



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES EN PLANTACIONES DE
CACAO NATIVO (*Theobroma cacao* L.) EN LAS
PROVINCIAS DE BAGUA Y UTCUBAMBA,
REGIÓN AMAZONAS.

Autor : Bach. Kelvin James Llanos Gómez

Asesor : Ing. Mg. Santos Triunfo Leiva Espinoza

Co-Asesores : Blga. Maria Julia Silva Manco
: Ing. Tito Sanchez Santillan

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS - PERÚ

2020



**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**IDENTIFICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES EN PLANTACIONES DE
CACAO NATIVO (*Theobroma cacao* L.) EN LAS
PROVINCIAS DE BAGUA Y UTCUBAMBA,
REGIÓN AMAZONAS.**

Autor: Bach. Kelvin James Llanos Gómez

Asesor: Ing. Mg. Santos Triunfo Leiva Espinoza

Co-asesores: Blga. Maria Julia Silva Manco

: Ing. Tito Sanchez Santillan

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a mi hermosa familia.

A mis padres Wilson Llanos Chuquizuta y Flor Gómez López por el apoyo y esfuerzo brindado para seguir adelante y no desistir.

A mis queridos hermanos Denis, Mallury y Nivia por su compañía y motivación constante.

A mis amados abuelos que en paz descansan, que me apoyaron en vida; a todos ellos con amor y cariño todo mi esfuerzo puesto en la realización de esta tesis.

Kelvin James Llanos Gómez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por Haberme acompañado y guiado en cada paso de mi vida y por ser mi fortaleza en momentos difíciles.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza que me acogió durante la formación académica y me brindó los conocimientos necesarios.

Al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDESCES), a través del director el Mg.Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz, por el financiamiento y el haberme permitido pertenecer a dicha Institución.

Al Mg. Santos Triunfo Leiva Espinoza. Por brindarme la oportunidad, apoyo y asesoramiento en el presente trabajo de investigación.

A la Bióloga Maria Julia Silva Manco, por su persistente orientación científica hacia mi persona y al Ing. Tito Sanchez Santillan por sus consejos y recomendaciones, ambos como co-asesores en la realización de este trabajo.

A todo el grupo de trabajo del Laboratorio de Investigación en Sanidad Vegetal (LABISANV). Por su compañía y apoyo constante.

Kelvin James Llanos Gómez

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

RECTOR

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Ing. Mg. Sc. ERICK ALDO AUQUIÑIVÍN SILVA

DECANO DE LA FACULTAD

DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Ing. LEIVA ESPINOZA, Santos Triunfo, profesor nombrado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma que suscribe, hace constar que ha asesorado la tesis titulada: **IDENTIFICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN PLANTACIONES DE CACAO NATIVO (*Theobroma cacao* L.) EN LAS PROVINCIAS DE BAGUA Y UTCUBAMBA, REGIÓN AMAZONAS**. Elaborado por el Bach. LLANOS GÓMEZ, Kelvin James egresado de la carrera profesional de Ingeniería Agrónoma de la UNTRM.

El docente de la UNTRM que suscribe da su visto bueno para que la tesis mencionada sea presentada al jurado evaluador, manifestando su voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

Chachapoyas, 07 de agosto del 2020.



Ing. Mg. Santos Triunfo Leiva Espinoza
Asesor De Tesis

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS

Yo, SILVA MANCO, Maria Julia licenciada en Biología de la Universidad Ricardo Palma y trabajadora del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES- CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, hago constar que he asesorado la tesis titulada: **IDENTIFICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN PLANTACIONES DE CACAO NATIVO (*Theobroma cacao* L.) EN LAS PROVINCIAS DE BAGUA Y UTCUBAMBA, REGIÓN AMAZONAS**. Elaborado por el Bach. LLANOS GÓMEZ, Kelvin James egresado de la carrera profesional de Ingeniería Agrónoma de la UNTRM.

Suscribo la presente dando el visto bueno respectivo para que la tesis mencionada sea presentada al jurado evaluador, manifestando la voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

Chachapoyas, 07 de agosto del 2020.



