



## **HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS ARBUSCULARES ASOCIADOS A CAPIRONA (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) EN LA AMAZONÍA PERUANA**

Krystel Clarissa ROJAS MEGO<sup>1\*</sup>, Merlin Harold GÁRATE DÍAZ<sup>2</sup>, Wilson Francisco GUERRA ARÉVALO<sup>1</sup>, Ewald SIEVERDING<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dirección de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ecosistémicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Carretera Federico Basadre. Km. 12.4-Yarinacocha-Perú.

<sup>2</sup> Horizonte Ecológico. Pucallpa – Perú.

<sup>3</sup> Institute of Plant Production and Agroecology in the Tropics and Subtropics. University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.

\* Correo electrónico: krojas@iiap.gob.pe

### **RESUMEN**

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) juegan un papel importante en la restauración ecológica, mejorando el establecimiento de especies nativas de árboles, y de cultivos agrícolas. Este estudio evaluó la diversidad y distribución de especies de HMA en Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) en diferentes localidades y tiempos de siembra en Ucayali, Perú. Se tomaron muestras de la rizosfera en Yarinacocha (YC), Curimaná (CM), Irazola (IZ) y Alexander von Humboldt (VH). Se identificaron las especies de HMA, se cuantificaron las esporas y se relacionaron con variables del suelo y características dasométricas. En YC, con plantas de un año, se encontraron 19 esporas por gramo de suelo seco, en comparación con plantaciones de 18 años (VH, CM, IZ con 4, 4 y 3 esporas por g respectivamente). En total, se identificaron 45 especies de HMA, con mayor diversidad en VH (21 especies), seguida de CM (17), YC (16) e IZ (13). Tres familias: Acaulosporaceae, Diversisporaceae y Glomeraceae estuvieron representadas con 11, 14, 12 y 17 especies de HMA para YC, CM, IZ y VH respectivamente. Los suelos de YC e IZ tenían la mayor concentración de

fósforo. YC presentó el mayor número de Glomeraceae y ninguna especie de Diversisporaceae, mientras que YC e IZ tuvieron menos Acaulosporaceae en comparación con CM y VH. Parece que capirona forma una simbiosis rápida con la población de HMA nativa, y podría no haber necesidad de pensar en una estrategia de inocular plántulas con un inóculo comercial de HMA.

PALABRAS CLAVE: restauración ecológica, comunidad de HMA, especies de HMA, flora nativa.

## **ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ASSOCIATED WITH *Calycophyllum spruceanum* (CAPIRONA) IN THE PERUVIAN AMAZON**

### **ABSTRACT**

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) play an important role in ecological restoration, enhancing the establishment of native tree species and agricultural crops. The present study aimed to determine the diversity and distribution of AMF species in capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) that was planted at different times in areas of the department of Ucayali, Peru. Samples were taken from the rhizospheres of this plant in the localities of Yarinacocha (YC), Curimaná (CM), Irazola (IZ), Alexander von Humboldt (VH) and the AMF species were identified. The YC sampling zone, with one year old plants, recorded the highest number of spores (20 spores per g of dry soil) in relation to the 18 year old plantations at VH, CM, IZ with 4, 4 and 3 spores per g of soil. A total of 45 AMF species were identified, finding the greatest diversity in the VH sampling zone with 21 species, followed by the CM and YC sampling zones with 17 and 16 species, and at IZ having only 13 species. The three families Acaulosporaceae, Diversisporaceae and Glomeraceae together were represented with 11, 14, 12, and 17 AMF species for YC, CM, IZ, VH. The lower species number at YC and IZ corresponded with the higher concentration of phosphorus in the soils. It appears that capirona forms a rapid symbiosis with the native AMF population, and there might be no need to think of a strategy of inoculating seedlings with a commercial AMF inoculum.

KEY WORDS: ecological restoration, AMF community, diversity of AMF species, native flora.

## INTRODUCCIÓN

En el Perú, reducir los niveles de degradación de los ecosistemas es un objetivo prioritario en la política nacional de medio ambiente. La restauración de ecosistemas surge como una estrategia complementaria para contrarrestar los extensos impactos humanos sobre el entorno natural (Holl, 2023).

En el departamento de Ucayali, se estima una brecha de restauración de 110042 hectáreas (SERFOR, 2021), lo cual evidencia la necesidad de seleccionar especies vegetales nativas, especialmente arbóreas, que aporten diversidad funcional y cuyo manejo sea ampliamente conocido (Cogollo *et al.*, 2020).

*Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona), es una especie forestal nativa de la Amazonía (Perú, Bolivia, Brasil y Ecuador) de gran importancia comercial, por su rápido crecimiento y densidad media de madera (Dávila *et al.*, 2012; Ushiñahua, 2016; OSINFOR, 2017; Cornelius *et al.*, 2018). Esta especie presenta también importantes propiedades medicinales (Polesna *et al.* 2011). Es empleada en programas de reforestación, plantaciones forestales (Guariguata *et al.*, 2017) y en proyectos de domesticación, para producir germoplasma de alta calidad (Sotelo *et al.*, 2000).

