UNIVERSIDAD NACIONAL
INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA



Identificación, nivel de propagación y colonización de hongos micorríticos arbusculares asociados a *Manilkara bidentata* (quinilla colorada) en un bosque húmedo tropical en la zona de Macuya, Huánuco, Amazonia Peruana

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGROFORESTAL ACUÍCOLA

BACH. LEYWY JESIFER MACEDO PEREZ.

YARINACOCHA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres por darme este valioso regalo y la oportunidad de poder desenvolverme en la sociedad.

A mis hermanas por su incondicional apoyo durante mi formación personal y académica

A mi esposo por su gran paciencia y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente.

A los docentes de la Carrera Agroforestal Acuícola, por su orientación académica e impartir sus conocimientos y experiencias.

A el Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana por el financiamiento brindado para la ejecución del trabajo de tesis.

A la Universidad Nacional de Ucayali por brindarnos el apoyo y acceso al bosque del CICFOR-Macuya.

Al Ing. Octavio Galván Gildemeister y a la Ing. Krystel Clarissa Rojas Mego por su asesoramiento en este estudio y su confianza depositada en mí para el desarrollo y culminación de esta tesis.

Al Dr. Ewald Sieverding por su apoyo en la identificación de los géneros de micorrizas asociados a *Manilkara bidentata*

Al Blgo. Ricardo Zarate Gómez Coordinador del herbario Iquitos del IIAP e Ing. Lizardo Manuel Fachin Malaverri por el apoyo en la identificación dendrologica de *Manilkara bidentata*

Al Ing. Roel Velasco y al técnico Elías Gil por brindarnos las facilidades en el CICFOR-Macuya para el desarrollo del mismo.

A los ingenieros Gumercindo Andrés Castillo Quiliano, Luisa Riveros Torres, Manuel Mario, Chuyma Tomaylla, por la observación, recomendación y revisión del presente.

A Wills Geeral Bartra Rivera, Erick David Huapaya Dávila y Fred Cristian Ramírez Guerra por el apoyo en campo en la recolección de las muestras y los datos.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA 2

AGRADECIMIENTO 3

RESUMEN 10

ABSTRACT 11

I. INTRODUCCIÓN 12

II. REVISIÓN DE LITERATURA 14

2.1 Antecedentes. 14

2.2 Micorrizas 18

2.3 Descripción de *Manilkara bidentata* (quinilla colorada) 24

2.4 Variables en estudio 25

III. MÉTODO 26

3.1 Ubicación y descripción del área de estudio. 26

3.2 Identificación y descripción del material experimental. 26

3.3 Variables. 26

3.4 Población y muestra. 27

3.5 Recolección de datos. 27

3.6 Procesamiento de los datos. 34

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 35

4.1 Identificación de hongos micorriticos arbusculares asociados con *Manilkara bidentata*. 35

4.2 Cantidad de esporas de HMA, en el suelo asociados con *Manilkara bidentata*. 36

4.3 Colonización de los hongos micorríticos arbusculares en las raices de *Manilkara bidentata*. 38

V. CONCLUSIONES..... 42
VI. RECOMENDACIONES..... 43
VII. BIBLIOGRAFÍA..... 44
VIII. ANEXOS 49

ÍNDICE DE CUADROS

Página.

Cuadro 1. Taxonomía de los hongos micorríticos arbusculares 21

Cuadro 2. Coordenadas UTM de los árboles de *Manilkara bidentata* (quinilla colorada)..... 29

Cuadro 3. Método no sistemático de estimación de colonización de hongos micorríticos arbusculares en raíz 32

ÍNDICE DE FIGURAS

Página.

Figura 1. Proceso de infección del hongo micorrítico arbuscular..... 23

Figura 2. Esquema del muestreo de suelo y raíces 30

Figura 3. Número de esporas de hongos micorríticos arbusculares por 20 gramos de suelo en los árboles de *Manilkara bidentata*..... 36

Figura 4. Diagrama de caja y sesgo (mediana y cuartiles) para el número de esporas de hongo micorríticos arbusculares por 20 gramos de suelo 37

Figura 5. Porcentaje de colonización de hongos micorríticos arbusculares en los árboles de *Manilkara bidentata*..... 39

Figura 6. Diagrama de caja y sesgo (mediana y cuartiles) para el porcentaje de colonización de hongos micorríticos arbusculares en las raíces..... 40

ÍNDICE DE ANEXO

Página.

Anexo 1. Hongos micorríticos arbusculares presentes en el suelo con *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada) 49

Anexo 2. Ficha de evaluación de número de esporas 50

Anexo 3. Ficha de evaluación de número de esporas 51

Anexo 4. Ficha de evaluación de colonización 52

Anexo 5. Ficha de evaluación de colonización 53

Anexo 6. Ficha de evaluación de colonización 54

Anexo 7. Ficha de evaluación de colonización 55

Anexo 8. Ficha de evaluación de colonización 56

Anexo 9. Análisis de suelo y caracterización 57

Anexo 10. Ubicación del ámbito de estudio 58

Anexo 11. Marcado y geo-referencia de las unidades muéstrales de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada) 59

Anexo 12. Toma de datos descriptivo del área en estudio de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada) 59

Anexo 13. Toma de muestras de suelo del área de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada) 60

Anexo 14. Toma de raíz de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada) 61

Anexo 15. Procedimiento para la evaluación de esporas de hongos micorríticos arbusculares en suelos de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada) 62

Anexo 16. Procedimiento para la evaluación de colonización de hongos micorríticos arbusculares en suelos de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada) .. 63

Anexo 17. Presencia de esporas de hongos micorríticos arbusculares asociados a *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada)..... 64

Anexo 18. Colonización de hongos micorríticos arbusculares asociadas a *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada) 65

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo identificar, determinar el nivel de propagación y colonización de hongos micorríticos arbusculares asociados a las raíces de *Manilkara bidentata* (Quinilla colorada) en el bosque húmedo tropical de la zona de Macuya, Huanuco - Perú. Las unidades muestrales fueron 15 árboles de la especie; de cada uno se tomó muestras de suelo y raíces respectivamente. El trabajo se desarrolló en dos fases: 1) En campo se georreferenció los árboles, se tomó muestras de suelo en las proyecciones de la copa siguiendo las direcciones de los puntos cardinales, a 20 cm de profundidad y se colectó las raíces más finas en el mismo sitio; 2) En laboratorio: se identificaron, evaluaron las esporas y el nivel de colonización del hongo micorrítico arbuscular. Se identificó 8 géneros y 12 especies de hongo micorríticos arbuscular presentes en el suelo entre ellos *Acaulospora lacunoca, Acaulospora longula, Acaulospora morrowlae, Acaulospora scrobiculata*, *Claroideoglomus claroideum, Diversispora lutea, Diversispora spurca, Entrophospora infrequens, Glomus ambisporum, Paraglomus occutum, Redeckera Pubescens, Rhizoglomus Fasciculatum,* con el número de esporas que varío entre 44 – 156 esporas/ 20 g de suelo^{-1} y el nivel de colonización se encuentra en la escala de zonas pequeñas y escasas (4.2 a 18 %) colonizadas en raíces de *Manilkara bidentata*.

Palabras Clave: Quinilla colorada, *Manilkara bidentata* A. DC. Chev, Micorriza, Colonización, Amazonia peruana.

ABSTRACT

The study was aimed at identify, determine the level of propagation and colonization of fungi mycorrhizal arbuscular associated with the roots of *Manilkara bidentata* (Red Quinilla) in the forest humid tropical in the zone of Macuya, Huanuco - Peru. The sample units were 15 trees of the species, each of which soil and roots samples were taken respectively. The work was developed in two phases: 1) In the field the trees were georeferenced, soil samples were taken in the projections of the crown following the directions of the cardinal points, at 20 cm depth and the finest roots were collected in the same place; 2) In the laboratory: spores and the level of colonization of the arbuscular mycorrhizal fungus were identified, evaluated. We identified 8 genera and 12 species of arbuscular mycorrhizal fungi present in the soil including *Acaulospora lacunoca, Acaulospora longula, Acaulospora morrowlae, Acaulospora scrobiculata, Claroideoglomus claroideum, Diversispora lutea, Diversispora spurca, Entrophospora infrequens, Glomus ambisporum, Paraglomus occutum, Redeckera pubescens, Rhizoglomus Fasciculatum*, with the number of spores that varied between 44 - 156 spores / 20 g of soil-1 and the level of colonization is found in the scale of small and scarce zones (4.2 to 18%) colonized in roots of Manilkara bidentata.

Key Words: Quinilla colorada, *Manilkara bidentata* A. DC. Chev, Mycorrhiza, Colonization, Amazone peruvian

I. INTRODUCCIÓN

En la región Ucayali se practica el aprovechamiento selectivo de las especies maderables, de los bosques naturales (INRENA 2006). OSINFOR (2013), considera que, aunque la composición florística de los bosques amazónicos es heterogénea, su distribución obedece a factores abióticos y bióticos que restringen su presencia, estableciendo límites naturales.

En los diferentes ecosistemas de la Amazonía peruana, las raíces de la gran mayoría de plantas forman una simbiosis de tipo mutualista con hongos de micorriza arbuscular (HMA). Se conoce que estos hongos constituyen un componente clave para el funcionamiento eficiente de los bosques, principalmente por dar a las plantas una mayor capacidad para absorber fósforo y agua del suelo, ayudar en la agregación de las partículas del suelo dándole mayor estabilidad y contribuir con el almacenamiento de carbono en el suelo a través de la producción de glomalina, esto manifiesta la importancia en el entendimiento de la biogeografía de los HMA y su rol fundamental en el ciclo de carbono (Ruiz *et al*. 2011).

En las zonas tropicales, algunos investigadores priorizan su investigación en demostrar la existencia de micorrizas y de cómo estas se asocian a su hospedero natural, otros buscan probar la capacidad de establecer simbiosis entre los HMA y plantas hospedadoras de cierto valor económico (Ruiz *et al*. 2011). Otros estudios efectuados por Ruiz *et al*. (2010), manifiestan que la diversidad de algunos morfotipos de HMA no son comunes para todos los lugares, lo cual podría estar asociado a cierta afinidad de éstos con determinadas especies vegetales y recomienda incluir los HMA nativos en los programas de rehabilitación de áreas degradadas.

Los hongos micorrizas constituyen una alternativa ecológica y económicamente viable para mejorar localmente la productividad sin incurrir en el excesivo costo de la fertilización (Melgar *et al.* 2007).

Por todo lo expuesto se desarrolló el presente estudio, siguiendo los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general.

Identificar el nivel de propagación y colonización de hongos micorríticos arbusculares asociados a *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada), en el bosque húmedo tropical de la zona de Macuya, Huánuco, Perú.

1.2. Objetivos específicos.

Identificar taxonómicamente, los hongos micorríticos arbusculares asociadas con árboles de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada) en el bosque húmedo tropical de la zona de Macuya, Huánuco, Perú.

Determinar el nivel de propagación por esporas de los hongos micorríticos arbusculares en el suelo de árboles de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada) en el bosque húmedo tropical de la zona de Macuya, Huánuco, Perú.

Determinar el nivel de colonización de los hongos micorríticos arbusculares en las raíces de árboles de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada) en el bosque húmedo tropical de la zona de Macuya, Huánuco, Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

En la región Ucayali Rojas *et al.* (2014), reporta la abundancia y diversidad de hongos de micorriza arbuscular (HMA) asociados con *Theobroma cacao L. en* tres diferentes agroecosistemas. a) cacao en monocultivo, b) cacao asociado con *Inga edulis*, y c) cacao con cobertura de kudzu (*Pueraria phaseoloides)*. Los resultados muestran de 780 a 1 100 esporas por 100 g de suelo, en cacao con cobertura de kudzu (*Pueraria phaseoloides);* y una mayor riqueza en cacao asociado con *Inga edulis* con 29 especies de hongos micorrizas de los géneros *Acaulospora, Ambispora, Archeospora, Cetraspora, Clareideoglomus, Diversispora, Fuscutata*, *Glomus, Kuklospora, Pacispora, Paraglomus* y *Sclerocystis.*

Rocha *et al*. (2015), realizó un estudio sobre el potencial del suelo sometido a diferentes usos, en la zona sur del lago de Maracaibo en Venezuela; con el objetivo de evaluar el efecto del tipo de uso de los suelos en cacao, caoba, pastos, palma aceitera, y bosques secundarios *(Catanea sativa, Quercus robur, Hura crepitans, Pachira quinata),* se realizó un muestreo de suelo y raíces en cada uno de los sistemas de interés. A partir de esas muestras se determinó y comparo la densidad de esporas de hongos micorrizicos arbusculares, porcentaje de colonización micorrizica y el número más probable de propágulos viables capaces de formar colonización micorrizica en los suelos. Teniendo como resultado que el número de esporas fue significativamente mayor en el bosque secundario (5.848 esporas/100g de suelo seco), la colonización micorrizica y el número más probable de propágulos viables fueron relativamente altos en todos los sistemas, a pesar del alto contenido de fosforo disponible.