Blga. Maria Julia Silva Manco

Co-Asesora

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS

Yo, SANCHEZ SANTILLAN, Tito Ingeniero Agrónomo egresado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, hago constar que he asesorado la tesis titulada: **IDENTIFICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN PLANTACIONES DE CACAO NATIVO (*Theobroma cacao* L.) EN LAS PROVINCIAS DE BAGUA Y UTCUBAMBA, REGIÓN AMAZONAS.** del tesista Bach. LLANOS GÓMEZ, Kelvin James egresado de la carrera profesional de Ingeniería Agrónoma de la UNTRM.

Suscribo la presente dando el visto bueno respectivo para que la tesis mencionada sea presentada al jurado evaluador, manifestando la voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

Chachapoyas, 07 de agosto del 2020.



Ing. Tito Sanchez Santillan

Co-Asesor

JURADO EVALUADOR DE TESIS



LIGIA MAGALI GARCÍA ROSERO, PhD

PRESIDENTE



Ing. Mg. Sc. WALTER DANIEL SÁNCHEZ AGUILAR

SECRETARIO



Ing. GUILLERMO IDROGO VÁSQUEZ

VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-O

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del jurado Evaluador del proyecto de tesis titulado: "IDENTIFICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN PLANTACIONES DE CACAO NATIVO (*Theobroma cacao* L.) EN LAS PROVINCIAS DE BAGUA Y UTCUBAMBA, REGIÓN AMAZONAS" Presentado por el estudiante () /egresado (X) **Bach. Kelvin James Llanos Gómez**

De la escuela profesional de **Ingeniería Agrónoma**

Con correo electrónico institucional **Kelvin.llanos@untrm.edu.pe**

Después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada tesis acordamos:

- La citada tesis tiene **15%** de similitud, según el reporte de software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) /igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada tesis tiene ____% de similitud, según el reporte del software turnitin que se adjunta el presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe realizar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregido para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 07 de Agosto del 2020

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTA

OBSERVACIONES:

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

ANEXO 3-N

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día **02** de Octubre del año **2020**, siendo las **16:00** horas, el aspirante **KELVIN JAMES LLANOS GÓMEZ** defiende en sesión pública la tesis titulada: **“IDENTIFICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN PLANTACIONES DE CACAO NATIVO (*Theobroma cacao* L.) EN LAS PROVINCIAS DE BAGUA Y UTCUBAMBA, REGIÓN AMAZONAS”**, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Agrónomo** a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el jurado evaluador, constituido por:

Presidenta: **Ligia Magali García Rosero, PhD.**

Secretario: **Ing. MSc. Walter Daniel Sánchez Aguilar**

Vocal: **Ing. Guillermo Idrogo Vásquez**

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado Evaluador determinó la calificación concedida de la Tesis para obtener el Título Profesional en términos de:

Aprobado (**X**) Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las **18:00** horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación

de la Tesis para obtener el Título Profesional.



SECRETARIO



VOCAL

Chachapoyas, 02 de Octubre de 2020



PRESIDENTA

OBSERVACIONES:

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS | v |
| VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS | vi |
| VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS | vii |
| VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS | viii |
| JURADO EVALUADOR DE TESIS | ix |
| CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS | x |
| ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS | xi |
| ÍNDICE GENERAL | xii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xiv |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xv |
| ABSTRAC | xvii |
| I. INTRODUCCIÓN | 18 |
| II. MATERIALES Y MÉTODOS | 20 |
| 2.1. Ubicación del experimento | 20 |
| 2.2. Materiales y reactivos | 22 |
| 2.3. Metodología utilizada | 23 |
| 2.3.1. Diseño de la investigación | 23 |
| 2.3.2. Población muestra y muestreo | 23 |
| Población | 23 |
| Muestra: | 23 |
| 2.4. Fase campo | 24 |
| 2.4.1. Determinación de las zonas de recolección de muestras | 24 |
| 2.4.2. Muestreo de suelos | 25 |
| 2.5. Fase laboratorio | 26 |
| 2.5.1. Proceso de aislamiento de esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) 26 | |
| 2.5.2. Identificación de Familias de hongos Micorrízicos arbusculares | 26 |