Además de asegurar la calidad de la semilla para los programas de restauración, es importante considerar el papel de los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA), que pueden facilitar el establecimiento y desarrollo de especies nativas. Al respecto, Wall *et al.*, (2020) brindan evidencias de la importancia de las comunidades de HMA en la restauración de plantas hospedantes nativas. Así mismo, Neuenkamp *et al.* (2019) encontraron que la inoculación micorrízica, aumentó la riqueza de especies de las comunidades de plantas restauradas, promovió el establecimiento de especies objetivo, y mejoró

la similitud de las comunidades restauradas con las de referencia.

La interacción HMA-planta confiere múltiples beneficios, entre estos, asegura el rápido establecimiento y crecimiento de arboles, crea tolerancia y resistencia a factores de estrés abiótico y de enfermedades radicales y actúa contra nematodos. También contribuyen en la formación y estabilidad de agregados del suelo (Delgado & Gutiérrez, 2022), y amplía las vías de absorción y biodisponibilidad de macro y micronutrientes (Audet, 2012; Xie *et al.*, 2021)

Este estudio tuvo como objetivo conocer la distribución de las especies de HMA asociadas a capirona, cuantificar la población de esporas en cuatro zonas ubicadas en el departamento de Ucayali, en la Amazonia Peruana y evaluar factores que influyen sobre su distribución. De esta manera, se busca entender cómo facilitar el rápido establecimiento de esta especie en suelos degradados de la zona.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprendió cuatro plantaciones de *C. spruceanum* ubicadas en el departamento de Ucayali, Perú, en las zonas de Yarinacocha (YC), Curimaná (CM), Irazola (IZ), y Alexander von Humboldt (VH) (Figura 1). La región corresponde a un bosque húmedo (SENAMHI, 2019), con clima del tipo lluvioso y cálido, con humedad en todo el año, presentando temperatura máxima de 33 °C en setiembre y octubre; y temperatura mínima de 19 °C en julio y agosto. Anualmente, llueve alrededor de 2 090 mm, concentrado entre diciembre y abril, con 210 a 260 mm por mes (SENAMHI, 2021). De las cuatro plantaciones, tres fueron plantaciones adultas monitoreadas por el World Agroforestry Centre (ICRAF), instaladas hace 18 años con co-

bertura de *Centrosema macrocarpum*, ubicadas a una altitud de 190, 206 y 265 m s.n.m. para CM, IZ y VH respectivamente, y una plantación joven de un año ubicada a una altitud de 152 m s.n.m., instalada por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

## MUESTREO

El muestreo se realizó entre abril y mayo del 2018. En cada sitio se seleccionaron 15 plantas de capirona con los siguientes criterios: para plantas de un año, se seleccionaron plantas de mayor altura y diámetro; en plantas adultas se seleccionaron plantas de mayor altura, diámetro, y fuste recto.

Se colectaron cuatro submuestras por cada planta, empleando un muestreador de núcleo de suelo de acero inoxidable (2,5 cm de diámetro), siguiendo la dirección de los puntos cardinales (N-S-E-O), cada uno distanciados del tronco a la mitad de la proyección de la copa, a una profundidad de 20 cm.

## ANÁLISIS DE SUELO

Para cada parcela, las submuestras de suelo se agruparon, dando como resultado una muestra compuesta por zona de muestreo. Por cada muestra compuesta se analizaron el potencial de hidrógeno (pH) en agua, materia orgánica, nitrógeno total (N), fósforo (P) y potasio (K) totales, clase textural, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y cationes cambiabiles (Tabla 1). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina

## EVALUACIÓN DASOMÉTRICA DE PLANTAS

De cada una de las 15 plantas seleccionadas

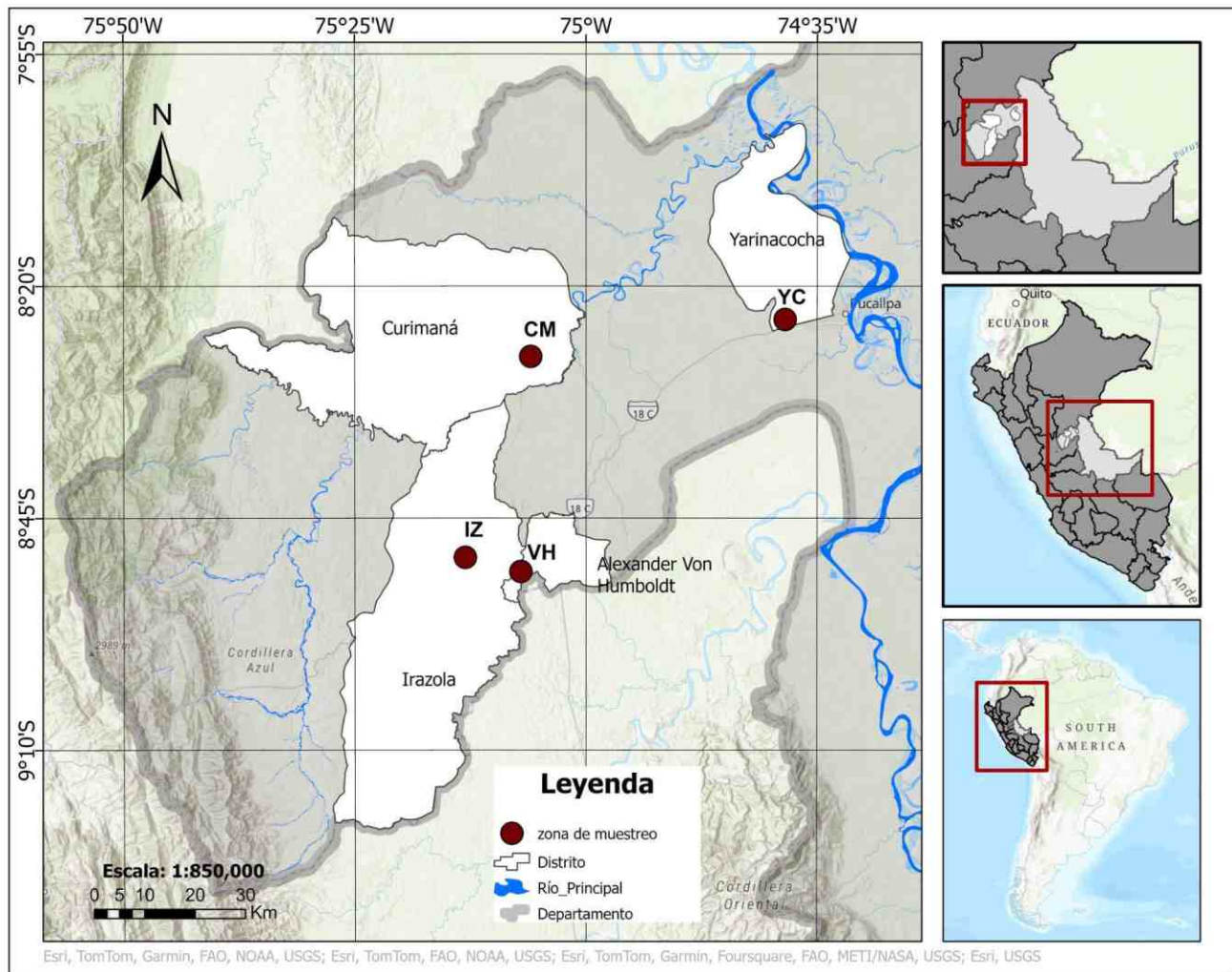
se registraron datos de altura total, diámetro de tallo, y proyección de copa. La altura en plantas de 1 año fue medida desde la base del tallo hasta el ápice terminal (flexómetro, marca PROField), en plantas adultas desde la base del tallo hasta la altura total del árbol (clinómetro, marca SUUNTO). El diámetro de tallo en plantas de un año fue medido a la base del tallo (vernier digital, marca DIGIMATIC) y en plantas adultas a 1,30 m de la base del tallo (cinta diamétrica, marca FORESTRY SUPPLIERS). La proyección de copa fue medida desde la base del tallo a la proyección terminal de copa.

## EVALUACIÓN DE ESPORAS DE HMA

Las muestra de suelo de cada planta se tamizaron con una malla de 4 mm, luego se homogenizó y se evaluaron 3 repeticiones de 20 g (Balanza marca OHAUS, modelo Adventurer Pro AV3102) a través del método modificado de Sánchez *et al.* (2010), que consistió en el tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo, recolectándolos sobre tamices de 250 y 45  $\mu\text{m}$  de apertura y separándolos por centrifugación (Centrífuga: marca Hettich, modelo Rotina 420 R) con una gradiente de sacarosa al 70%. El conteo de esporas se realizó en un estereoscopio a 45x de aumento (Estereoscopio Trinocular, marca Olympus, modelo SZ61). Para el cálculo del número de esporas por 100 g de suelo seco, se secaron 20 g de suelo de cada una de las 15 muestras siguiendo la metodología de Sánchez *et al.* (2010). El número de esporas por g de suelo seco se calculó, dividiendo entre 100 al total de esporas en 100 g de suelo seco.

## IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Se realizó a partir de una muestra compuesta de 15 plantas por localidad. Las esporas se aisla-



**Figura 1.** Mapa de ubicación de zonas de muestreo (Yarinacocha - YC, Curimaná - CM, Irazola - IZ, Alexander von Humboldt - VH).

ron bajo el estereoscopio y se montaron en portaobjetos. Las esporas de un mismo morfotipo se fijaron permanentemente en un portaobjeto con solución de PVLG (polivinil glicerol), las cuales se observaron en el microscopio de transmisión de luz (Microscopio: Trinocular marca Carlz- Zeiss, modelo Stemi 2006) con 400x de aumento y se clasificaron morfológicamente, empleando la clave para familias HMA de Sánchez et al. (2010). La identificación de morfoespecies fue realizada a partir de la clasificación propuesta por Oehl *et al.* (2011) y descripciones taxonómicas de especies más recientes. Las morfoespecies identificadas fueron agrupadas en órdenes y

familias a partir de la lista de especies de HMA en AMF- Phylogeny (2024)

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos experimentales fueron graficados y analizados estadísticamente usando el programa estadístico R (Core Team, 2023). El número de esporas se sometió al análisis estadístico mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con ajuste Bonferroni, usando la función *dunnTest* para múltiples comparaciones entre zonas de muestreo, del paquete *FSA* versión 0.9.6 (Ogle *et al.*, 2025).