Alvarado *et al*. (2004), estudio las características edáficas y presencia de micorrizas en plantaciones de teca (*Tectonis grandis*), en Costa Rica el cual tuvo como objetivo aislar las principales cepas de hongos micorrizicos asociados al sistema radical de la teca y además determinó el grado de infección con micorrizas en plantaciones de teca en tres regiones de Costa Rica; para la determinación del porcentaje de infección se siguió el método de Koske y Gemma 1989 y para la separación de esporas de suelo se realizó por el método de Sieverdind 1984. Se encontró que el 14% de las plantaciones de teca

tenía un bajo porcentaje de infección de micorrizas a nivel de raíz y de igual manera algunos sitios presentaron un bajo número de esporas en el suelo.

Alvarado *et al*. (2004), en estudios realizados indica que existe una relación negativa conforme se incrementa la acidez del suelo, esto es evidenciado claramente en contraste con otros estudios previos como el de Buelvas y Peñates (2008), donde en su investigación encontraron densidad del número de esporas con 2058.02 esporas /100 g de suelo, Rocha *et al*. (2015), obtuvo un resultado de 5848 esporas /100 g de suelo en un bosque secundario, quizá a todo lo manifestado se le atribuya los indicadores obtenidos a Rojas *et al*. (2014), donde los resultados muestran un rango de 780 a 1100 esporas /100 g de suelo siendo menor en comparación con otros estudios. No obstante, se afirma lo manifestado por Cardona *et al*. (2008), donde manifiesta que la falta de esporulación no necesariamente significa ausencia de la micorriza.

Cuervo y Rivas (2007), en la investigación de cuantificación de hongos micorricicos en muestras de suelos en plantaciones de *Tabebuia rosea y Cordia alliodora;* concluyeron que de la variedad de los géneros de micorrizas vesiculo arbusculares presentes en la muestra de suelo, los que demostraron mejor comportamiento con *Tabebuia rosea y Cordia alliodora* fueron *Glomus sp y Gigaspora.* En la zona de Tingo María, abarcando un amplio espacio geográfico, con diferentes condiciones biofísicas y con la presencia de 55 especies (entre forestales, frutales, pastos, y cultivos), se encontró al género Glomus presente en todos los casos (Vega 2011). Vega (2011) también reporta a los géneros Gigaspora, Entrophospora, Sclerocystis y Acaulospora.

Navarro *et al*. (2013), mostro que la diversidad de rasgos funcionales favorece la coexistencia de especies en la comunidad y confiere resiliencia al sistema forestal. Las plantas han desarrollado diferentes estrategias de adaptación a la escasez de agua y nutrientes en el suelo, que se reflejan en los rasgos funcionales de sus raíces y en el grado de asociación con hongos formadores de micorrizas. Estudiaron las diferencias en los rasgos funcionales del sistema radical: contenido en materia seca (RDMC), longitud específica radical (SRL), área específica radical (SRA), densidad radical (TMDR) y diámetro medio (AD) en las raíces finas de 100 plantas pertenecientes a 23 especies leñosas, utilizando el software "Winrhizo". Para las mismas plantas se evaluó el grado de micorrización de hongos ecto-, ectendo- y endomicorrícicos. Las plantas se muestrearon en tres parcelas de Sierra Morena (Córdoba), siguiendo un gradiente

topográfica. Se midió la cobertura de cada especie en cada una de las parcelas para calcular la media ponderada (CWM) de cada rasgo a nivel de comunidad. Los resultados de este estudio mostraron la diversidad de estrategias funcionales (asociadas al sistema radical) a nivel de especie y a nivel de comunidad en relación a la disponibilidad de recursos en el suelo.

Hernández *et al*. (2014), tuvo como objetivo caracterizar morfológicamente los géneros de HMA del maguey papalomé (*Agave potatorum* Zucc.) con potencial de uso agrícola y como una alternativa en la práctica de la agricultura sostenible en México. Obteniendo como resultado la identificación en San Juan Tamazola, Nochixtlán de cinco especies del género *Glomus* y dos especies de *Gigaspora*, en contraste con Villa de Tamazulapam, Teposcolula que solo presentó dos especies del género *Glomus*.

INCA (2012), evaluó el efecto de la biofertilización con hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L. cultivar Amalia) frente a estrés abiótico, la inoculación lo realizó en la etapa de semillero a razón de 2 gramos.planta-1 (inóculo sólido) y 2 mL.planta-1 (inóculo líquido), con promedio de 40 esporas.planta-1 en ambos casos, estudiaron variables de respuesta como: altura de la planta (cm), número de flores, número de frutos y rendimiento (t.ha-1), encontrándose una respuesta positiva del cultivo del tomate para ambas formas de inoculación de HMA.

Así mismo estudios efectuados por Rodríguez *et al.* 2011, con hongos micorrizicos arbusculares y su implicación en la producción y manejo de especies Neotropicales Forestales, con énfasis en Meliáceas, indica que la simbiosis micorrízica es un elemento esencial en el funcionamiento y regulación de los ecosistemas tropicales, actualmente los estudios ecofisiológicos, de biodiversidad y de aplicación tecnológica de la micorriza arbuscular revisten un gran potencial para especies forestales en estos ecosistemas. Bolívar *et al* (2009), refieren que el interés por las micorrizas se deriva principalmente porque los hongos micorrízicos son capaces de varias funciones: a) son órganos de captación de nutrimentos, b) afectan la fisiología de la planta, c) pueden ser manipulados para mejorar la productividad vegetal. La asociación simbiótica planta-hongo micorrízico, la planta de cacao obtiene mayor eficiencia en la absorción de nutrimentos, se promueve el crecimiento foliar e intensifica la tasa fotosintética y fortalece las condiciones propias de la planta para tolerar el estrés hídrico.

Medina *et al.* (2009), evaluó la presencia de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) en suelos de zonas alteradas y no alteradas por minería de aluvión de los subgrupos Tropic Fluvaquent, Typic Dystropept y Typic Paleudult de terrazas Baja, Media, y Alta, respectivamente, del río Cauca a la altura del municipio de Tarazá (Antioquia, Colombia), realizando los primeros ensayos en maíz (*Zea mays*) en el cual logró colonización de las raíces pero no esporulación; en un segundo ensayo en kudzú (*Pueraria phaseoloides*) logró colonización y esporulación en los tratamientos provenientes de suelo de terraza alta y suelo disturbado y efecto significativo en el rendimiento del kudzú ($P \leq 0{,}001$) respecto a los demás tratamientos. Los resultados moleculares y morfológicos, permitieron concluir con la ubicación de cuatro morfotipos en el género Glomus pero indicando que posiblemente pertenezcan a especies diferentes.

Buelvas y Peñates (2008), caracterizó a los géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares (H.M.A) y vesiculo arbusculares (H.M.V.A) nativas, asociadas en pasto Angleton *(Dichanthium aristatum*), bajo diferentes fuentes de abonamiento, utilizando cuatro tratamiento siendo (T_0) testigo, (T_1) DAP+UREA, (T_2) DAP+UREA+Abono compostado orgánico, (T_3) lombricompost, (T_4) bio-abono bovinaza, obteniendo en el T_2 la mayor densidad del número de esporas con 2058.02 esporas /100 g de suelo, pese a ello no se obtuvo colonización significativa ya que fue mayor el testigo con un promedio de 55.80 %. A si mismo identificó 14 morfotipos de hongos formadores de micorriza siendo el más abundante el género glomus con un 92.86%.

Ruiz y Darvey (2005), evaluaron los niveles de colonización micorrícica y la morfología de los hongos que forman micorrizas arbusculares (MA), en especies de plantas en las siguientes opciones de manejo de suelos: 1) barbecho de bosque secundario de 15 años, 2) barbecho de bosque secundario de 5 años, 3) sistema de producción en multiestrato, 4) plantación de *Bactris gasipaes,* pijuayo, 5) sistemas de cultivos continuos con bajos insumos y 6) sistema de cultivos continuos con altos insumos. Encontraron altos niveles de colonización en la mayoría de árboles (> 70%). Algunos árboles con pelos radiculares largos tuvieron niveles más bajos de colonización micorrícica que en aquellos sin estas estructuras radiculares. En algunos árboles, la colonización micorrícica aumentaba con el incremento de arcilla en el suelo. Las estructuras morfológicas de los hongos micorriticos arbusculares, observadas en las raíces de las

especies evaluadas fueron altamente variables. Especies de *Glomus* parecen tolerar rangos más amplios de acidez del suelo que especies de *Acaulospora*, las que están más restringidas a suelos ácidos. Especies de *Gigaspora* y *Scutellospora* fueron las menos predominantes en los suelos estudiados.

Posada (2001), realizo la cuantificación y la determinación de la variabilidad en cuanto a la distribución de las diferentes formas de propágulos alrededor de especies presentes en bosque húmedo tropical, relevando su importancia dentro del contexto del ciclaje de nutrientes. Los resultados mostraron grandes variaciones cuantitativas en cuanto a presencia de esporas de hongos de micorriza arbuscular (HMA) en muestras frescas; su abundancia y distribución parece estar relacionada con la humedad del suelo y con la especie vegetal alrededor de la cual fueron colectadas. Se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) tanto en longitud como en peso total del micelio externo, evaluado para dos especies arbóreas seleccionadas en el bosque húmedo tropical de los Llanos Orientales Colombianos. Otros estudios por Ydrogo *et al.* 1996, en un suelo Ultisol de la localidad de Yurimaguas al cual se inocularon lombrices endógenas de *Pontoscolex coretrurus*, en tres diferentes tratamientos (0,350 y 700 mg/1.9 de suelo seco) en bolsas plásticas que contenían cultivo de achiote (*Bixa orellana)*, arazá *(Eugenia stipitata)* y pijuayo (*Bactris gasipaes*). En achiote la infección de microrrizas tuvo un porcentaje de 15, 55 y 75% en los tratamientos 0, 350 y 700 mg, mientras que en Arazá tuvo valores de infección de 12.3, 62.6, 50 %, teniendo una diferencia significativa con respecto al control en los tratamientos 0, 350, 700 mg, por otra parte en pijuayo se obtuvo Valores de infección de 10, 31, 44 % observando una diferencia significativa en los tres tratamientos 0, 350, 700 mg.

2.2. Micorrizas

2.2.1. Generalidades

La mocorriza proviene del griego mykes=hongo y rhiza=raíz fue reconocido por Frank en los años 1885, para describir las micorrizas, probablemente se originaron hace 350 a 460 millones de años y se considera que intervinieron en la colonización del ambiente terrestre por las plantas (Sieverding 1991 citado por Simon *et al*. 1993), lo que significa que el “hongo” invade el interior de la raíz. Fue empleado por primera vez por Frank en 1885 (Allen 1991).

La asociación mutualista es prácticamente universal y ambos componentes hongo - raíz (planta) resultan beneficiados. El hongo, además de desarrollarse dentro de la corteza de las raíces (micelio interno), se extiende por la rizosfera mediante una red de hifas (micelio externo). La asociación se constituye en un sistema especializado y eficaz, para captar nutrientes de la solución edáfica y transportarlo hacia la planta.

2.2.2. Clasificación de las micorrizas

Se pueden distinguir tres grupos fundamentales según la estructura de la micorriza formada: Ectomicorrizas o formadoras de manto, Ectendomicorrizas, que incluye Arbutoides y Monotropoides; y las Endomicorrizas, caracterizadas por la colonización intracelular del hongo (Read 1999).

2.2.3. Taxonomía de los hongos micorrizas

Ruiz *et al*. (2011), al describir las investigaciones en ontogenia de las esporas y en el uso de herramientas moleculares asociadas con caracteres morfológicos que han resultado en nuevos taxones. Siendo la primera clasificación linneana de los hongos micorriticos establecida por Gerdemann y Trappe 1974, donde incluyó todas las especies descritas en la familia Endogonaceae (división Zygomycota, orden Endogonales). La identificación de los HMA y la descripción de las especies estuvieron basada en el tamaño, el color de esporocarpos, densidad de esporas y en el análisis de las paredes fenotípicamente distintas de las esporas asexuales (Ruiz *et al*. 2011, cita a Morton, 1986).

Morton y Benny (1990) citados por Ruiz *et al*. 2011, mencionan que propusieron una nueva clasificación de los hongos micorriticos basados en el análisis cladístico de 57 especies de hongos micorriticos, para lo que usaron caracteres morfológicos de las esporas y la morfología micorrícica. En esta clasificación, todas las especies de hongos micorríticos formaban un grupo monofilético definido por el establecimiento de la simbiosis mutualista y por la producción de arbúsculos intrarradiculares altamente ramificados.

El orden Glomerales fue erigido para incluir todas las especies de hongos micorriticos en tres distintas familias: Acaulosporaceae (géneros Acaulospora y Entrophospora), Glomeraceae (géneros Glomus y Sclerocystis) y Gigasporaceae (géneros Gigaspora y Scutellospora). Estudios posteriores fueron conducidos para determinar el origen y los caracteres subcelulares de esporas individuales usados para limitar e identificar las especies (Morton y Benny (1990) citados por Ruiz *et al*. 2011).

Más recientemente, es el uso de herramientas moleculares —incluyendo el análisis de ADN ribosomal de especies seleccionadas— resultó en un nuevo cuadro complementario de la sistemática de hongos micorriticos a nivel de género, familia y niveles más altos de la jerarquía taxonómica (Redecker *et al*. 2000 citado por Ruiz *et al*. 2011).