| | |
|---|----|
| 2.5.3. Determinación del análisis físico-Químico del suelo | 29 |
| III. RESULTADOS | 30 |
| 3.1. Morfotipos de HMA encontrados en las provincias de Bagua y Utcubamba | 30 |
| 3.2. Identificación de hongos micorrízicos arbusculares..... | 32 |
| 3.3. Porcentaje total de familias de HMA encontrados en las provincias de Bagua y Utcubamba. | 38 |
| 3.4. Análisis Descriptivo de Suelos: | 38 |
| IV. DISCUSIONES | 41 |
| V. CONCLUSIONES | 44 |
| VI. RECOMENDACIONES | 45 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 46 |
| VIII. ANEXOS: | 50 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla N° 01. Distribución del número de muestras en las provincias de Bagua y Utcubamba..... | 24 |
| Tabla N° 02. Clasificación actual de los HMA en la división Glomeromycota..... | 29 |
| Tabla N° 03. Número de morfotipos distribuidos por provincia..... | 30 |
| Tabla 04. Número de morfotipos de HMA distribuidos por familia..... | 32 |
| Tabla N° 05. Propiedades físico-químicas del suelo, distribuidas por distritos dentro de las provincias de Bagua y Utcubamba..... | 39 |
| Tabla N° 06. Rendimiento y superficie verde de cacao en las provincias de Bagua y Utcubamba..... | 50 |
| Tabla N° 07. Referenciación geográfica de la provincia de Bagua..... | 51 |
| Tabla N° 08. Referenciación geográfica de la provincia de Utcubamba | 52 |
| Tabla N° 09. Diversidad morfológica de HMA clasificadas por familia..... | 60 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N° 01. Distribución de los puntos de recolección de muestras | 20 |
| Figura N° 02. Ubicación geográfica de la ciudad universitaria UNTRM-A y el Laboratorio de Investigación en Sanidad Vegetal. | 21 |
| Figura N° 03. “Proceso de muestreo de suelo rizosférico por parcela”,..... | 25 |
| Figura N° 06 (a). Diversidad de morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares de la familia <i>Glomeraceae</i> identificados en las provincias de Bagua y Utcubamba..... | 34 |
| Figura N° 06 (b). Continuación de la diversidad de morfotipos de “HMA” de la familia <i>Glomeraceae</i> identificados en las provincias de Bagua y Utcubamba. | 35 |
| Figura N° 07. Diversidad de morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares de la familia <i>Acaulosporaceae</i> identificados en las provincias de Bagua y Utcubamba. | 36 |
| Figura N° 08. Morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares de la familia <i>Gigásporaceae</i> identificados en las provincias de Bagua y Utcubamba. | 37 |
| Figura N° 09. Morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares de la familia <i>Scutellosporaceae</i> identificados en las provincias de Bagua y Utcubamba. | 37 |
| Figura N° 10. Morfotipo de hongo micorrízico arbuscular de la familia <i>Diversisporaceae</i> identificado en la provincia de Utcubamba. | 37 |
| Figura N° 12. “Proceso de Recolección de muestras de suelo rizosférico”..... | 53 |
| Figura N°13. Proceso de preparación de sacarosa (20% y 60%). | 53 |
| Figura N° 14. “Proceso de extracción y aislamiento de esporas de HMA”..... | 54 |
| Figura N° 15. “Proceso de Montaje e identificación de HMA”. | 55 |
| Figura N° 16. “Determinación de pH y Conductividad Eléctrica (CE)”. | 56 |
| Figura N° 17. “Determinación de Fósforo (P)”. | 56 |
| Figura N° 18. “Determinación de Materia Orgánica (MO)”. | 57 |
| Figura N° 19. “Determinación de la Textura”. | 57 |

RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie nativa de los bosques tropicales, encontrándose frecuentemente asociado a los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) que influyen en la absorción de nutrientes, tolerancia al estrés hídrico y mejoras ante las condiciones adversas de tipo biótico y abiótico en plantas, sin embargo, la presencia de HMA en plantaciones de cacao es poco evidenciada en el Perú. La presente investigación se desarrolló con la finalidad de aislar e identificar la variedad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), así como también determinar análisis fisicoquímicos en muestras de suelo y la relación que estos tienen con la población de HMA en plantaciones con cacao nativo procedentes de las provincias de Bagua y Utcubamba de la región Amazonas. Se recolectaron 24 y 20 muestras de suelo rizosférico de zonas cacaoteras de las provincias de Bagua y Utcubamba respectivamente; para el aislamiento de esporas se utilizó la metodología del tamizado húmedo y centrifugado, por sus características morfológicas respecto a tamaño, color y forma se lograron identificar 57 morfotipos diferentes, clasificados en cinco familias conocidas como (*Glomeraceae*, *Acaulosporaceae*, *Gigasporaceae*, *Scutellosporaceae* y *Diversisporaceae*), siendo las familias *Glomeraceae* y *Acaulosporaceae* las más abundantes y representativas. Los análisis fisicoquímicos en muestras de suelo tuvieron rangos promedios de concentración, lo cual no afectó para la identificación de HMA; concluyendo que existe una gran diversidad de hongos micorrízicos arbusculares en ambas provincias de la región Amazonas, los cuales contribuyen de manera natural a las plantas.