**Tabla 1.** Propiedades físicoquímicas del suelo por zona de muestreo (Yarinacocha - YC, Curimaná - CM, Irazola - IZ, Alexander von Humboldt - VH). pH: potencial de hidrógeno; M.O: materia orgánica; CIC: Capacidad de intercambio catiónico. Fr.: Franco; Fr..A.;Franco Arenoso. Fr.Ar.: Franco Arcilloso; Ar.: Arcilloso

Zona de muestreo	pH (1:1)	M.O %	N %	P ppm	K ppm	Textura	CIC	Cationes cambiables (meq/100g)				
								Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	NA <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>
YC	5,54	1,66	0,10	8,8	58	Fr.	9,28	2,71	0,98	0,11	0,13	0,40
CM	5,34	2,03	0,15	2,8	76	Fr.A.	15,04	5,80	1,30	0,18	0,08	0,20
IZ	6,00	2,97	0,20	8,7	104	Fr.Ar.	30,88	25,80	3,90	0,21	0,07	0,00
VH	6,04	4,14	0,16	2,7	122	Ar.	32,64	21,60	2,67	0,22	0,06	0,00

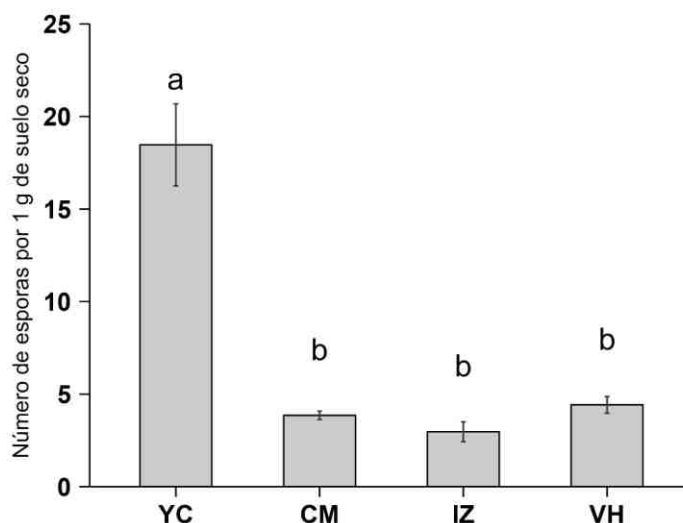
## RESULTADOS

### VARIABLES DASOMÉTRICAS

La altura, diámetro de tallo, y proyección de copa se muestra en la Tabla 2. Entre las plantaciones de 18 años, las plantas correspondientes a las zonas IZ y VH presentaron una mayor media, para cada una de las variables dasométricas evaluadas, comparadas con CM. Es evidente que las plantas de un año tenían dimensiones más pequeñas.

### NÚMERO DE ESPORAS DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

El número de esporas se encontró entre medias de 3 a 19 esporas por g de suelo seco (Figura 2). La prueba de Kruskal y Wallis detectó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el número de esporas entre las zonas de muestreo. La comparación post hoc de rangos indicó la formación de dos grupos. La zona de muestreo del distrito de Yarinacocha (YC) con plantas de un año, evidenció el mayor número de esporas.



**Figura 2.** Número de esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) por zona de muestreo (Yarinacocha - YC, Curimaná - CM, Irazola - IZ, Alexander von Humboldt - VH). Letras diferentes sobre cada barra indican diferencias significativas en el número de esporas de HMA entre zonas de muestreo (prueba de Dunn,  $p < 0,05$ ).

**Tabla 2.** Variables dasométricas de *Calycophyllum spruceanum* por zona de muestreo (Yarinacocha - YC, Curimaná - CM, Irazola - IZ, Alexander von Humboldt - VH). Media + error estándar (n=15). DAP: Diámetro a la altura de pecho, DAB: Diámetro a la base, PC: Proyección de copa.

Zona de muestreo	Altura (m)	DAP (cm)	DAB (cm)	PC (m)
YC	2 + 0,11	-	4.29 + 0,22	0,44 + 0,02
CM	20 + 0,71	17,36 + 0,96	-	1,95 + 0,14
IZ	27 + 1,02	26,03 + 0,89	-	2,44 + 0,16
VH	25 + 0,96	23,71 + 0,95	-	2,38 + 0,11

## IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Se reporta 45 especies de HMA (Tabla 3), encontrando mayor diversidad en la zona de muestreo del distrito de Alexander von Humboldt (VH) con 9 géneros y 21 especies. 27 especies se encontraron exclusivamente en una de las 4 localidades muestreadas, de las cuales 8 solo se pudieron identificar a nivel de género. Las especies *Diversispora clara* y *D. eburnea* se encontraron en común en todas las plantaciones de 18 años.

Acaulosporaceae, Glomeraceae y Diversisporaceae dominaron la población de HMA con 11, 14, 12 y 17 especies en YC (Yarinacocha), CM (Curimaná), IZ (Irazola) y VH (Alexander von Humboldt) respectivamente, las otras familias tenían menos importancia, con ninguna o una especie presente en cada zona (Tabla 4). YC, con plantas de un año, presentó el mayor número de especies de Glomeraceae, ninguna en Diversisporaceae y el menor número de Acaulosporaceae. CM (Curimaná) y VH (Alexander von Humboldt) tuvieron el mayor número de especies de Acaulosporaceae (Tabla 4).