La clasificación de los hongos micorriticos experimentó grandes cambios después que el análisis molecular filogenético basado en secuencia de ácido ribonucleico ribosómico (rRNA) conducidas por Schüßler *et al*. (2001).

Como resultado, los hongos micorriticos fueron removidos del polifilético Zygomycota y puestos en un nuevo grupo monofilético, los Glomeromycota. Este cambio puso a este grupo de organismos al mismo nivel de los grupos clásicos Basidiomicota y Ascomicota. Schüßler *et al*. (2001), también propusieron tres nuevos órdenes y varias familias separadas del anterior Glomerales. La congruencia en los grupos de datos bioquímicos y moleculares podrían proveer un entendimiento más refinado de las relaciones filogenéticas entre los hongos micorriticos. Se adopta el reconocimiento de la nueva división dada por Schüßler *et al*. (2001), nuevos estudios donde las especies de los órdenes Glomerales y Diversisporales (Glomeromicetos) se reorganizaron sobre la base de una secuencia ribosomal combinada y análisis morfológicos dieron lugar a una nueva clasificación de los HMA, de tal forma que actualmente el phylum Glomeromycota incluye 3 clases, 5 órdenes, 14 familias y 26 géneros (Oehl *et al*., 2011), Cuadro 1.

Cuadro 1. Taxonomía de los hongos micorriticos arbusculares.

Clase	Orden	Familia	Genero
Glomeromicetos	Glomerales	Glomeraceae	Glomus
			Funneliformis
			Simiglomus
			Septoglomus
		Claroideoglomeraceae	Claroideoglomus
			Viscospora
	Diversisporales	Diversisporaceae	Diversispora
			Redeckera
			Otospora
		Entrophosporaceae	Entrophospora
		Acaulosporaceae	Acaulospora
			Kuklospora
		Pacisporaceae	Pacispora
	Gigasporales	Gigasporaceae	Gigaspora
		Scutellosporaceae	Scutellospora
			Orbispora
		Racocetraceae	Racocetra
			Cetraspora
		Dentiscutataceae	Dentiscutata
			Fuscutata
			Quatunica
Archaeosporomicetos	Archaeosporales	Archaeosporaceae	Archaeospora
			Intraspora
		Ambisporaceae	Ambispora
		Geosiphonaceae	Geosiphon
Paraglomeromicetos	Paraglomerales	Paraglomeraceae	Paraglomus

Fuente: Oehl *et al*. (2011)

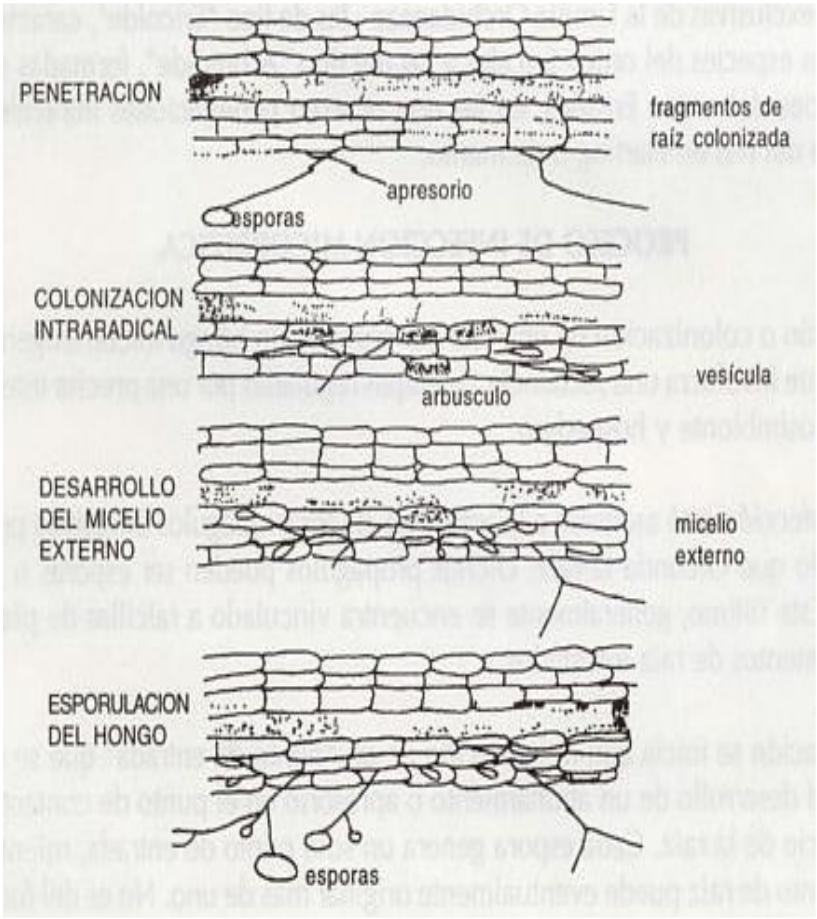
2.2.4. Proceso de infección del hongo micorriza

Salamanca y Silva (1998), describen el proceso de infección de la siguiente manera: La pre - infección está asociada a la actividad de los propágulos infectivos presentes en el suelo que circunda la raíz. Dichos propágulos pueden ser esporas o micelio fúngico. Este último, generalmente se encuentra vinculado a raicillas de plantas vivas o segmentos de raíces infectadas.

La penetración se inicia con la formación de un punto de entrada que se caracteriza por el desarrollo de un abultamiento o apresorio en el punto de contacto sobre la superficie de la raíz. Cada espora genera un solo punto de entrada, mientras que un segmento de raíz puede eventualmente originar más de uno. No es del todo claro si el mecanismo de penetración esta mediado por un evento enzimático, por un evento mecánico o, por una combinación de ambos.

Una vez que penetra el hongo, se genera un proceso proliferativo que conduce al establecimiento de una unidad de colonización que se puede extender hasta 1cm de distancia a partir del punto de penetración. El avance de la infección está restringido a la epidermis y parénquima cortical. La unidad de colonización avanza mediante el crecimiento de hifas aceptadas que se extienden por entre las células corticales y que generan estructuras características, como los arbúsculos y las vesículas.

Algunas semanas después de iniciada la infección, el hongo está en condiciones de esporular, lo cual está supeditado a las condiciones ambientales del suelo. En particular, la humedad parece ser un factor regulador de importancia, ya que se ha visto que el estrés hídrico en el suelo dispara la esporulación, las hifas externas están en capacidad de reinfectar el mismo sistema de raíz del cual se originan. Algunas de estas hifas generan puntos de entrada que provocan nuevas unidades de colonización, lo cual supone que la infección avanza a lo largo de la raíz a través de unidades de colonización discontinuas. Este proceso d proliferación se puede trasladar a otros sistemas de raíz vecinos de la misma o diferente especie de planta. Se ha establecido que los hongos micorrizógenos se pueden mover en el suelo a razón de 0.6 – 3.2 m/año, lo cual da una idea de las posibilidades de expansión de la infección micorrizica, Figura 1.



Fuente: Guerrero, 1996 in Salamanca y Silva 1998.

Figura 1. Proceso de infección del hongo micorrítico arbuscular.

2.2.5. Beneficios de las micorrizas

Smith y Read (2008) citado por Ruiz *et al*. (2011), mencionan que las micorrizas arbusculares cumplen una función vital en los ecosistemas, originando múltiples efectos positivos para el crecimiento y desarrollo de las plantas:

- Aumentan la capacidad de absorción de fósforo y nutrientes de lenta difusión en el suelo reduciendo su dependencia a fertilizantes.
- Aumentan la tolerancia a períodos de sequía y al déficit hídrico.
- Aumentan la tolerancia al aluminio, a la toxicidad por metales pesados y contaminantes orgánicos.
- Incrementan el crecimiento de la planta y la uniformidad en cultivos.

- Actúan sinérgicamente con bacterias fijadoras de nitrógeno y microorganismos solubilizadores de fósforo.
- Aumentan la tolerancia de las raíces a patógenos del suelo (nemátodos, *Fusarium oxysporum, Rhizoctonia solani* y otros).
- Aumentan la agregación del suelo mejorando su estructura mediante la producción de glomalina, glicoproteína que actúa como un pegante natural de las partículas del suelo.
- Funcionan como un mecanismo de restauración ecológica de los suelos.
- Aumentan la biodiversidad vegetal en el ecosistema como producto de la biodiversidad de especies de hongos micorríticos.

2.3. Descripción de *Manilkara bidentata* (quinilla colorada)

2.3.1. Descripción

Manilkara bidentata A. DC. Chev., es una especie arbórea cuyos individuos son de tamaño mediano a grande, con pequeñas raíces tablares, fuste recto y cilíndrico, corteza acanalada (agrietada, fisurada), con fisuras más pronunciadas en la parte superior del fuste (Castillo y Nalvarte 2007).

El árbol alcanza una altura total de 25 m, y un diámetro de 50 a 150 cm. Presenta hojas simples, coriáceas y lustrosas; con nervios secundarios poco notorios, alternas dispuestas en espiral, agrupadas en los extremos de las ramitas. La corteza externa es de color pardo oscuro, de textura compacta, espesor de 15 mm, profundamente fisurada a lo largo del fuste en surcos paralelos, ritidoma leñoso en placas rectangulares. La corteza interna es laminar y rosada. Segrega látex blanco, pegajoso, de sabor dulce y consistencia lechosa en forma abundante. Los frutos son comestibles, dulces y muy agradables, pero no se comercializan (CPM 2008).

2.3.2. Distribución

Se encuentra distribuida en América tropical. En el Perú se encuentra distribuida en los departamentos de Loreto, Ucayali y San Martín; debajo de los 700 msnm. Se desarrolla en las formaciones ecológicas de bosque seco tropical y bosque húmedo tropical, en suelos bajos de las riberas de los ríos formando rodales generalmente puros. Asociada con *Guarea sp., Ficus sp., Cecropia sp., Calycophyllum spruceanum, Hura crepitans, Aniba sp*., y otras (CPM, 2008).

2.4. Variable en estudio

El estudio de la variable independiente del hongo micorriza tiene como variable dependiente; número de esporas, colonización, tamaño y color, donde se tiene que los indicadores; número de esporas en 100 g de suelo, % colonización, diámetro mm y tabla de colores de IVAM, nos permitirá lograr los objetivos de Identificación, nivel de propagación y colonización de hongos micorriza asociados a *Manilkara bidentata* (Quinilla colorada) en el bosque húmedo tropical de la zona de Macuya, Huánuco – Perú.

III. MÉTODO

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó en dos fases:

La fase de campo se ejecutó en el bosque del Centro de Investigación y Capacitación Forestal Macuya – Zoilo Nilo Córdova Guerra (CICFOR-Macuya), de la Universidad Nacional de Ucayali; ubicado en las coordenadas UTM 9019140 N y 49902 E (ver anexo 3). Este bosque se caracteriza por ser un bosque húmedo tropical de colinas bajas y elevaciones que varían entre 250 a 500 m.s.n.m., temperatura promedio de 26.6 °C, humedad relativa de 85 % y precipitación anual de 2000 – 3000 mm.

La fase de laboratorio se ejecutó en el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP – Ucayali), localizado en el Km. 12.400 de la Carretera Federico Basadre, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali.

3.2. Identificación y descripción del material experimental

En esta investigación se contó con dos materiales experimentales. El primer material experimental fueron las muestras de suelo, tomadas bajo la proyección de la copa de los árboles de *Manilkara bidentata* del bosque del CICFOR-Macuya, en las cuales se evaluó el nivel de propagación de esporas de los hongos micorríticos arbusculares. El segundo material experimental fueron las muestras de raíces, de los árboles de *Manilkara bidentata* del bosque del CICFOR-Macuya, en las cuales se evaluó el nivel de colonización de los hongos micorríticos arbusculares.

3.3. Variables

Las variables respuestas fue géneros y especies de los hongos micorríticos arbusculares, el conteo de esporas en el suelo y él porcentaje de colonización de los hongos en las raíces.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Se tienen dos poblaciones, correspondiente a los dos materiales en estudio. La primera población es el suelo que se halla bajo la proyección de la copa, de todos los árboles de *Manilkara bidentata*, del bosque del CICFOR-Macuya.

La segunda población son las raíces de todos los árboles de *Manilkara bidentata*, del bosque del CICFOR-Macuya.

3.4.2. Muestra

Corresponden a las 15 muestras de suelo y de raíces que se colectaron bajo la proyección de la copa de los árboles de *Manilkara bidentata*, del bosque del CICFOR-Macuya.

3.5. Recolección de datos

3.5.1. Fuentes de información

Este estudio se basó en fuentes de información primaria, pues se utilizó como datos las mediciones efectuadas en las muestras de suelo y de raíces, para determinar la presencia de esporas y el nivel de colonización del hongo micorrítico arbuscular en árboles de *Manilkara bidentata*; asimismo, bibliografía secundaria para las discusiones.