Palabras clave: Hongos micorrízicos arbusculares, simbiosis, cacao nativo.

ABSTRAC

Cacao (*Theobroma cacao* L.) is a native species of tropical forests, being frequently associated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) that influence in the absorption of nutrients, tolerance to water stress and improvements in the face of adverse biotic and abiotic conditions in plants, however, the presence of AMF in cocoa plantations is little evidenced in Peru. The present investigation was developed with the purpose of isolating and identifying the variety of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), as well as determining physicochemical analyzes in soil samples and the relationship that these have with the AMF population in plantations with native cocoa from the Bagua and Utcubamba provinces of the Amazon region. 24 and 20 samples of rhizospheric soil were collected from cocoa-producing areas of the Bagua and Utcubamba provinces respectively; For the isolation of spores, the methodology of wet sieving and centrifugation was used, due to their morphological characteristics regarding size, color and shape, 57 different morphotypes were identified, classified into five families known as (*Glomeraceae*, *Acaulosporaceae*, *Gigasporaceae*, *Scutellosporaceae* and *Diversisporaceae*), with the *Glomeraceae* and *Acaulosporaceae* families being the most abundant and representative. The physicochemical analyzes in soil samples had mean concentration ranges, which did not affect the identification of AMF; concluding that there is a great diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in both provinces of the Amazon region, which contribute naturally to plants.

Key words: Arbuscular mycorrhizal fungi, symbiosis, native cocoa.

I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de gran importancia económica en el Perú y el mundo. En los últimos años el Perú ha sido considerado uno de los principales productores y proveedores de cacao fino y el segundo productor de cacao orgánico a nivel mundial, debido a su alta producción durante el 2017 (120.000 toneladas), permitiendo sacar de la pobreza a más de 90.000 familias agricultoras de la Amazonía peruana (MINAGRI, 2017). La región Amazonas es una de los departamentos que presenta mayor producción de este cultivo, provincias como Bagua (Imaza, Copallín, La Peca) y Utcubamba (Cajaruro, Cumba, Lonya Grande) son las más representativas, siendo fuente de ingreso para las familias en el ámbito rural (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2007).

Por lo tanto, el cacao es un cultivo de gran interés que involucra la importancia de conocer la comunidad microbiana benéfica que se encuentra en el suelo y su relación con la planta, existiendo grupos específicos de microorganismos que establecen relaciones benéficas con las plantas en la interface suelo-raíz que pueden mejorar el crecimiento y desarrollo vegetal, entre estos cabe resaltar a los hongos formadores de micorriza arbusculares (HMA). Esta relación planta – microorganismo es indispensable para el desarrollo de ambos organismos que forman una asociación simbiótica mutualista (micorriza) con aproximadamente el 90% de las plantas terrestres (Smith y Read, 1997).

En tal sentido la importancia de los HMA en la agricultura radica en su extenso micelio extra radical, el cual penetra la raíz de las plantas, favoreciendo el vínculo existente entre la planta y el suelo; incrementando la absorción de nutrientes de poca movilidad como es el fósforo (P), aumento en la producción de hormonas de crecimiento, aumento en la secreción de antibióticos, asimismo realizan la modificación en las relaciones planta-patógeno, modificación de la relación suelo-planta-agua y mejor agregación de las partículas del suelo, lo cual no ocurre en las plantas no micorrizadas (Klironomos, 2003). Además, el cacao es un cultivo altamente colonizado por micorrizas de tipo arbuscular que influyen en la absorción de nutrientes, tolerancia al estrés hídrico y mejoras ante las condiciones adversas de tipo biótico y abiótico en las plantas (Rojas, 2014); Por lo tanto, la asociación micorrízica juega un papel importante en el crecimiento y nutrición de las plantas superiores.