## DISCUSIÓN

Es bien conocido que capirona forma micorriza arbuscular (Rengifo, 2007), que en este estudio se confirma con la presencia de esporas de HMA en la rizosfera del árbol. El número de esporas fue

relativamente alto en plantaciones jóvenes y significativamente mayor que en plantaciones de capirona de 18 años. Valores altos de 20 esporas por g de suelo fueron también registrado por López & Peña, (2018) en un bosque alto andino colombiano. Puede ser que plantas jóvenes de capirona se desarrollan tan rápido (2 m de altura en un año), por su rápida asociación con la población de HMA nativa, que en este caso en YC era dominado por especies de Glomeraceae y entre otras, especialmente de especies de *Rhizoglossus* que son conocidos de producir rápidamente esporas, inclusive dentro de raíces, y que son conocidos de tener una alta efectividad para promover el crecimiento inicial de plantas (Zhang *et al.*, 2020; Corazón-Guivin *et al.*, 2023); la mayoría de inoculantes comerciales contienen especies de *Rhizoglossus* por esta razón (Espinoza-Cuéllar *et al.*, 2023; Gamboa *et al.*, 2024).

Aparentemente en plantas de mayor edad, se establece un cierto número de esporas de HMA en el suelo, donde no se encontró *Rhizoglossus* (Tabla 3). Es conocido que durante el ciclo del año y con la edad de un cultivo, hay cambios en la composición de especies en las comunidades de HMA (Oehl *et al.*, 2009), que puede tener efectos sobre la esporulación de los HMA. Las características del suelo tuvieron menor importancia sobre el número de esporas (Tabla 1), ya que las variaciones en las características de las zonas de muestreo con plantaciones de 18 años no influ-

**Tabla 3.** Ocurrencia (+) de HMA en la rizósfera de *Calycophyllum spruceanum*.

Orden/ Familia/ Especie	YC	CM	IZ	VH
ARCHAEOSPORALES				
Ambisporaceae				
<i>Ambispora appendicula</i>	+	-	-	-
<i>Ambispora</i> sp. (no identificada)	-	+	+	-
Archaeosporaceae				
<i>Archaeospora</i> spp. (no identificada similar a <i>A. trappei</i> )	+	+	-	+
DIVERSISPORALES				
Acaulosporaceae				
<i>Acaulospora bireticulata</i>	-	-	-	+
<i>Acaulospora cavernata</i>	-	+	+	-
<i>Acaulospora colombiana</i>	-	+	+	-
<i>Acaulospora delicata</i>	-	-	-	+
<i>Acaulospora lacunosa</i>	-	+	-	-
<i>Acaulospora longula</i>	+	-	-	-
<i>Acaulospora mellea</i>	+	+	+	-
<i>Acaulospora morrowae</i>	-	+	+	-
<i>Acaulospora punctata</i>	-	-	-	+
<i>Acaulospora rehmii</i>	-	+	-	-
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	-	+	-	+
<i>Acaulospora sieverdingii</i>	-	-	-	+
<i>Acaulospora spinosissima</i>	-	-	-	+
<i>Acaulospora</i> sp (parecida a <i>Kuklospora spinosa</i> )	-	+	-	-
<i>Acaulospora</i> sp. (parecida a <i>A. puntata</i> )	+	-	-	+
Diversisporaceae				
<i>Diversispora clara</i>	-	+	+	+
<i>Diversispora spurca</i>	-	+	+	-
<i>Diversispora epigea</i>	-	-	+	+
<i>Diversispora eburnea</i>	-	+	+	+
<i>Diversispora</i> sp. (de color hialina y pared gruesa)	-	-	-	+
Gigasporaceae				
<i>Dentiscutata heterogama</i>	+	-	-	+
ENTROPHOSPORALES				
Entrophosporaceae				
<i>Entrophospora clarioidea</i>	+	-	-	+
<i>Entrophospora lamellosa</i>	-	-	-	+



**Tabla 3.** Continúa.

Orden/ Familia/ Especie	YC	CM	IZ	VH
GLOMERALES				
Glomeraceae				
<i>Dominikia litorea</i>	-	-	-	+
<i>Dominikia achra</i>	-	-	-	+
<i>Glomus ambisporum</i>	+	-	+	-
<i>Glomus brohultii</i>	+	-	-	-
<i>Glomus heterosporum</i>	+	-	-	+
<i>Glomus multiforum</i>	-	+	-	-
<i>Glomus perpusillum</i>	-	-	+	-
<i>Glomus</i> sp. (no identificada "radiatum")	+	-	-	-
<i>Glomus</i> sp. (de color amarillo, 300 um, con peridium)	-	-	+	-
<i>Glomus</i> sp. (no identificada "peluda")	+	-	-	-
<i>Rhizoglomus irregularis</i>	+	-	-	-
<i>Rhizoglomus vesciculiferum</i>	+	-	-	-
<i>Sclerocystis pakistanica</i>	-	+	-	-
<i>Sclerocystis sinuosa</i>	-	-	+	+
<i>Sclerocystis</i> sp. (parecida a "coremeoides")	-	-	-	+
<i>Sclerocystis</i> sp. (n.i. posiblemente nueva "dentiforme")	-	+	-	-
<i>Septoglomus viscosum</i>	+	-	-	-
<i>Septoglomus</i> sp. (no identificada posiblemente nueva)	-	-	-	+
PARAGLOMERALES				
Paraglomeraceae				
<i>Paraglomus occultum</i>	+	+	-	-
Riqueza de morfoespecies	16	17	13	21

**Tabla 4.** Número de morfoespecies de HMA en las diferentes familias fúngicas en las zonas de Yarinacocha (YC), Curimaná (CM), Irazola (IZ) y Alexander von Humboldt (VH).

