1990). A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 115, 495-501 (1990). doi: 10.1111/j.1469-8137.1990.tb00476.x

Medeiros, H. R., & Torezan, J. M. (2013). Evaluating the ecological integrity of Atlantic forest remnants by using rapid ecological assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(5), 4373-4382. doi: 10.1007/s10661-012-2875-7

Motta, V., D. F. & Munévar M., F. (2005). Respuesta de plántulas de palma de aceite a la micorrización. *Revista Palmas*, 26(3), 11-20. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/>

<article/view/1136>

Mujica, M. I., Bueno, C. G., Duchicela, J. & Marín, C. (2019). Strengthening mycorrhizal research in South America. *New Phytologist*. doi: 10.1111/nph.16105

Munévar M., F. (2001). Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos. *Revista Palmas*, 22(4), 9-17. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/888>

Naranjo-Morán, J. A., Vera-Morales, M., Barcos-Arias, M. S., Oviedo-Anchundia, R. J., Sánchez-Rendón, V. E., & Pino-Acosta, A. Y. (2021). Dispersión y transporte de propágulos micorrícicos en el bosque seco tropical. *Ecosistemas*, 30(1), 2062. doi: 10.7818/ECOS.2062

Oehl, F., Laczko, E., Bogenrieder, A., Stahr, K., Bösch, R., van der Heijden, M., & Sieverding, E. (2010). Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Soil Biology Biochemistry*, 42(5), 724-738. doi: 10.1016/j.soilbio.2010.01.006

Osborne, O. G., De-Kayne, R., Bidartondo, M. I., Hutton, I., Baker, W. J., Turnbull, C. G., & Savolainen, V. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi promote coexistence and niche divergence of sympatric palm species on a remote oceanic island. *New Phytologist*, 217(3), 1254-1266. doi: 10.1111/nph.14850

Pedersen, H. B. & Balslev, H. (1992). The economic botany of Ecuadorean palms. In: Plotkin, M., Famolare, L. (eds), *Sustainable harvest and marketing of rain forest products* (pp. 173-191). Conservation International, Island Press.

Peña-Venegas, C. P., Cardona, G. I., Arguelles, J. H., & Arcos, A. L. (2007). Micorrizas arbusculares del sur de la amazonia colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. *Acta Amazónica*, 37(3), 327-336. doi: 10.1590/S0044-59672007000300003

Pérez, A., Rojas, J., & Montes, D. (2011). Hongos

formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 366-385. doi: 10.24188/recia.v3.n2.2011.412

Pérez-López, E. (2013). Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *InterSedes*, 14(29), 06-18. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-24582013000300001&script=sci_arttext

Pincebourde, S., Montúfar, R., Páez, E. & Dangles, O. (2016). Heat production by an Ecuadorian palm. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(10), 571-572. doi: 10.1002/fee.1442

Quintana, L. J. O., Rodríguez, C. H., Cordero, L. S., & Lombó, R. M. S. (2019). Respuesta de *Crotalaria juncea* (L.) a la inoculación con especies de hongos micorrízico arbusculares en un suelo pardo grisáceo. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 23-30. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/269>

Ramos-Zapata, J. A., Orellana, R., & Allen, E. B. (2006). Establishment of *Desmoncus orthacanthos* Martius (Arecaceae): effect of inoculation with arbuscular mycorrhizae. *Revista de Biología Tropical*, 54(1), 65-72. doi: 10.15517/rbt.v54i1.13999

Rodríguez Robayo, D., Escobar Rueda, F. R., Cervantes Cano, Y. C., & Cárdenas Daza, K. D. (2020). Estudio de la micorrizósfera compartida en

el agroecosistema Cacao-Acacia en el campus Utopía, Yopal-Casanare. doi: 10.19052/wp.utopia.2020.2

Rojas-Mego, K.C., Elizarbe-Melgar, C., Gárate-Díaz, M.H., Ayala-Montejo, D., Pedro, Ruíz-Cubillas, P. & Sieverding, E. (2014). Hongos de micorriza arbuscular en tres agroecosistemas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la amazonía peruana. *Folia Amazónica*, 23(2), 149-156. doi: 10.24841/fa.v23i2.20

Sghir, F., Touati, J., Chliyah, M., Ouazzani Touhami, A., Filali-Maltouf, A., El Modafar, C., ... y Douira, A. (2015). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares en la rizosfera de palmera datilera (*Phoenix dactylifera*) en las regiones de Tafilalt y Zagora (Marruecos). *The American J. Science and Medical*, 1, 30-39. http://ajsmrjournal.com/pdf/files/cimg131326_30-39%20FADOUA%20SGHIR.pdf

Sieverding, E. (1983). Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo arbuscular en el laboratorio. CIAT. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/books/historical/198.pdf

Tedersoo, L., Bahram, M. & Zobel, M. (2020). How mycorrhizal associations drive plant population and community biology. *Science*, 367(6480). doi: 10.1126/science.aba1223

Zhang, X., Pumplin, N., Ivanov, S. & Harrison, M. J. (2015). EXO70I is required for development of a sub-domain of the periarbuscular membrane during arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Current Biology*, 25(16), 2189-2195. doi: 10.1016/j.cub.2015.06.075