El cultivo de cacao, en los últimos años ha incrementado su exportación, dando mayor énfasis al cacao nativo por poseer un fino aroma. Por esta razón surge la importancia de conocer la variedad de comunidades microbianas benéficas que se encuentran presente en el suelo, donde están incluidos los hongos formadores de micorrizas arbusculares, que favorecen el desarrollo de las plantas, mediante una asociación de ayuda mutualista. Siendo el objetivo principal de esta investigación “identificar hongos micorrízicos arbusculares en plantaciones de cacao nativo (*Theobroma cacao* L.) en las provincias de Bagua y Utcubamba, de la región Amazonas”, así como también la determinación de los análisis físico-químicos en muestras de suelo por distritos y la relación que estos tienen con las poblaciones de HMA.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del experimento

Se dividieron las actividades en dos ámbitos, correspondientes a las fases de campo y laboratorio.

2.1.1. Fase campo

Colecta de muestras de suelo rizosférico en fincas productoras de cacao nativo distribuidas en las provincias de Bagua y Utcubamba, de la región Amazonas-Perú (Figura 1).

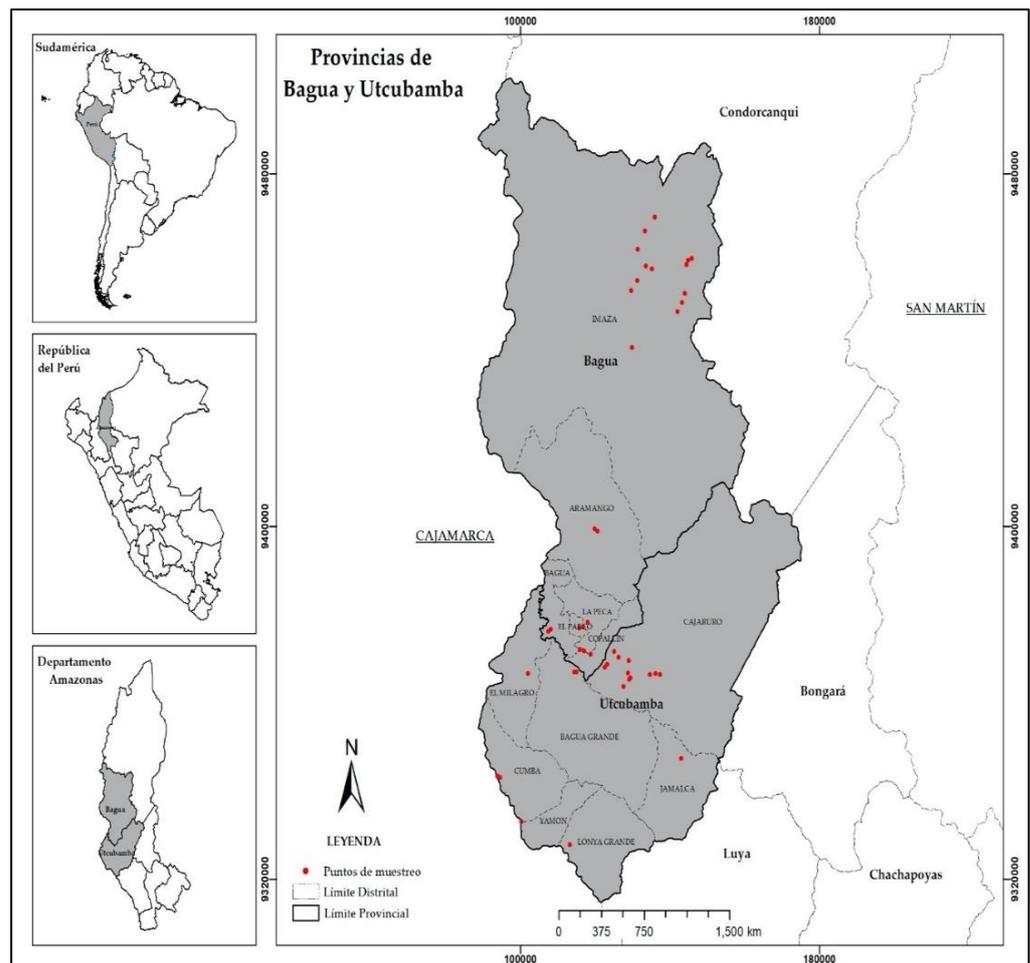


Figura N° 01. Distribución de los puntos de recolección de muestras, en las provincias de Bagua y Utcubamba, región Amazonas-Perú.