Familias de HMA	YC	CM	IZ	VH
Ambisporaceae	1	1	1	0
Archeosporaceae	1	1	0	1
Acaulosporaceae	3	8	4	7
Diversisporaceae	0	3	4	4
Gigasporaceae	1	0	0	1
Entrophosporaceae	1	0	0	1
Glomeraceae	8	3	4	6
Paraglomeraceae	1	1	0	0

yeron en el número de esporas. El alto número de esporas en la plantación de un año sugiere que hay otras razones distintas a las características del suelo, como se explicó anteriormente.

45 morfoespecies de HMA identificados es un número alto considerando las 4 localidades en conjunto (Tabla 3), pero no excepcional para una zona de bosque natural de la Amazonía. Así, Ruiz *et al.*, (2011) encontraron 40 especies de HMA en una zona de Amazonía peruana, de las cuales una gran parte eran desconocidas a nivel de especie. En el presente trabajo, la mayoría de las morfoespecies solo pudieron identificarse a nivel de género, y algunas parecen especies nuevas (Tabla 3). Actualmente, se puede confirmar que en la Amazonía peruana habitan muchas especies de HMA nuevas y varios géneros nuevos (Corazon-Guivin *et al.*, 2019a, 2019b, 2019c 2023, 2020, 2021, 2022a, 2022b).

La distribución de morfoespecies y géneros y familias de HMA, fue altamente variable entre los sitios investigados (Tabla 3) que puede tener varias razones. Como lo explicado arriba, árboles de un año tenían gran número de especies de Glomeraceae, pero ninguna especie de Diversisporaceae indicando que durante los años de crecimiento de capirona el árbol se asocia con diferentes especies de HMA (Oehl *et al.*, 2009). La ausencia de Diversisporaceae no se esperaba y puede ser que se asocian con capirona solo cuando el árbol sea más adulto.

Considerando la distribución de morfoespecies solo en las plantaciones de 18 años, por lo menos en dos sitios (CM y VH) Acaulosporaceae eran dominantes. Hay varios reportes de suelos en Suramérica que indican que Acaulosporaceae y Glomeraceae están presentes tanto como en cultivos en selva siempre verde, como en cultivos permanentes (Posada *et al.*, 2016; Cardoso *et al.*, 2020).

Independientemente de la edad de capirona y de los sitios de muestreo, *A. mellea*, *Diversispora clara* y *D. eburnea* fueron encontradas en 3

de las 4 localidades; lo que confirma para *A. mellea* su amplia distribución en Suramérica (Posada *et al.*, 2016). Especies de *Diversispora* aparentemente se asocian con capirona de más edad, este género se ha reportado en diversos sitios del Brasil (Winagraski *et al.*, 2019).

## CONCLUSIONES

En la Amazonía peruana, la capirona (*Calycohyllum spruceanum*) se asocia con un amplio rango de especies de HMA pertenecientes a los géneros *Acaulospora*, *Glomus*, *Diversispora*, *Sclerocystis*, *Septoglomus*, *Rhizoglomus*, *Entrophospora*, *Dominikia*, *Ambispora*, *Paraglomus*, *Dentiscutata* y *Archaeospora*, indicando que no hay una especificidad entre ciertas especies de HMA y Capirona. Se determinó una aparente relación en la asociación de ciertas especies de HMA con plantas jóvenes, por ejemplo, con *Rhizoglomus*, un género que infecta rápidamente un cultivo y es de alta efectividad para el desarrollo inicial también en otros cultivos.

Parece que capirona forma una simbiosis rápida con la población de HMA nativa, y podría no haber necesidad de pensar en una estrategia de inocular plántulas con un inóculo comercial de HMA en vivero, pudiendo plantar directamente en suelos nativos de la región de Ucayali, Perú.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos al ICRAF y a Roger Pinedo por su ayuda en la selección de plantaciones; a los propietarios de las plantaciones Sres. Nemesio, Estela y Juan, así como a Isabel Herrera, Carlos Marín Pérez y Cesar Young por su valioso apoyo en los muestreos realizados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Audet, P. 2012. Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis and Other Plant–Soil Interactions