3.5.2. Unidad de medición

Corresponden a cada uno de las 15 muestras de suelo y de raíces que se tomaron bajo la proyección de la copa de los árboles de *Manilkara bidentata*, del bosque del CICFOR-Macuya los mismos que están compuestas por:

- ✓ Una muestra de suelo fue de 2 Kg/árbol de *Manilkara bidentata* en campo; (500 g por cada punto cardinal), teniendo como unidad de medición, número de esporas/20 g de suelo en el análisis de laboratorio.

- ✓ Una muestra de raíz con HMA (40 cm de raíces finas/ árbol de *Manilkara bidentata*) en campo; teniendo como unidad de medición, el porcentaje (%) de colonización en el análisis de laboratorio.

3.5.3. Tipo de muestreo

3.5.3.1. Muestreo de árboles de *Manilkara bidentata*

Aleatoriamente se tomaron 15 árboles de *Manilkara bidentata* dentro del área del bosque. Para definir la cantidad de árboles, se tuvo en cuenta el estudio realizado por Rocha *et al*. (2015) quien extrajo muestras de suelo y muestras de raíz de 10 árboles, pero en este estudio, se aumentó la muestra a 15 árboles para mejorar la representatividad de la muestra.

3.5.3.2. Muestreo de suelos

El muestreo de suelo se realizó, en el área de proyección de la copa de cada uno de los árboles, se tomó una muestra compuesta de suelo. A partir de la base del árbol, siguiendo las direcciones de los cuatro puntos cardinales (norte, sur, este y oeste); la muestra de suelo de fue 500 g (por punto cardinal), a una profundidad de 20 cm. La muestra de suelo se tomó al costado de la raíz fina que se descubrió al desenterrar la raíz principal, que seguía el punto cardinal, se especifica que por cada árbol se tomaron cuatro muestras de suelo, las cuales constituyeron una muestra compuesta de 2 Kg. (Figura 2), de esta manera se colectaron 15 unidades muéstrales, obteniendo 2 Kg de suelo x 15 unidades muéstrales = 30 kg.

3.5.4. Técnica para la recolección de los datos

Se desarrolló en dos fases, el mismo que a continuación se detalla:

3.5.4.1. En el campo

a) Ubicación de los árboles

Los árboles de *Manilkara bidentata* (quinilla colorada), fueron ubicados dentro del bosque natural, mediante un muestreo al azar, las coordenadas UTM se determinaron con un receptor GPS (Cuadro 2), los árboles se marcaron y numeraron con pintura a la altura del diámetro del pecho.

Cuadro 2. Coordenadas UTM de los 15 árboles de *Manilkara bidentata* (quinilla colorada).

Código	Coordenadas UTM		Diámetro (cm)	Altura (m)
	E	N		
Q_1	498966	9019048	21.5	17
Q_2	498667	9019063	103.3	34
Q_3	498600	9018906	10.3	8
Q_4	498572	9018871	17.3	13
Q_5	498639	9018629	37.3	17
Q_6	498897	9018864	83	28
Q_7	498969	9018893	92.4	32
Q_8	499316	9018655	92.9	30
Q_9	499112	9018459	88.3	31
Q_{10}	498941	9018477	94.8	33
Q_{11}	499095	9018208	29.9	20
Q_{12}	499179	9018020	76.6	34
Q_{13}	499159	9017783	73	27
Q_{14}	499774	9017767	17.9	18
Q_{15}	499898	9017135	56.4	24

*Q= quinilla colorada

b) Obtención de las muestras del suelo

El muestreo de suelo se realizó con la ayuda de un barreno manual para suelos realizando la perforación del suelo, siguiendo las direcciones de los puntos cardinales (N – S – E – O), dentro del área de la proyección de la copa de cada árbol, se colecto 500 g de suelo por cada punto cardinal, a 20 cm de profundidad, siendo 4 sub muestras las que constituían una unidad muestral de 2 Kg de suelo, cabe señalar que las sub muestras fueron extraídas al costado de la raíz de quinilla colorada; obteniéndose 15

unidades muéstrales para el estudio (Figura 2) el mismo que tuvo un total de 30 kg de suelo.; extraídas del Centro de Investigación y Capacitación Forestal Macuya. Así mismo de las 15 unidades muéstrales se constituyó una muestra compuesta de 1 kg para el análisis físico y químico del suelo (Anexo 2), con la finalidad de describir y relacionar el mismo con el nivel de colonización y la presencia de esporas.

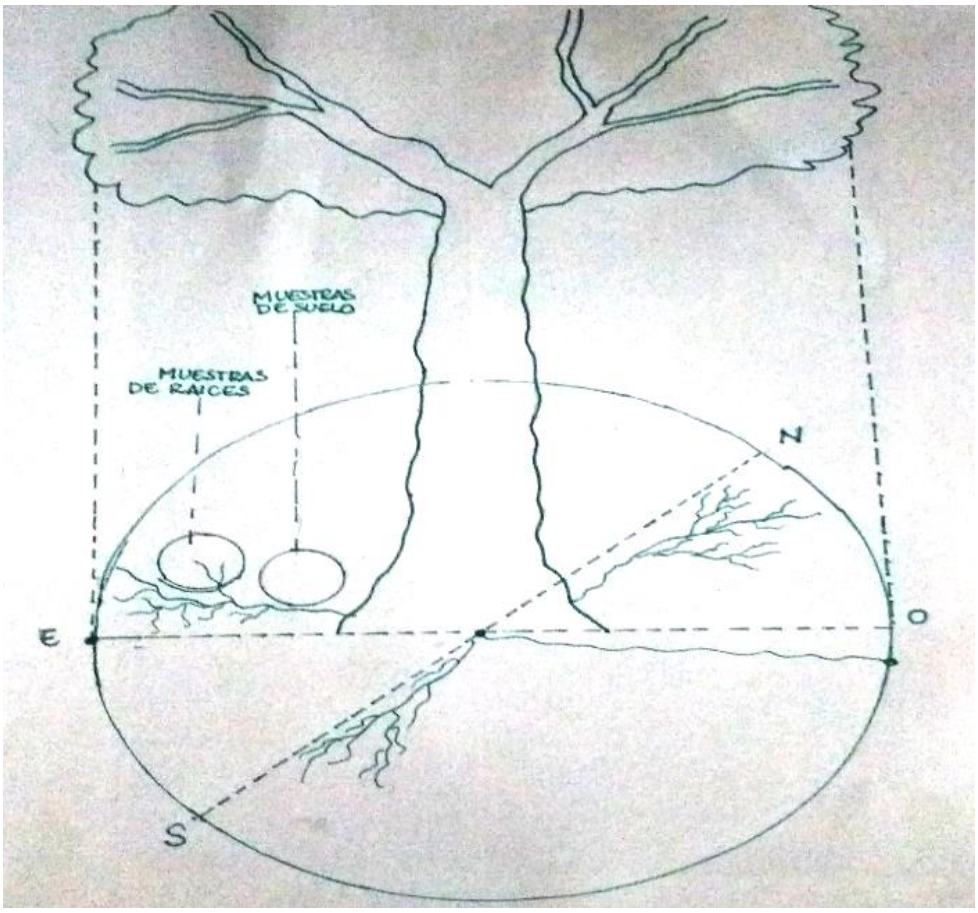


Figura 2. Esquema del muestreo de suelos y raíces.

El análisis físico y químico de suelo lo realizó la Universidad Nacional Agraria la Molina y se interpretó con la tabla de caracterización empleado por la misma Universidad, el cual revela que es un suelo franco arcilloso con pH fuertemente acido, con bajo nivel de fosforo y nivel medio de potasio y materia orgánica.

c) Obtención de las muestras de raíz

El muestreo de las raíces se realizó, al lado del punto en el que se tomó la muestra de suelo, con ayuda de una pala se excavo el suelo hasta aproximadamente 30 cm de profundidad siempre siguiendo la estructura de la raíz en dirección de los puntos cardinales. Se obtuvo cuatro (4) sub muestras de raíces finas (pelos radiculares) la misma que hacia un total aproximado de 40 cm de raíz (Rocha *et al.* 2015)

3.5.4.2. En el laboratorio

Se llevaron las muestras compuestas de suelos y raíces al laboratorio del IIAP-Ucayali, donde las muestras de suelos de cada unidad muestral (15 unidades cada una de 2000 g) fueron desmenuzados y homogenizados de forma manual, de la cual se tomó una sub muestra (20 g de suelo) por cada árbol de *Manilkara bidentata* (quinilla colorada) para el respectivo análisis en el laboratorio.

Obteniendo así por cada árbol de *Manilkara bidentata* (quinilla colorada), 15 muestras de suelo; y 15 muestras de raíces (cada una compuesta aproximadamente por 40 cm de raíces finas).

a) Preparación de la muestra de las raíces para estimar el nivel de colonización del hongo micorrítico arbuscular

Se seleccionó las raíces finas tomadas al azar de *Manilkara bidentata* (quinilla colorada) en campo, por cada muestra (15 muestras), las cuales fueron colocadas cada una en 15 tubos de ensayo de 25 ml de capacidad debidamente rotulados (Ruiz *et al*. 2011).

A cada tubo de ensayo se agregó Hidróxido de potasio (KOH) al 10% hasta cubrir las raíces, para el caso de raíces muy pigmentadas se dejó en KOH por 24 horas, realizando recambio de KOH cada 12 horas, lo cual permitió la eliminación de pigmentos, posteriormente se colocó los 15 tubos de ensayos en rejillas para luego someter a baño maría por una hora a temperatura de 90ºC.

Una vez concluido el tiempo se eliminó el KOH y se agregó el colorante (Tinte rojo pelikan 50% + vinagre 50%) a cada tubo de ensayo hasta cubrir las raíces.

Incorporado el tinte en los tubos se dejó en baño maría por 15 minutos, concluidos los 15 minutos se enjuago una vez con vinagre.

Para llevar a cabo la evaluación de colonización se empleó el método sugerido por Ruiz *et al*. (2011) y se registró en las fichas sugeridas por el mismo.

La evaluación de la colonización consistió en colocar 10 segmentos de raíces de 1 cm de longitud en un porta objeto (donde se realizó 3 repeticiones que hacían un total de 30 segmentos de 1 cm de raíces por cada árbol de quinilla colorada), sobre los cuales se agregó glicerol al 50%, luego se procedió a evaluar con ayuda de un microscopio a 40 X. El porcentaje de colonización se contabilizo mediante el método no sistemático del Cuadro 3.

Cuadro 3. Método no sistemático de estimación de colonización hongos micorríticos arbusculares en raíces.

Clases	Intensidad	Porcentaje (%)	Descripción
1	1	0-5	Escasas zonas colonizadas
2	2	6-25	Zonas pequeñas
3	3	26-50	Zonas más extensas
4	4	51-75	Sólidamente colonizada
5	5	76-100	Sin zonas no colonizadas

Fuente: (Ruiz *et al*. 2011).

b) Preparación de la muestra de suelo para estimar el nivel de propagación por esporas del hongo micorrítico arbuscular

La evaluación de la densidad de esporas se determinó a partir de 20 g de suelo obtenidas de cada una de las 15 muestras utilizando el método de desmenuzado, homogenizado, decantado y tamizado seguido de centrifugación en sacarosa (Ruiz et al. 2011).

El procedimiento a seguir fue desmenuzar y homogenizar el suelo, en un vaso de precipitación con agua, este contenido se colocó en una probeta de 1000 ml y se

completó con agua, luego se realizó 5 movimientos de vaivén a la probeta; y se decantó por 15 segundos.

Concluido el tiempo se vertió el sobrenadante primero en tamices de 250 µm para obtener una sedimentación favorable donde existan hongos micorriticos y luego se vertió en tamices de 45 µm, teniendo cuidado de no remover el material sedimentado. El contenido del tamiz de 45 µm, se colecto en tubos de ensayo agregando agua hasta los 25 ml y completando hasta 50 ml con solución azucarada al 45%. Los tubos fueron debidamente rotulados y se centrifugaron a 2000 rpm por 1 minuto.

El sobrenadante se colecto en el tamiz de 45 µm y con la ayuda de una piceta se enjuago las esporas colectadas y se colectaron en una placa petri. La placa estaba marcada con líneas separadas por 1 cm entre sí, para establecer campos de conteo con el estereoscopio, según Ruiz et al (2011).

Utilizando un microscopio se agruparon las esporas por morfotipos para su clasificación a nivel de género usando la clave de la tabla de colores INVAM, (Ruiz et al. 2011).

Luego en una lámina porta objeto se colocó entre 5-10 esporas de cada uno de los morfotipos y se fijaron en PVGL y otras 5-10 esporas con el reactivo Melzer. Finalmente bajo un microscopio de alta resolución con un aumento de 40X e inmersión de 100X, se observó las características morfológicas más importantes como el color, diámetro, tipo y número de paredes, ornamentaciones y unión de la hifa de sustentación, para la identificación descriptiva.

c) Identificación morfológica de los hongos micorriza

Para tener un resultado más confiable se envió a Alemania una muestra de suelo compuesta por las 15 unidades muéstrales, el cual tenía un peso de 2000 g para su identificación taxonómica de los hongos micorríticos arbusculares a cargo del Dr. Sieverding especialista en identificación de hongos micorriticos arbusculares, ex catedrático de University of Hohenheim.