2.1.1. Fase laboratorio

El procedimiento de extracción y aislamiento de esporas de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) y la selección a nivel de morfotipos para la identificación de familias, se realizó en el laboratorio de Investigación en Sanidad Vegetal, mientras que el análisis físico-químico en muestras de suelo fue realizado en el Laboratorio de Suelos, ambos ubicados en el campus universitario de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, en la ciudad de Chachapoyas, Amazonas-Perú, (Figura 2).

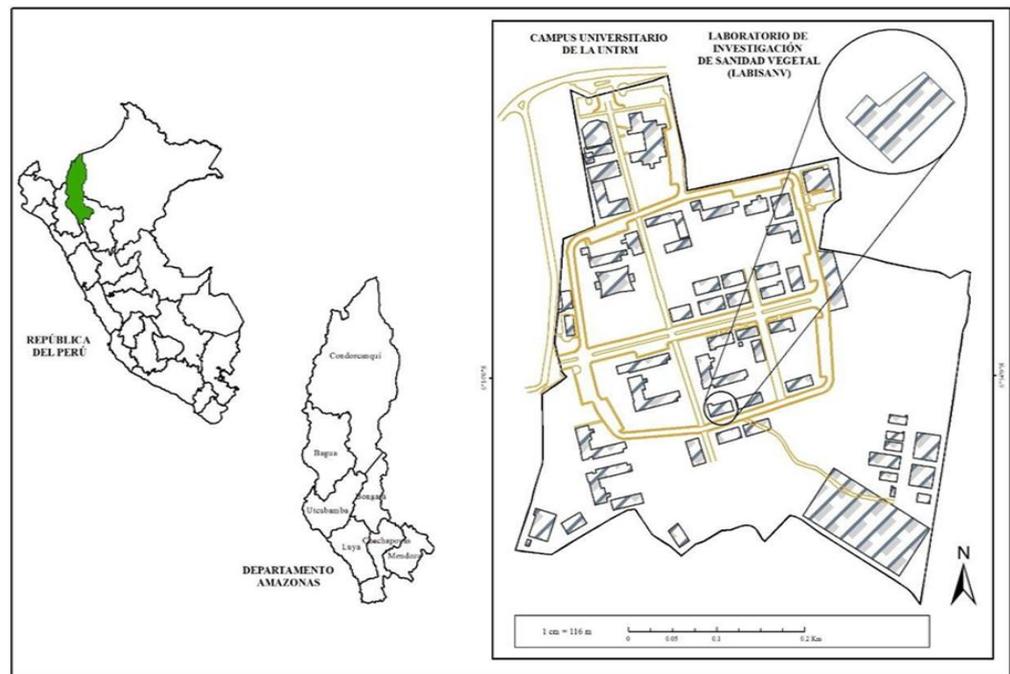


Figura N° 02. Ubicación geográfica de la ciudad universitaria UNTRM-A y el Laboratorio de Investigación en Sanidad Vegetal.

2.2. Materiales y reactivos

2.2.1. Materiales para colecta de muestras en campo

- Muestreador metálico de acero inoxidable
- Bolsas de polietileno con cierre hermético
- Cajas térmicas o Cooler de refrigeración
- GPS Garmin Etrex
- Cinta masking
- Plumón indeleble
- Costales

2.2.2. Materiales en laboratorio

- Tamices de 250 μm y 38 μm
- Tubos Falcon de 50 ml
- Placas Petri
- Láminas (portaobjetos y cubreobjetos)
- Envase de plástico de 5 litros de capacidad
- Azúcar para las soluciones de Sacarosa (20% y 60%) de concentración.
- Piceta con punta fina
- Gradillas
- Pinzas
- Aguja de disección
- Espátulas
- Puntas o tips para macropipeta y micropipeta
- Cajas porta-láminas
- Lapiceros
- Papel toalla
- Plumón indeleble

Equipos

- Estereoscopio marca "Zeiss"
- Microscopio Óptico marca "Leica"
- Centrífuga marca "Centurión"
- Balanza Analítica marca "A y D., EK-6100"
- Macropipeta de 5 ml de capacidad marca "Axygen"

- Micropipeta 1ml de capacidad marca "Axygen"
- Agua Destilada

Reactivos

- Ácido Láctico
- Glicerol
- Alcohol polivinílico (PVA)
- Alcohol al 96°
- Alcohol al 70°

2.3. Metodología utilizada

2.3.1. Diseño de la investigación

Para el análisis de datos se utilizó una prueba de varianza no paramétrica, haciendo uso del test de Friedman y el test Post-Hoc de Wilcoxon.