- in Relation to Environmental Stress En: Ahmad, P.; Prasad, M. N. V. (Eds.), *Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plants in the Era of Climate Change*. Springer, New York, NY. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0815-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0815-4_11)
- Cardoso, L.; Alves, D.; Costa, I.; da Silva, J. M.; de Moura, I. A.; Fritz Oehl; Alves, G. 2020. Changes in an Arbuscular Mycorrhizal Fungi Community Along an Environmental Gradient. *Plants*, 9(1): 52. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9010052>
- Cogollo, A. M.; Velasco, P.; Manosalva, L. 2020. Caracterización funcional de plantas y su utilidad en la selección de especies para la restauración ecológica de ecosistemas altoandinos. *Biota Colombiana*, 21(1): 1-15. DOI: <https://doi.org/10.21068/c2020.v21n01a01>
- Corazón, M.; Cerna, A.; Guerrero, J.; Vallejos, A.; Alves, G. A.; Oehl, F. 2019a. Acaulospora aspera, a new fungal species in the Glomeromycetes from rhizosphere soils of the inka nut (*Plukenetia volubilis* L.) in Peru. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. DOI: <https://doi.org/10.5073/jabfq.2019.092.035>
- Corazón, M.; Cerna, A.; Guerrero, J.; Vallejos, A.; Carballar; da Silva, G. A.; Oehl, F. 2019b. Nanoglomus plukenetiae, a new fungus from Peru, and a key to small-spored Glomeraceae species, including three new genera in the “Dominikia complex/clades”. *Mycological Progress*, 18(12): 1395-1409. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11557-019-01522-1>
- Corazón, M.; Cerna, A.; Guerrero, J.; Vallejos, A.; Carballar, S.; da Silva, G. A.; Oehl, F. 2019c. *Microkamienskia* gen. nov. and *Microkamienskia peruviana*, a new arbuscular mycorrhizal fungus from Western Amazonia. *Nova Hedwigia*, 109: 355-368. DOI: [https://doi.org/10.1127/nova\\_hedwigia/2019/0551](https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2019/0551)
- Corazon, M.; Cerna, A.; Guerrero, J.; Vallejos, A.; Ríos, O.; Vallejos, G.; De la Sota Ricaldi, A. M.; Monique, V.; Alves, G.; Oehl, F. 2020. Paraglomus occidentale, a new arbuscular mycorrhizal fungus from the sources of the Amazon river in Peru, with a key to the Paraglomeromycetes species. *Sydowia*. DOI: <https://doi.org/10.12905/0380.sydowia72-2020-0085>
- Corazon-Guivin, M. A.; Romero-Cachique, G.; Del Aguila, K. M.; Padilla-Domínguez, A.; Hernández-Amasifuen, A. D.; Cerna-Mendoza, A.; Coyne, D.; Oehl, F. 2023. Rhizoglomus variabile and Nanoglomus plukenetiae, Native to Peru, Promote Coffee Growth in Western Amazonia. *Microorganisms*, 11(12): 2883. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11122883>
- Corazón, M.; Vallejos, A.; De la Sota, A.; Vallejos, G.; Ruíz, M.; Monique, V.; Alves, G.; Fritz, O. 2022. Acaulospora flavopapillosa, a new fungus in the Glomeromycetes from a coffee plantation in Peru, with an updated key for the identification of Acaulosporaceae species. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. DOI: <https://doi.org/10.5073/jabfq.2022.095.002>
- Corazon, M.; Vallejos, A.; De la Sota Ricaldi, A. M.; Cerna, A.; Guerrero, J.; Santos, V.; Silva, G.; Oehl, F. 2021. Acaulospora flava, a new arbuscular mycorrhizal fungus from Coffea arabica and Plukenetia volubilis plantations at the sources of the Amazon river in Peru. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. DOI: <https://doi.org/10.5073/jabfq.2021.094.014>
- Corazon, M.; Vallejos, A.; Valles, M.; Mendiola, A.; Ascón, G.; Corrêa, R.; Monique, V.; Silva, G.; Oehl, F. 2023. Viscospora peruviosca, a new fungus in the Glomeraceae from a plantation of Theobroma cacao in Peru. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 117-122

- Pages. DOI: <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2023.096.015>
- Corazon, M.; Vallejos, G.; Vallejos, A.; Tenorio, M.; Caballero, W.; Marín, C.; Santos, V.; Alves, G.; Oehl, F. 2022. Rhizoglo mus cacao, a new species of the Glomeraceae from the rhizosphere of Theobroma cacao in Peru, with an updated identification key for all species attributed to Rhizoglo mus. *Nova Hedwigia*. DOI: [https://doi.org/10.1127/nova\\_hedwigia/2022/0698](https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2022/0698)
- Cornelius, J.; Pinedo, R.; Sotelo, C.; Ugarte, J.; Weber, J. 2018. Efficiency of early selection in *Calycophyllum spruceanum* and *Guazuma crinita*, two fast-growing timber species of the Peruvian Amazon. *Canadian Journal of Forest Research*, 48(5): 517-523. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0407>
- Dávila, N.; Honorio, E.; Baker, T.; Ramirez, J.; Salazar, A.; Vásquez, H.; Irarica, J.; Saavedra, N.; Tello, A. 2012. Fichas de identificación de especies maderables de la Amazonía Peruana.
- Delgado, H.; Gutiérrez, L. 2022. Hongos micorrizas arbusculares: la simbiosis de los múltiples beneficios. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 12(2): 2-14. DOI: <https://doi.org/10.5377/elhigo.v12i2.15196>
- Espinosa-Cuéllar, A.; Rivera, R.; Varela-Noalles, M.; Pérez-Díaz, A. 2023. Effectiveness of mycorrhizal inoculants on sweet potato (*Ipomoea batata*) in Eutric Cambisol soils of Cuba. *Agronomía Mesoamericana*, 53725. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.2023.53725>
- Gamboa, T.; Pereira, M.; Moreira, E.; Figueiredo, A.; Garlet, J.; Bertolazi, A.; Caione, G. 2024. Seedling development of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* inoculated with *Rhizoglo mus clarum* in different doses of phosphorus. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, 22(6): e5503. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n6-251>
- Guariguata, M.; Arce, J.; Ammour, Tania; Arce, J. E.; Capella, Jose Luis; Ammour, T.; Juli Capella; Capella, J.L. 2017. *Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro*. Documento Ocasional 169. Bogor, Indonesia: CIFOR. 40pp.
- Holl, K. D. 2023. *Introducción a la Restauración Ecológica. México*. 198pp.
- López, B.; Peña, D. 2018. Presencia de esporas de hongos micorrízicos arbusculares en cinco estados sucesionales de bosque altoandino Colombiano. *Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2): 2. DOI: [10.22490/21456453.2194](https://doi.org/10.22490/21456453.2194)
- Neuenkamp, L.; Prober, S.; Price, J.; Zobel, M.; Standish, R. 2019. Benefits of mycorrhizal inoculation to ecological restoration depend on plant functional type, restoration context and time. *Fungal Ecology*, 40: 140-149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2018.05.004>
- Oehl, F.; Sieverding, E.; Ineichen, K.; Mäder, P.; Wiemken, A.; Boller, T. 2009. Distinct sporulation dynamics of arbuscular mycorrhizal fungal communities from different agroecosystems in long-term microcosms. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 134(3-4): 257-268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.07.008>
- Oehl, F.; Sieverding, E.; Palenzuela, J.; Ineichen, K.; Da Silva, G. A. 2011. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. *IMA Fungus*, 2(2): 191-199. DOI: <https://doi.org/10.5598/imafungus.2011.02.02.10>
- Ogle, D. H.; Doll, J.C.; Wheeler, P.; Dinno, A. 2025. *FSA: Fisheries Stock Analysis*. R package version 0.9.6.
- OSINFOR 2017. *Fichas de Identificación de Especies Forestales Maderables y Silvicultura Tropical en Pucallpa*. Lima. 51pp.
- Polesna, L.; Polesny, Z.; Clavo, M. Z.; Hansson, A.; Kokoska, L. 2011. Ethnopharmacological inventory of plants used in Coronel Portillo Province of Ucayali Department, Peru.