3.5.4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La evaluación de la variable colonización, número de esporas y color se midieron en el laboratorio del Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP-Ucayali) con ayuda de un microscopio, siendo estos observados de manera directa y evaluada a través de cuadros descriptivos y fichas (Anexo 2, 3, 4, 5, 6, 7) que indican o miden el grado de relación entre la planta y el hongo.

Por otra parte la evaluación de la variable tamaño de espora, se realizó a través de la técnica de observación directa y con el apoyo de un microscopio micrométrico en el IIAP-Ucayali.

3.6. Procesamiento de los datos

Para los datos se empleó el programa BioEstat, se calculó los estadísticos de tendencia central (media y mediana,), de variabilidad (desviación estándar y coeficiente de variabilidad), caja y sesgo, pruebas de normalidad, intervalos de confianza.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Identificación de hongos micorríticos arbusculares asociados con *Manilkara bidentata.*

Los resultados indican que *Manilkara bidentata* se asocia con hongos micorríticos arbusculares. Se identificaron 8 géneros y 12 especies que fueron los siguientes: *Acaulospora lacunosa, Acaulospora longula, Acaulospora morrowiae, Acaulospora scrobiculata, Claroideoglomus claroideum, Diversispora lutea, Diversispora spurca, Entrophospora infrequens, Glomus ambisporum, Paraglomus occutum, Redeckera pubescens* y *Rhizoglomus fasciculatum*. Este hallazgo coincide con otros estudios, pues Ruiz y Darvey (2005), reportan a los géneros *Acaulospora* y *Glomus* en plantaciones de *Bactris gasipaes* (pijuayo), asociada en sucesiones secundarias (de 5 a 15 años) y sistemas de producción en multiestratos; en tanto que Cuervo y Rivas (2007), reportan que el géneros *Glomus* sp es uno de los más abundantes en plantaciones de Tabebuia rosea y Cordia alliodora.

Este estudio es concordante también con los resultados de Rojas *et al*. (2014); quienes reportan a los géneros *Diversispora, Paraglomus, Acaulospora, Clareideoglomus, Diversispora, Glomus* y *Paraglomus* asociados con cacao en tres diferentes agroecosistemas; el mismo que confirma la riqueza de especies de hongos micorríticos arbusculares en suelos amazónicos, y Vega (2011) quien hallo los géneros; *Glomus, Entrophospora* y *Acaulospora* a pesar de las notables diferencias biofísicas entre el sitio de este estudio y la zona de Tingo María. Ruiz *et al*. (2011) mencionan, que esta riqueza de géneros puede estar relacionadas con las características químicas de los suelos (particularmente la acidez y el contenido de nutrientes), la precipitación pluvial y la composición florística en cada localidad.

La presencia de hongos micorríticos arbusculares, al pie de los árboles de *Manilkara bidentata*, podría indicar que es una especie micotrofa obligatoria, al igual que *Cedrela odorata* y *Copaifera reticulata*, especies que así fueron identificadas en el bosque de Dantas (Huánuco) por Mecinas (1990); pero que no fue el caso con *Cedrelinga catenaeformis*.

4.2. Cantidad de esporas de HMA, en el suelo asociado con *Manilkara bidentata*.

La cantidad de esporas (por 20 gramos de suelo) varió entre 44 esporas, en el árbol 5, y 156 esporas, en el árbol 9. Los mayores valores se observaron en los árboles 9, 4 y 3; con 156, 149 y 121 esporas, respectivamente, los menores valores se observaron en los árboles 5, 10 y 13; con 44 y 45 esporas, respectivamente (Figura 3).

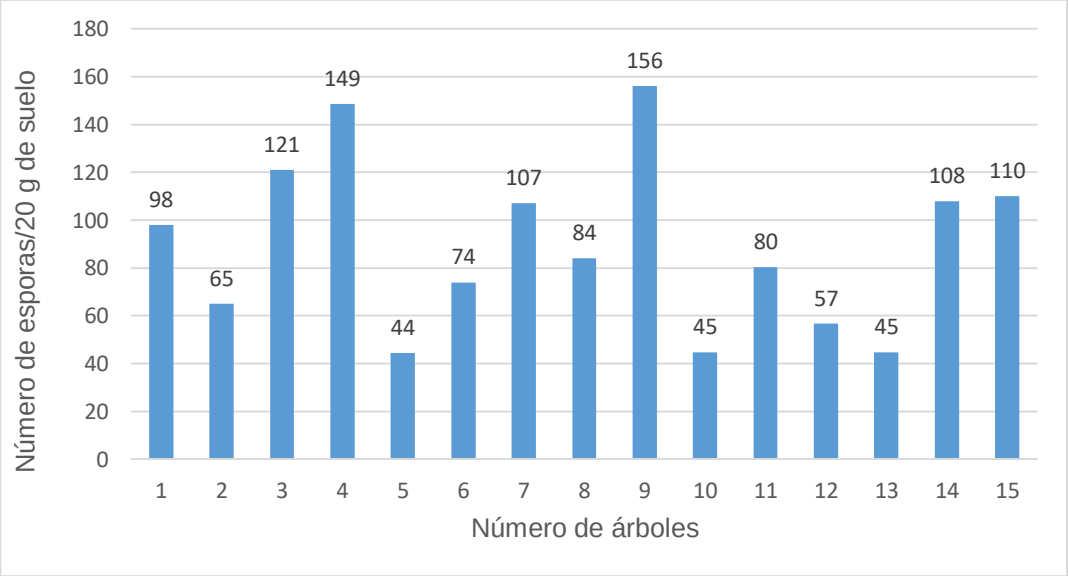


Figura 3. Número de esporas de hongos micorríticos arbusculares por 20 gramos de suelo en los árboles de *Manilkara bidentata*.

La media aritmética, fue de 89 y la mediana fue de 84. Estos datos mostraron una elevada variabilidad, con una desviación estándar muestral de 36 esporas y un coeficiente de variabilidad de 40%. Dado los reportes anteriores, en este estudio se consideró que la mediana es el estadístico que mejor expresó la tendencia central de los datos.

El coeficiente de correlación (r= -0.3399), indico que es baja la asociación y el Dap de los árboles y la prueba indican que no hay asociación (p valor = 0,2151).

El diagrama de caja y sesgo (mediana y cuartiles) mostró (Figura 4) que los datos presentaron una ligera distribución asimétrica positiva o hacia la derecha, dado que el coeficiente de asimetría fue de 0.4078 o sea mayor de cero (para que haya simetría el coeficiente debería tender a cero) y la media aritmética es mayor que la mediana.

Las pruebas de normalidad de D´Agostino (*p valor* > 0.05) y Shapiro-Wilk (*p valor* = 0.4047) demostraron que los datos, o sea la variable número de esporas por 20 gramos de suelo, se distribuye normalmente.

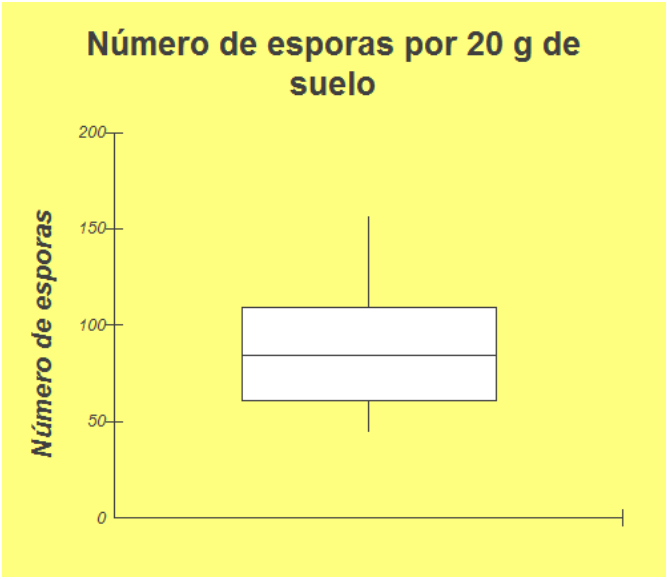


Figura 4. Diagrama de caja y sesgo (mediana y cuartiles) para el número de esporas de hongos micorriticos arbusculares por 20 gramos de suelo.

Dado que los datos tienen una distribución cercanamente a la normal, se estimaron los intervalos de confianza para la media poblacional. Así, el intervalo con un 95% de confianza varió entre 69.6 y 109.4 esporas por 20 g. de suelo; en tanto que el intervalo de confianza, con 99% de confianza, varió entre 61.8 y 117.2 esporas por 20 g. de suelo.

La diferencia en cuanto al número de esporas (Figura 3), en las quince unidades muéstrales, donde los árboles 4 y 9 de quinilla colorada obtuvieron mayor presencia de esporas a diferencia de los árboles 5, 10 y 13 de quinilla colorada, quizá se deba a factores como la distribución natural del hongo micorriza arbuscular en colonias y/o agregados distribuidos en el suelo; o a factores más complejos como las características físicas y químicas del suelo. Lo mencionado antes es afirmado por Rojas (2017), quien

indica que en muestreos periódicos en plantas trampas con maíz (*Zea maíz*), para la evaluación del número de esporas, mostraban indicadores mayores o menores dependiendo donde se tomara la muestra debido a los agregados que forman los hongos micorriza arbuscular. Además, Alvarado *et al*. (2004) afirma que el grado de infección (colonización) y el número de esporas en el suelo depende de factores específicos (pH, temperatura del suelo, fertilidad del suelo y contenido de humedad del suelo); de lo cual se colige que la variabilidad que se encontró en este estudio se podría deber a las diferentes condiciones microambientales (principalmente suelo y clima) existentes en el micrositio donde estuvo ubicado cada unidad muestral o árbol.

La cantidad de esporas, por unidad de peso de suelo (número de esporas por 20 g. de suelo), que se halló en este estudio; difiere de la información reportada por los estudios de Alvarado *et al*. (2004), Buelvas y Peñates (2008), Rocha *et al*. (2015) y a Rojas *et al.* (2014) probablemente debido a los diferentes métodos que se emplearon para medir la cantidad de esporas, a las diferentes condiciones biofísicas del sitio de estudio y a las diferentes especies empleadas como material experimental.

Alvarado *et al*. (2004) afirma que la variabilidad, en cuanto al número de esporas, se debe al efecto del grado de acidez del suelo (medido como pH) o su inverso, el grado de saturación de bases; no obstante, dado que la acidez del suelo, del bosque del CICFOR-Macuya es de 5.29, o sea, fuertemente acido (Anexo 1) esto habría favorecido la presencia del mismo, asimismo los valores de número de esporas son similares a los encontrados en algunos sitios ácidos en Costa Rica.

4.3. Colonización de los hongos micorríticos arbusculares en las raíces de *Manilkara bidentata*.

Los resultados evidencian que el árbol 3 presentó mayor colonización con 18%, seguido por el árbol 4 con 15.7 %, mientras que la unidad muestral que obtuvo menor valor fue el árbol 1 y árbol 5 con 4.2%, para ambos casos.

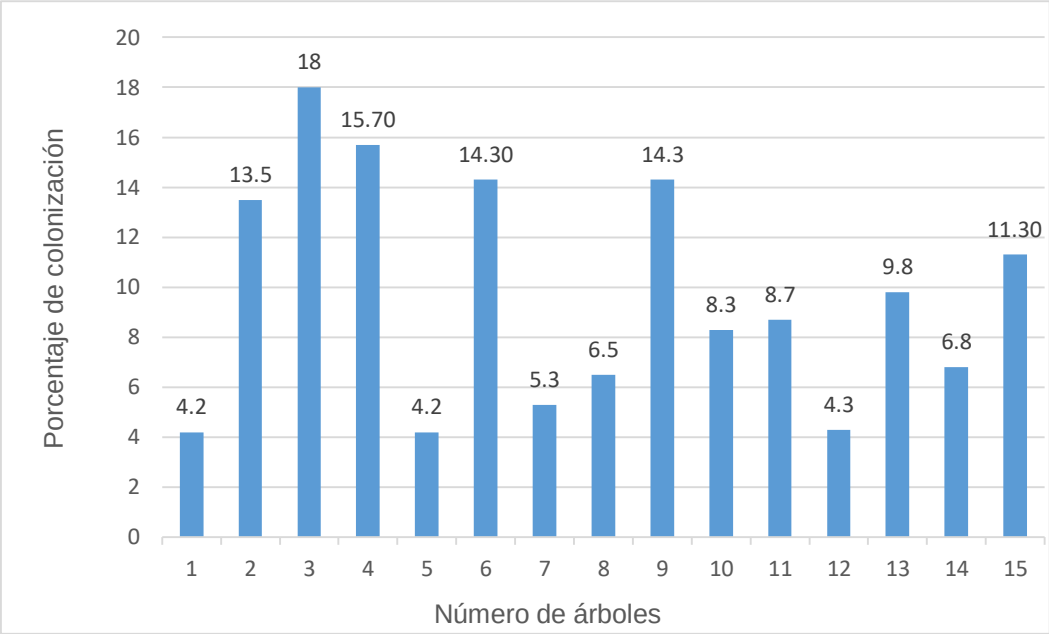


Figura 5. Porcentaje de colonización de hongos micorríticos arbusculares en los árboles de *Manilkara bidentata*.