2.3.2. Población muestra y muestreo

Población

La población en estudio está conformada por 6239 unidades agropecuarias del cultivo de cacao que abarcan las provincias de Bagua y Utcubamba. Datos que fueron obtenidas a través del informe técnico de la Dirección Regional Agraria-Amazonas.

Muestra:

La muestra estuvo conformada por 44 unidades agropecuarias, distribuidas en 24 fincas en la provincia de Bagua y 20 fincas en la provincia de Utcubamba, del cual solo se seleccionaron aquellas plantaciones con cacao nativo (Tabla 01).

Tabla N° 01. Distribución del número de muestras en las provincias de Bagua y Utcubamba

| DISTRIBUCIÓN DE MUESTRAS EN LAS PROVINCIAS DE BAGUA Y UTCUBAMBA, REGIÓN AMAZONAS-PERÚ. | | | |
|---|------------------------|---------------|----------------------|
| PROVINCIA | DISTRITO | CÓDIGO | N° DE MUESTRA |
| BAGUA | Imaza | BIF | 14 |
| | Copallín | BCPF | 3 |
| | Aramango | BAF | 2 |
| | Bagua | BBF | 2 |
| | La Peca | BLPF | 2 |
| | El Parco | BPF | 1 |
| | Total Utcubamba | | |
| UTCUBAMBA | Cajaruro | UCF | 12 |
| | Cumba | UCMF | 3 |
| | Bagua Grande | UBGF | 2 |
| | Yamón | UYF | 1 |
| | Jamalca | UJF | 1 |
| | El Milagro | UMF | 1 |
| | Total Bagua | | |
| N° Total de muestra en las Provincias de Bagua y Utcubamba | | | 44 |

Muestreo

El tipo de muestreo fue de tipo probabilístico al azar simple.

2.4. Fase campo

2.4.1. Determinación de las zonas de recolección de muestras

Para la distribución de las parcelas muestreadas se tomaron en cuenta datos estadísticos del número de plantaciones del cultivo de cacao por superficie terrestre, datos que fueron obtenidos mediante el informe técnico del área de la Dirección Regional Agraria-Amazonas, (DRA-Amazonas, 2018). Luego se realizó la selección de estos datos sólo para las provincias de Bagua y Utcubamba-Amazonas, enmarcando a todos sus distritos. Posteriormente se distribuyó el número de muestras según la superficie

plantada, siendo seleccionadas sólo aquellas fincas con plantaciones de cacao nativo.

2.4.2. Muestreo de suelos

Para la toma de muestras de suelo se utilizó la metodología descrita por Bernier (1979), Mendoza & Espino (2017), con algunas modificaciones. Se seleccionaron 5 plantas al azar por finca, obteniendo 3 submuestras por planta, de 0-20 cm de profundidad con una distancia aproximada de 1 metro de la base de cada planta, se homogenizaron todas las muestras, sacando una sola muestra compuesta, de aproximadamente 1 Kg (Figura 3).

Luego de la colecta, se codificaron las muestras y mediante una ficha técnica se tomaron datos como: altitud, latitud, nombre del productor y de la parcela, edad de la plantación y el área cultivada. Posteriormente las muestras fueron almacenadas en cajas térmicas para su transporte al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la UNTRM, en la ciudad de Chachapoyas, ya en el Laboratorio estas muestras fueron almacenadas en bandejas grandes y a temperatura de Ambiente para su secado hasta su posterior procesamiento.