- Pharmaceutical Biology*, 49(2): 125-136. DOI: <https://doi.org/10.3109/13880209.2010.504927>
- Posada, R. H.; Sánchez De Prager, M.; Heredia-Abarca, G.; Sieverding, E. 2016. Effects of soil physical and chemical parameters, and farm management practices on arbuscular mycorrhizal fungi communities and diversities in coffee plantations in Colombia and Mexico. *Agroforestry Systems*, . DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-016-0030-0>
- R Core Team. 2023. R: *A Language and Environment for Statistical Computing*.
- Rengifo, L. 2007. *Efecto de sustrato con micorrizas vesículo arbusculares en el crecimiento inicial de cuatro especies forestales en fase de vivero*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Tingo María, Perú. 81pp.
- Ruiz, P.; Rojas, K.; Sieverding, E. 2011. La distribución geográfica de los hongos de micorriza arbuscular: una prioridad de investigación en la Amazonía peruana. *Espacio y Desarrollo*, 23:47-63.
- Sanchez, M.; Posada, R.; Velásquez, D.; Narvaez, M. 2010. *Metodologías básicas para el trabajo con Micorriza Arbuscular y Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular*. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 141pp.
- SENAMHI. 2021. *CLIMAS DEL PERÚ. Mapa de Clasificación Climática Nacional*. Lima. 128pp.
- SENAMHI 2019. *Estimación de las zonas de vida de Holdridge en el Perú*. Lima. 18pp.
- SERFOR. 2021. *Estrategia Nacional de Restauración de Ecosistemas y Tierras Forestales Degradadas (ProREST) PERIODO 2021 - 2030*. Lima. 64pp.
- Sotelo, C.; Vidaurre, H.; Weber, J.; Simons, A.; Dawson, I. 2000. Domesticación participativa de árboles agroforestales en la Amazonía peruana – promoviendo la conservación de recursos genéticos arbóreos y el desarrollo económico. Conference: Congreso Forestal Latinoamericano Tomo III.
- Ushiñahua, D. 2016. *Comportamiento fenológico preliminar de Capirona en la provincia de San Martín, región San Martín*. Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario. Estación Experimental Agraria "El Porvenir" San Martín. Hoja Divulgativa N°002. 2pp.
- Wall, C.; Egan, C. P.; Swift, S. I. O.; Hynson, N. A. 2020. Three decades post-forestation has not led to the reassembly of arbuscular mycorrhizal fungal communities associated with remnant primary forests. *Molecular Ecology*, 29(21): 4234-4247. DOI: <https://doi.org/10.1111/mec.15624>
- Winagraski, E.; Kaschuk, G.; Monteiro, P. H. R.; Auer, C. G.; Higa, A. R. 2019. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in forest ecosystems of brazil: a review. *Cerne*, 25(1): 25-35. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201925012592>
- Xie, K.; Yuhan Ren; Chen, A.; Aiqun Chen; Congfan Yang; Congfan Yang; Qingsong Zheng; Qi Zheng; Chen, J.; Jun Chen; Wang, D.; Dongsheng Wang; Yiting Li; Yiting Li; Hu, S.; Shuijin Hu; Xu, G. H.; Xu, G.; Guohua Xu 2021. Plant nitrogen nutrition: The roles of arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of Plant Physiology*, 153591-153591. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2021.153591>
- Zhang, Q.; Gong, M.; Liu, K.; Chen, Y.; Yuan, J.; Chang, Q. 2020. Rhizoglossomus intraradices Improves Plant Growth, Root Morphology and Phytohormone Balance of Robinia pseudoacacia in Arsenic-Contaminated Soils. *Frontiers in Microbiology*, 11: 1428. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01428>

Recibido: 26 de agosto de 2024 Aceptado para publicación: 03 de diciembre de 2024