La media aritmética fue de 9.7 y la mediana fue de 8.7. Estos datos mostraron una elevada variabilidad, con una desviación estándar muestral de 4.6 y un coeficiente de variabilidad de 47%. Dado los reportes anteriores, en este estudio se consideró que la mediana es el estadístico que mejor expresó la tendencia central de los datos.

El coeficiente de correlación (r = 00770) es extremadamente bajo, la prueba (p valor = 0.7850) indican que no hay asociación entre el dap y el nivel de colonización.

El diagrama de caja y sesgo (mediana y cuartiles) mostró (Figura 6) que los datos presentaron una ligera distribución asimétrica positiva o hacia la derecha, dado que el coeficiente de asimetría fue de 0.3606 o sea mayor de cero (para que haya simetría el coeficiente debería tender a cero) y la media aritmética es mayor que la mediana.

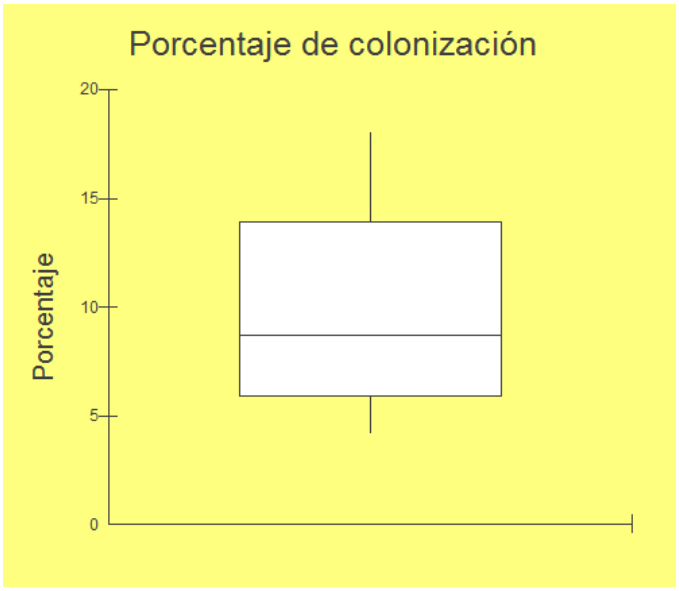


Figura 6. Diagrama de caja y sesgo (mediana y cuartiles) para el porcentaje de colonización de hongos micorríticos arbusculares en las raíces.

Las pruebas de normalidad de D´Agostino (*p valor* > 0.05) y Shapiro-Wilk (*p valor* = 0.2846) demostraron que los datos, o sea la variable porcentaje de colonización, se distribuye normalmente.

Dado que los datos tienen una distribución, cercanamente a la normal, se estimaron los intervalos de confianza para la media poblacional. Así, el intervalo con un 95% de confianza varió entre 7.2% y 12.3%; en tanto que el intervalo, con 99% de confianza, varió entre 6.2% y 13.2%.

Los datos de porcentaje de colonización, por árbol; así como los valores de la media aritmética y la mediana, de este estudio; difieren en cuanto los valores hallados por Cuervo y Rivas (2007) y Cardona *et al*. (2008). No obstante, los datos de este estudio si tienen similitudes con los valores de porcentaje de infección encontrados por Alvarado *et al*. (2004). Al respecto debe mencionarse que todos los estudios (antes mencionados), al igual que la presente investigación, coinciden en encontrar una alta variabilidad en el porcentaje de colonización.

La variabilidad en la colonización de los hongos micorrizas arbusculares depende del pH, temperatura y contenido de humedad del suelo; así como la fertilidad del suelo

(Schenk y Kellem 1981, Sieverdind 1984, Smith y Gianinazzi 1988 y Siquiera *et al*. 1989 citados por Alvarado *et al*. 2004); esto justificaría la presencia del hongo micorrítico arbuscular en el bosque del CICFOR-Macuya ya que la caracterización del suelo mostraba nivel bajo de fosforo (2.1 ppm) y medio de potasio (104 ppm) y materia orgánica (2.97 %) favoreciendo y generando un medio favorable para que proliferase la colonización y de acuerdo a lo manifestado por Palencia (2009) niveles bajos de ferlidad en el suelo activa la capacidad de absorción de nutrientes a través de las hifas del hongo micorrítico.

Con base en los hallazgos de Alvarado *et al*. (2004), se puede presumir que, los valores más altos de colonización ocurren en los árboles de *Manilkara bidentata* que se hallan en micrositios que se podrían clasificar como buenos (por cierta posición topográfica).

El análisis de correlación lineal de Pearson indicó que la relación, entre el porcentaje de colonización y el número de esporas en el suelo, es muy débil (r = 0.4869), pero positivo (r es positivo), sin embargo, se aceptó la hipótesis de que no existe asociación entre las dos variables antes mencionadas (p = 0.0656). Este resultado es consistente con lo hallado por Cuervo y Rivas (2007), de manera que se justifica, en la presente investigación, la explicación de los resultados (de manera individual) para el número de esporas en el suelo y el porcentaje de colonización.

V. CONCLUSIONES

- Se identificó ocho géneros y doce especies de hongo micorriticos arbuscular que se asocian con *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada).

- El número de esporas, de los hongos micorríticos arbusculares, al pie de los árboles de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada); es muy variable; y varía entre 44 a 156 esporas (por 20 g de suelo).

- El nivel de colonización, de los hongos micorríticos arbusculares, en las raíces de árboles de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada); es muy variable; y que oscilan entre 4.2% y 18.0%.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados se recomienda lo siguiente:

- ✓ Evaluar la etapa de colonización y presencia de esporas periódicamente, para establecer en el tiempo los momentos de más dependencia.

- ✓ Evaluar la relación entre el número de esporas e infección con variables edáficas.

- ✓ Realizar estudios más específicos en cuanto a la forma y puntos de muestreo en consideración a los puntos cardinales.

- ✓ Realizar evaluaciones con mayor número de muestras por árbol, para observar el efecto de la agregación del hongo micorríticos arbusculares.

- ✓ Realizar estudios de especificidad de hongos micorríticos arbusculares con *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada), en etapas de vivero y plantaciones.

- ✓ Continuar con trabajos de identificación taxonómica de hongos micorríticos arbusculares en especies de importancia comercial como caoba, cedro, ishpingo, tornillo entre otros.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, A; Chavarría, M; Guerrero, R; Boniche, J; Navarro, J. 2004. Características edáficas y presencia de micorrizas en plantaciones de teca (Tectona grandis L.f.) en Costa Rica. (en línea). Agronomía Costarricense 28(1): 89-100. Consultado 09 abr. 2017. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_agr/v28n01_089.pdf

Allen. M. 1991. The Ecology of mycorrhizae. Cambridge University Press, Cambridge. RU 184 p.

Bolívar A; Toro M; Sandoval M; López M, 2009. Importancia ambiental y socioeconómica de las micorrizas en el cultivo de cacao caso: hacienda cata, municipio Ocumare costa de oro, estado Aragua Venezuela. (en línea). Consultado 16 nov. 2015. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5904/pdf/5904bolivar_a.pdf.

Buelvas R; Peñates H. 2008. Caracterización de Géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares (H.M.A) y vesiculo arbusculares (H.M.V.A) nativas, asociadas con el pasto angleton (Dichanthium aristatum), bajo diferentes fuentes de abonamiento en la hacienda Casanare, Municipio de Tolú, Sucre. (en línea). Consultado 10 abr. 2017. Disponible en http://unisucre-repositorio.metabiblioteca.org/bitstream/001/429/2/633.202B928.pdf.

Cardona G, Peña C, Arcos A. 2008. Ocurrencia de hongos formadores de micorriza arbuscular asociado a ají (*Capsicum* sp.) en la amazonia colombiana. Agronomía colombiana 26(3): 459-470.

Castillo A; Nalvarte W, 2007. Descripción dendrológica de 26 especies forestales de importancia comercial: zonas de Tahuamanu y Alto Huallaga. Perú. (en línea). Consultado 09 abr. 2017. Disponible en https://es.scribd.com/doc/216180442/FIchas-26-Especies-PDF#scribd.

Confederación Peruana de la Madera (CPM). 2008. Compendio de Información Técnica de 32 Especies Forestales. TOMOII. Perú. (en línea). Consultado 09 abr. 2017. Disponible en http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/125.pdf.

Cuervo J; Rivas P. 2007. Cuantificación de hongos micorrícicos en muestras de suelo en plantaciones de Tabebuia rosea y Cordia allidora (en línea). NOVA 5(7): 38- 41. Consultado 10 oct. 2015. Disponible en http://www.unicolmayor.edu.co/publicaciones/index.php/nova/article/view/80

Hernández J, López C, Palma F. 2014. Caracterización morfológica de micorriza arbuscular asociada a Agave potatorum Zucc. Con potencial de uso agronómico. (en línea). Consultado 10 abr. 2017. Disponible en http://www.itvalleoaxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE%20vol%201(2)2014/RMAE-2014-09%20Micorriza.pdf.

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). 2012. Efecto a la Biofertilización con Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en el Cultivo del Tomate en Condiciones de Estrés Abiótico. (en línea). Consultado 10 abr. 2017. Disponible en http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v33n4/ctr05412.pdf.

Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). 2006. Plan nacional de reforestación: Perú 2005-2024. Lima, PE, 88 p.

Mecinas L., J. 1990. Ocurrencia de micorrizas en tres especies forestales de la Amazonia en el bosque de Dantas (Huánuco - Perú). Tesis Ing. Forestal. (UNALM). 136 p.

Medina M; Orozco F.; Márquez M, 2009. Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares de una crono-secuencia de suelos aluviales degradados por actividad minera en el bajo Cauca Antioqueño, Colombia. (en línea). Consultado 09 abr. 2017. Disponible en http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a02v62n1.pdf.

Melgar J; Dueñas J; Rivera C.; Mauricio J. 2007. Efecto de micorrizas en la producción orgánica de plantas de cacao. (en línea). Consultado 10 abr. 2017. Disponible en

http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/produccion%20sostenible/Guia%20de%20la%20Tecnologia%20de%20EM.pdf.

Navarro C, De la Riva E, Vera, Tosto A, Olmo M, Pérez Ramos I, Villar R.; Marañón T. 2013. Diversidad funcional de rasgos radiculares y grado de micorrización de especies leñosas mediterráneas a lo largo de un gradiente de disponibilidad de recursos edáficos. (en línea). Consultado 10 abr. 2017. Disponible en http: //www. Hdl.handle.net/10261/78533.digital.csic.es

Oehl, F.; Alves da Silva G.; Tomio Goto, B.; Sieverding, E. 2011.Glomeromycota: three new genera and glomoid species reorganized. Mycotaxon, 116: 75–120.

Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y Fauna Silvestre (OSINFOR), 2013. Evaluación de áreas deforestadas y humedales en los Departamentos de Loreto, Ucayali y Madre de Dios al Año 2011. (en línea). Perú. Consultado 10 abr 2017. Disponible en http://www.osinfor.gob.pe/portal/data/destacado/adjunto/areas_deforestadas_humedales.pdf.

Posada R. 2001. Presencia de Propágulos de Hongos de Micorriza arbuscular en muestras de hojarasca alrededor de dos especies arboreas en un bosque húmedo tropical. Colombia. (en línea). Consultado 09 abr 2017. Disponible en http://www.virtual.unal.edu.co/revistas/actabiol/Resumenes/ABC%2060101/R4V6N1.pdf.

Read, D. 1999. Mycorrhiza. The state of the art. En: Mycorrhiza 2nd. (A. Varma y B. Hock, eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelgerg. 3-34.

Rocha, I; González, M; Atencio J. 2015. Potencial micorrizico de suelos sometidos a diferentes usos (en línea). Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum”. Santa Bárbara de Zulia, VE. Consultado 09 abr. 2017. Disponible en http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/congresos/CVCS19/propiedades_procesos/PPS30.pdf

Rodríguez V; Soto A; Pérez J.; Negreros P. 2011. Los hongos micorrizicos arbusculares y su implicación en la producción y manejo de especies neotropicales forestales, con énfasis en Meliáceas. (en línea). Consultado 09 abr. 2017. http://www.interciencia.org/v36_08/564.pdf.

Rojas K, 2017. Distribución de los hongos micorriticos arbusculares (comunicación personal). Perú. Pucallpa, Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP).

Rojas K; Elizarbe C; Gárate M; Ayala M; Ruiz P.; Sieverding E. 2014. hongos de micorriza arbuscular en tres agroecosistemas de cacao (Theobroma cacao L.) en la amazonía peruana. Perú. (en línea). Consultado 09 abr. 2017. Disponible en http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL1407.pdf.

Ruiz P.; Davey B. 2005. Micorrizas arbusculares en ultisoles de la amazonía peruana. Perú. (en línea). Consultado 09 abr. 2017. Disponible en http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/Folia14_2_articulo7.pdf.

Ruiz P.; Meza A.; Rojas K. 2010. Ocurrencia de hongos de micorriza arbuscular (HMA) en la cuenca del río Aguaytía, Ucayali. Arequipa, Octubre 11-15, 2010. (Diapositivas), 19p.

Ruiz P.; Rojas K.; Sieverding E. 2011. La distribución geográfica de los hongos de micorriza arbuscular una prioridad de investigación en la Amazonía peruana. Perú. (en línea). Consultado 10 abr. 2017. Disponible en http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/viewFile/3479/3336.

Ruiz P.; Rojas Krystel. 2011. Manual Técnico. Protocolos y procedimientos de evaluación de hongos micorriza arbuscular. ASPERU. PE. 17-23.

Salamanca C, Silva M. 1998. Las micorrizas como alternativa para el manejo sostenible de los agroecosistemas tropicales. (en línea). Consultado 10 abr. 2017. Disponible en: http: //hdl.handle.net/11348/6609

Schübler A, Schwarzott d., Walker C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. Mycological Research 105:1413-1421.

Vega M. 2011. Identificación de micorrizas vesiculo – arbusculares en especies agrícolas y forestales en la zona de Tingo María, Peru. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, PE. 64p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Hongos micorríticos arbusculares presentes en el suelo con *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada).

Genero	Especie
Acaulospora	*Lacunoca*
Acaulospora	*Longula*
Acaulospora	*morrowlae*
Acaulospora	*scrobiculata*
Claroideoglomus	*claroideum*
Diversispora	*Lutea*
Diversispora	*Spurca*
Entrophospora	*infrequens*
Glomus	*ambisporum*
Paraglomus	*occutum*
Redeckera	*Pubescens*
Rhizoglomus	*Fasciculatum*

Anexo 02. Ficha de evaluación del número de esporas

Especie: *Manilkara bidentata* (quinilla colorada)

Fecha: 28 - 29 - 30 /09/16

Evaluador: Leywy Jesifer Macedo Pérez

N° Muestra	Número	Esporas (unid/20g Suelo)	Promedio
Q 1	I	118	98.00
	II	114	
	III	62	
Q 2	I	62	65.00
	II	71	
	III	62	
Q 3	I	124	121.00
	II	133	
	III	106	
Q 4	I	87	148.67
	II	144	
	III	215	
Q 5	I	71	44.33
	II	23	
	III	39	
Q 6	I	59	74.00
	II	76	
	III	87	
Q 7	I	126	107.00
	II	123	
	III	72	
Q 8	I	80	84.00
	II	118	
	III	54	
Q 9	I	116	156.00
	II	229	
	III	123	
Q 10	I	67	44.67
	II	42	
	III	25	

*Q= quinilla colorada; I= repetición uno; II= repetición dos; III= repetición tres

Anexo 03. Ficha de evaluación del número de esporas

Especie: *Manilkara bidentata* (quinilla colorada)

Fecha: 28 - 29 - 30 /09/16

Evaluador: Leywy Jesifer Macedo Pérez

N° Muestra	Número de esporas (unidad/20g Suelo)		Promedio
Q 11	I	53	80.33
	II	87	
	III	101	
Q 12	I	58	56.67
	II	55	
	III	57	
Q 13	I	44	44.67
	II	50	
	III	40	
Q 14	I	156	108.00
	II	81	
	III	87	
Q 15	I	125	110.00
	II	136	
	III	69	

*Q= quinilla colorada; I= repetición uno; II= repetición dos; III= repetición tres

Anexo 04. Ficha de evaluación de colonización

Especie: *Manilkara bidentata* (quinilla colorada)

Fecha: 20 - 21 - 22/09/16

Evaluador: Leywy Jesifer Macedo Pérez

N° Muestra		(%) Colonización/ segmento de raíces									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q 1	I	10 H - E	5 H - E Osc.	5 H - E Osc.	0 Osc.	0 Osc.	5 H - E	0 Osc.	0 Osc.	5 E Osc.	0 Osc.
	II	5 H - E Osc.	15 H - E	5 H - E Osc.	0 Osc.	0 E - Osc.	15 H - E	5 H – E	0 Osc.	5 H - E	5 H - V - Esp. E
	III	5 E - Osc.	0 Osc.	5 H -Int. E	5 E	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	0 Osc.	0 Osc.	10 Int. Osc. *H. raro
Q 2	I	E - Osc. H - Osc.	5 H - Esp. Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	30 V - H - Osc.	30 V - H - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	50 Esp. - Int. - Osc
	II	15 Int. - Osc	5 Int. - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.
	III	20 E - Int.	40 E -Int. Osc.	Micelio 25 E -Int. Osc.	25 E - Int - Osc.	10 E -Int. Osc.	Micelio 20 Int. E	10 E - Osc.	25 H -E - Int.	10 E - Osc.	20 Int. - E
Q 3	I	5 E - Osc.	5 V - H	70 H	40 E - I	5 Osc.	5 Osc.	0 Osc.	5 E - Osc.	15 Esp. - H	20 E - Int.
	II	5 E - Osc.	5 E - Osc.	40 V - H- Int. - E	10 H - Osc.	10 H - Osc.	5 H - E	5 E	5 H	15 V - H	5 E - Osc.
	III	100 Int. - E	40 H - Int. E	50 H - Int.	15 E - Osc.	25 V - H- Int. E	0 Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	15 E	Micelio 10 E

*Q= quinilla colorada; I= repetición uno; II= repetición dos; III= repetición tres; 1, 2, 3, …10= segmento de raíces

Anexo 05. Ficha de evaluación de colonización

Especie: *Manilkara bidentata* (quinilla colorada)

Fecha: 20 - 21 - 22/09/16

Evaluador: Leywy Jesifer Macedo Pérez

N° Muestra		(%) Colonización/ segmento de raíces									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q 4	I	5 E - Osc.	5 E - Osc.	10 E - Osc.	25 H -I -E- Osc.	30 H -Int. E	5 H - E – Osc	5 E - Osc.	5 E - Osc.	Hongo 30 H - Int. E	5 E - Osc.
	II	5 H	5 H - Int. Osc.	5 H - Int. E	5 H - Int.	70 H - Int. E	0 Osc.	15 H - Int	5 H - E- Osc.	5 H	0 Osc.
	III	25 Int. - E	70 H - Int.- E	80 Int. -E -Esc +	5 Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	25 Int.	5 H - Int.	5 H - Int.
Q 5	I	5 H - Osc.	0 Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	0 Osc.	0 Osc.	10 E - Osc.	0 Osc.	0 Osc.	5 Int. Osc.
	II	5 Osc.	5 E - Osc.	0 Osc.	10 E - Osc.	5 E	15 Osc.	10 E	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.
	III	5 E - Osc.	5 E - Osc.	0 Osc.	0 Osc.	0 Osc.	5 Osc.	5 Osc.	5 Int. Osc.	5 E - Osc.	0 Osc.
Q 6	I	35 Int. - Osc.	15 Int.	25 V - H- Int.	45 V - H - Int.	5 E	5 E	15 Int.	50 V - H - Int.	20 E - Osc.	15 H - Int.
	II	30 V - H - Osc.	15 H - Int.	5 Int.	15 H - Int.	15 H - Int.	5 V - H - Int.	20 E - Int.	5 H - Int.	5 H - E	0 Osc.
	III	15 E - Osc.	15 Int. - Osc.	0 Osc.	5 H - Osc.	5 Int.	5 Int. E	5 E	10 E	15 E - Osc.	10 Int.

*Q= quinilla colorada; I= repetición uno; II= repetición dos; III= repetición tres; 1, 2, 3, …10= segmento de raíces

Anexo 06. Ficha de evaluación de colonización

Especie: *Manilkara bidentata* (quinilla colorada)

Fecha: 20 - 21 - 22/09/16

Evaluador: Leywy Jesifer Macedo Pérez

N° Muestra		(%) Colonización/ segmento de raíces									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q 7	I	5 E -Osc.	0 Osc.	5 E - Osc.	10 Int. - E - Osc.	5 E	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	0 Osc.
	II	5 E - Osc.	5 E - Osc.	0 Osc.	5 E - Osc.	0 Osc.	15 V - H -Int.- E	5 Int.	5 E - Osc.	0 Osc.	5 E - Osc.
	III	5 E -Osc.	0 Osc.	15 Osc.	0 Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	0 Osc.	5 E - Osc.	0 Osc.	5 E - Osc.
Q 8	I	5 E - Osc.	0 Osc.	5 Int. - Osc.	5 E - H	15 H - Int.	10 E - Int. Osc.	5 E -Int. - Osc.	20 E - Int.	10 E	5 Int. Osc.
	II	15 H - Int.	0 Osc.	0 Osc.	10 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	15 E	5 E - Osc.	20 Int. Osc.
	III	0 Osc.	5 E - Osc.	0 Osc.	0 Osc.	5 E - Osc.	10 E - Osc.	0 Osc.	5 Int. Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.
Q 9	I	5 E - Osc.	15 E - Osc.	0 Osc.	5 E	5 E - Osc.	30 E - Osc.	20 E	5 E - Osc.	30 E - Osc.	5 Osc.
	II	20 E - Int.	5 E - Osc.	5 E - Int. - Osc.	5 E - Osc.	5 Osc.	10 H.- Osc.	5 H - Int. Osc.	30 H - Int. - E	5 E - Osc.	10 E - Osc.
	III	5 E	25 Int. -H - Osc.	5 E -Osc	20 Int. - H	20 Int. - H	15 H - Int.	60 H - Int.	5 E	50 V- E - Esp.	5 E

*Q= quinilla colorada; I= repetición uno; II= repetición dos; III= repetición tres; 1, 2, 3, …10= segmento de raíces

Anexo 07. Ficha de evaluación de colonización

Especie: *Manilkara bidentata* (quinilla colorada)

Fecha: 20 - 21 - 22/09/16

Evaluador: Leywy Jesifer Macedo Pérez

N° Muestra		(%) Colonización/ segmento de raíces									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q 10	I	30 H - E - Int.	10 H -E	10 H - E	5 E	0	5 E - Osc.	5 H. E	5 E	5 Int.	10 E
	II	5 E -Osc.	5 E - Osc.	5 E -Osc	60 V - H - Int.- Esc	5 H - Osc.	0 Osc.	5 E	0 Osc.	5 E	5 E
	III	5 E - Osc.	10 E -Int.	5 E -Osc	30 H - Int.	5 E	10 Int.	5 E	0 Osc.	0 Osc.	0 Osc.
Q 11	I	45 V - H	25 E - Int. - Osc.	15 E - Int.	25 E - Int.	5 E	5 Int.	15 E	20 H - Int.	5 E	0
	II	5 E	5 Int.	5 Int.	15 Int.	5 E - Osc.	5 Int.	5 E - Osc.	5 E	5 E	0
	III	0 Osc.	0 Osc.	0 Osc.	5 E	5 Int. - E	15 H - Int.	5 E - Osc.	15 E - Osc.	0 Osc.	0
Q 12	I	5 Int. - E	5 Int.	0 Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	15 Int.	5 Int.	5 E	5 Int. - Osc.	5 E
	II	15 Int.	0 Osc.	0 Osc.	5 Int. Osc.	0 Osc.	5 E	0	5 E	5 Int.	0
	III	0 Osc.	5 Osc.	10 Int. - E	5 E - Osc.	5 Int. - Osc.	5 E	0 Osc.	0 Osc.	5 E - Osc.	5 E

*Q= quinilla colorada; I= repetición uno; II= repetición dos; III= repetición tres; 1, 2, 3, …10= segmento de raíces

Anexo 08. Ficha de evaluación de colonización

Especie: *Manilkara bidentata* (quinilla colorada)

Fecha: 20 - 21 - 22/09/16

Evaluador: Leywy Jesifer Macedo Pérez

N° Muestra		(%) Colonización/ segmento de raíces									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q 13	I	60 V - H - Esc.	25 E	5 E - Osc.	5 Int.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 H	5 E	5 E	0 Osc.
	II	5 E - Osc.	5 E	5 E	25 E	5 E	25 E - Int.	0	5 E - Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.
	III	0 Osc.	0 Osc.	5 E	25 E	0 Osc.	5 E	15 Int.	5 Int.	0	35 E
Q 14	I	5 Esp. - Osc.	5 E	5 E	5 E	5 E	0	0	5 E	5 Int. - E	15 Int.
	II	5 Int. - E	0	0	5 V - H	5 E	15 Esp. - Int.	5 Int.	20 E	30 Int.	15 H - Int.
	III	10 Int.	5 E	0	0	0	0	10 Int.	5 E	25 V - H	0
Q 15	I	0 Osc.	0 Osc.	0 Osc.	25 V - H - Esc	40 Esc	15 Esp. – E	5 Int.	0 Osc.	25 Esc	15 Esc.
	II	0	0 Osc.	5 E - Osc.	5 E - Osc.	50 V - H- Int.	50 * Int.	15 E - Osc.	15 E - Osc.	0 Osc.	0 Osc.
	III	15 H - Int.	5 H - E	0	15 H - E - Osc.	10 H - Int. E - Osc.	0 Osc.	0 Osc.	5 E	0	25 H - Int. - E

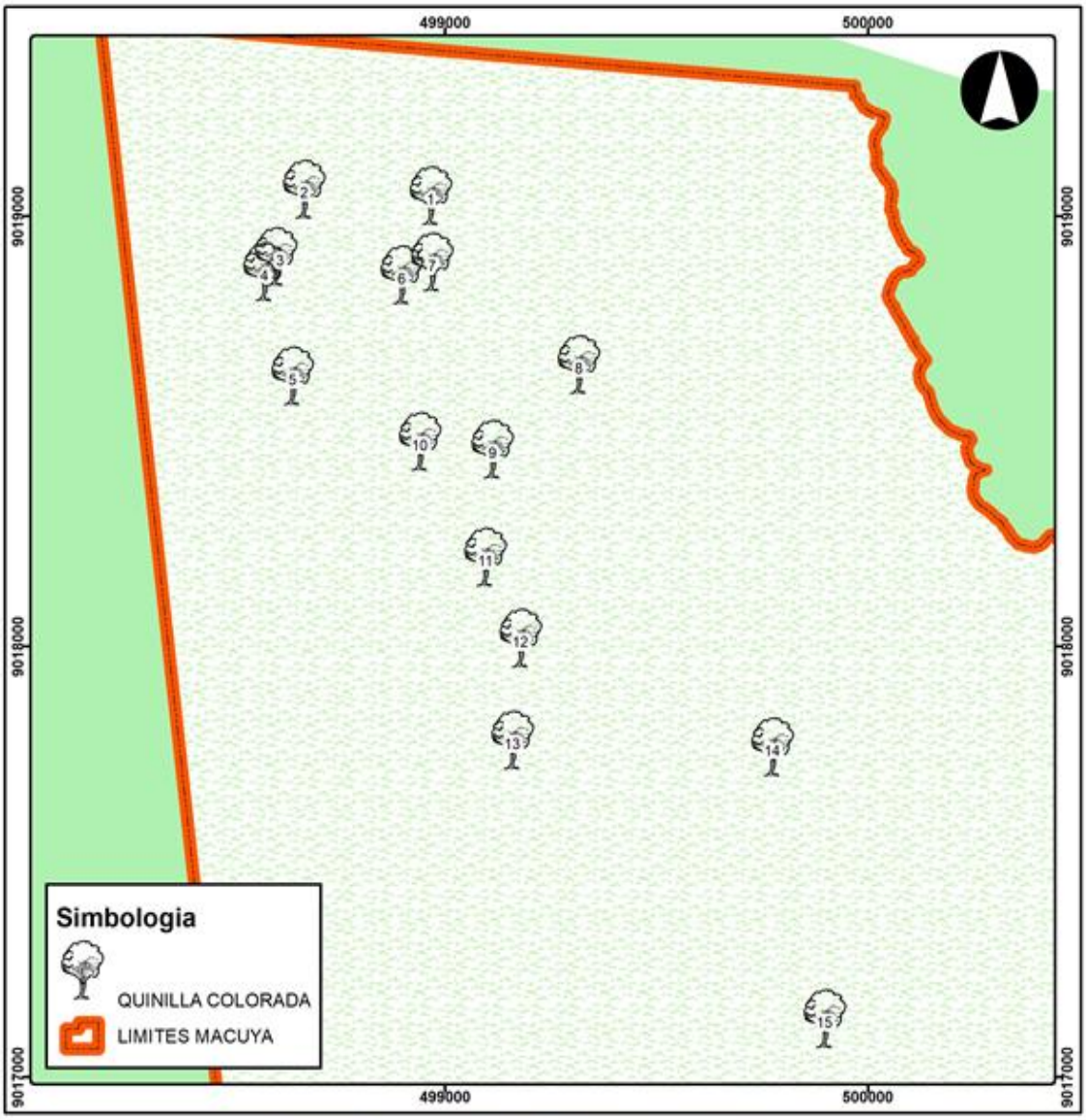
*Q= quinilla colorada; I= repetición uno; II= repetición dos; III= repetición tres; 1, 2, 3, …10= segmento de raíces

Anexo 9. Análisis de suelos y caracterización

Fuente: Universidad Nacional Agraria la Molina

Número de Muestra			C.E.					Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma	Suma	%
Lab	Claves	pH	(1:1)	$CaCO_3$	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Textural		Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}	Na^{+}	$Al^{+3} + H^{+}$	de	de	Sat. De
		(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%		meq/100g						Cationes	Bases	Bases
12048	M2QUINILLA	5.29	0.18	0.00	2.97	2.1	104	42	31	27	Fr.Ar.	19.68	12.10	2.42	0.30	0.09	0.30	15.20	14.90	76

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcillos



Codigo	Coordenadas UTM	
	E	N
Árbol 01	498966,	9019048
Árbol 02	498667	9019063
Árbol 03	498600	9018906
Árbol 04	498572	9018871
Árbol 05	498639	9018629
Árbol 06	498897	9018864
Árbol 07	498969	9018893
Árbol 08	499316,	9018655,
Árbol 09	499112	9018459,
Árbol 10	498941	9018477,
Árbol 11	499095	9018208,
Árbol 12	499179,	9018020,
Árbol 13	499159	9017783
Árbol 14	499774	9017767
Árbol 15	499898	9017135

Anexo 10. Ubicación del ámbito de estudio.



Anexo 11. Marcado y geo-referencia de las unidades muéstrales de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada).



Anexo 12. Toma de datos descriptivos del área en estudio de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada).



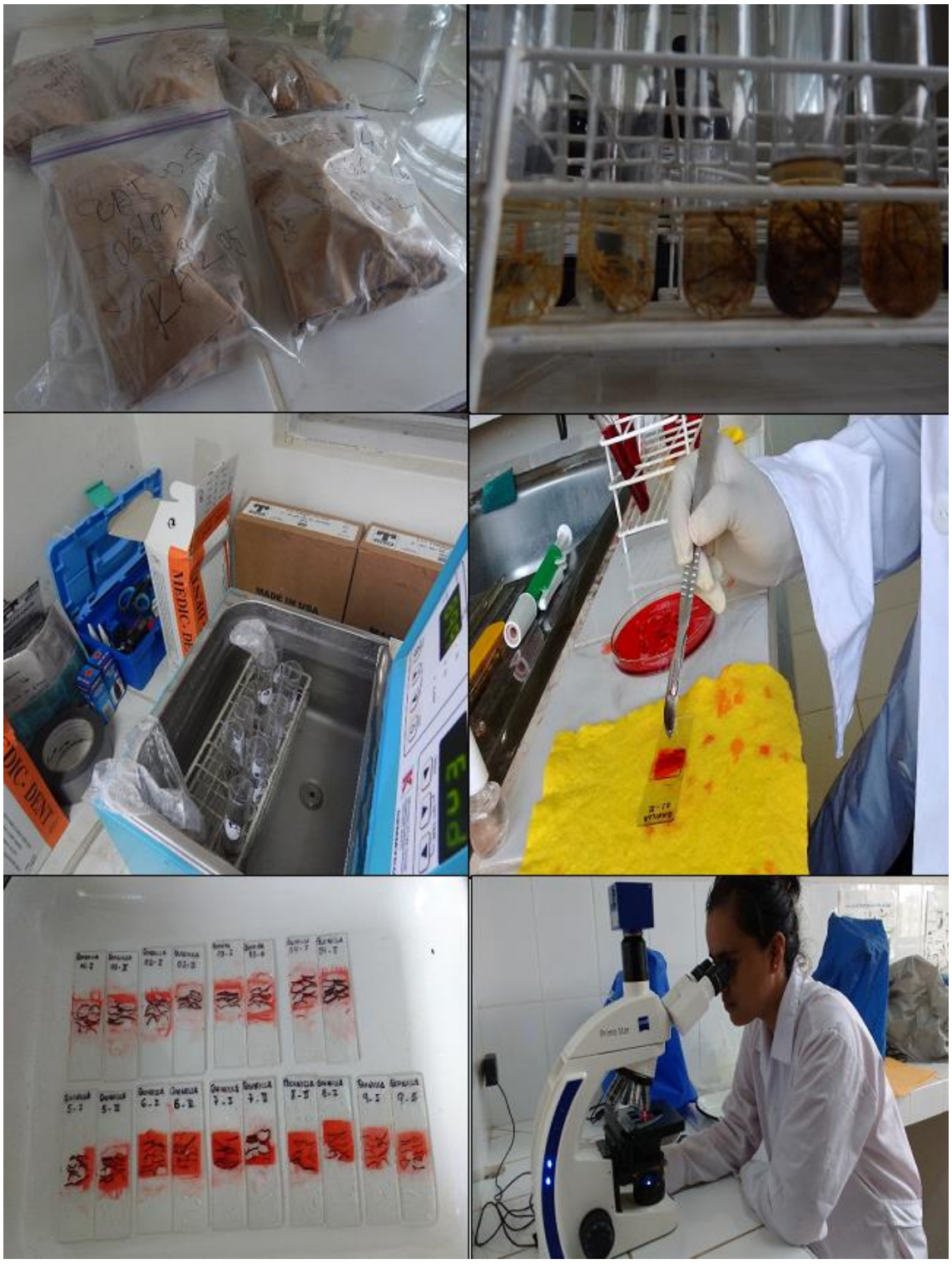
Anexo 13. Toma de muestras de suelo del área de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada).



Anexo 14. Toma de raíz de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada).



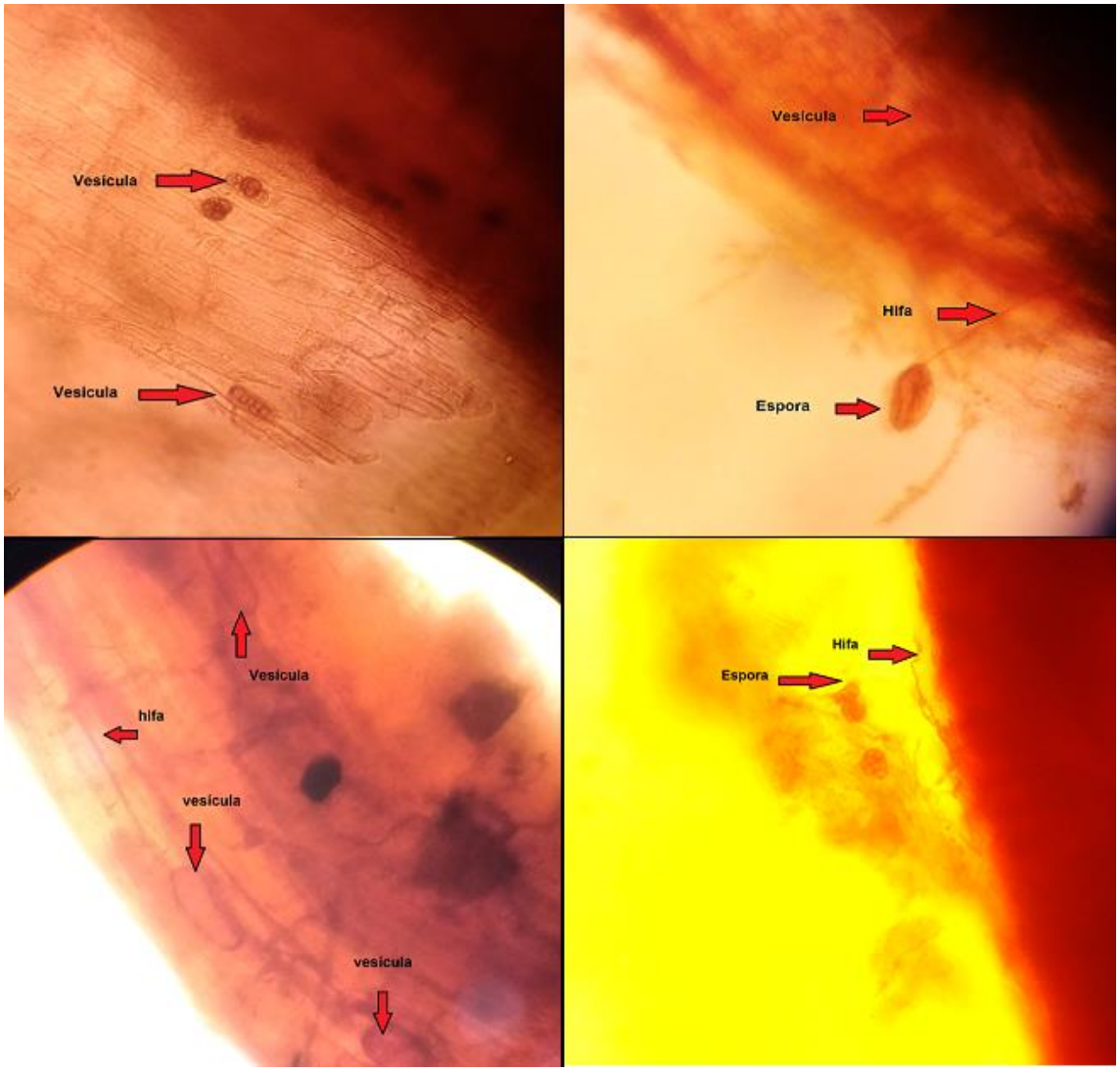
Anexo 15. Procedimiento para la evaluación de esporas de hongos micorríticos arbusculares en suelos de *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada).



Anexo 16. Procedimiento para la evaluación de colonización de hongos micorriticos arbusculares en *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada)



Anexo 17. Presencia de esporas de hongos micorriticos arbusculares asociadas a *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada).



Anexo 18. Colonización de hongos micorriticos arbusculares asociadas a *Manilkara bidentata* A. DC. Chev (quinilla colorada).