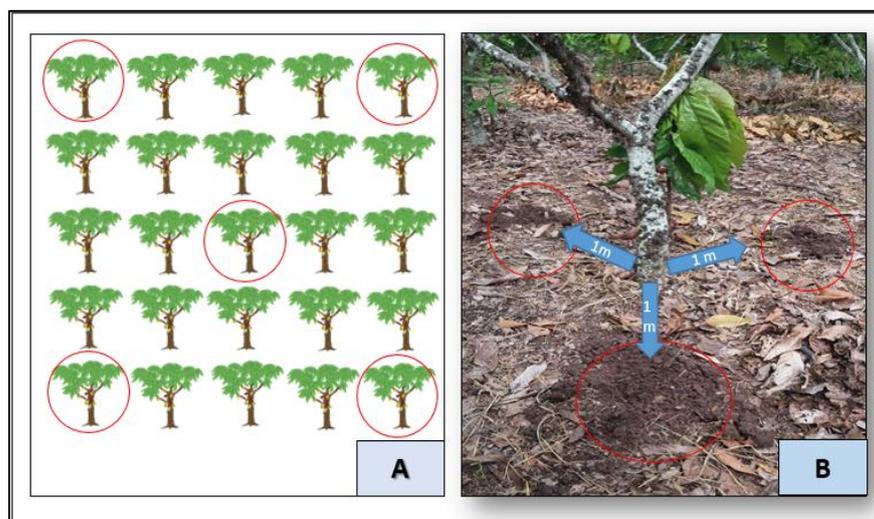


Figura N° 03. “Muestreo de suelo por parcela”, (A) Círculos rojos indican selección de plantas por parcela, (B) Círculos rojos indican la toma de submuestras por planta.

2.5. Fase laboratorio

2.5.1. Proceso de aislamiento de esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA)

Para la extracción y aislamiento de esporas de HMA se utilizó la metodología del tamizado y decantación propuesta por Gerdemann y Nicolson (1963), seguida por una centrifugación en sacarosa recomendado por Daniels & Skipper (1982), con algunas modificaciones. Esta metodología consta de los siguientes pasos:

Se preparó la sacarosa al 20% y 60% de concentración en p/v, siendo diluidas bajo calor para finalmente ser depositadas y conservadas en envases de vidrio.

Para el proceso de extracción y aislamiento de esporas se pesó 100g de suelo, previamente secado y triturado, para ser disuelto en dos litros de agua, esta suspensión se agitó durante 10 segundos y se dejó reposar durante 20 segundos, para eliminar las partículas grandes por sedimentación, seguidamente la suspensión se pasó por un combinado de tamices de 250 y 38 micras respectivamente, repitiendo esta operación 4 veces consecutivas. Posteriormente el contenido obtenido en el tamiz de 38 um fue transferido a un tubo falcón de 50 ml con sacarosa a 20% y 60% (15 ml c/u), llevando a centrifugar a 3500 rpm durante 4 minutos. Se decantó el sobrenadante, con el tamiz de 38 micras se lavaron las muestras hasta eliminar la sacarosa, finalmente se colocó el contenido en una placa Petri para ser observadas al estereoscopio.

2.5.2. Identificación de Familias de hongos Micorrízicos arbusculares

Para la identificación a nivel de familias de HMA, se hizo uso de claves taxonómicas descritas por INVAM (International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi), de acuerdo al procedimiento realizado por Shenck y Perez, (1990), con algunas modificaciones. Para ello se realizó el siguiente procedimiento:

A nivel del estereoscopio (de marca Zeiss, modelo Discovery V8), las esporas observadas fueron agrupadas de acuerdo a su tamaño, color y forma (morfotipos), se montaron de 5 a 10 esporas en alcohol polivinílico

más lactoglicerol (PVLG), por presión sobre el cubre objeto se produjo la eclosión de estas, secándolas a temperatura ambiente para finalmente ser fijadas. Las esporas fueron observadas y fotografiadas en el microscopio óptico de marca "Leica" a un aumento de 20x y medidas mediante el programa "Image Tool" (Krita Manual versión 4.3.0). Las características morfológicas nos permitieron realizar comparaciones con claves taxonómicas descritas por el INVAM y Shenck y Perez, (1990) modificado, a partir de ello se lograron identificar HMA a nivel de familias.

Para la identificación de los HMA, se tomaron en cuenta características morfológicas como:

- **Tamaño:** Diámetro medido de la espora.
- **Color:** Hialino, amarillo, rojo, negro, miel, rosado y otros colores.
- **Forma:** Redonda, esférica, ovalada, irregular, elipsoide, subglobosa u otras.
- **Estructura superficial:** Lisa, áspera, ornamentada, ondulada, escamosa, etc.
- **Tipo de hifa de soporte:** Vertical o lateral.

Para la identificación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) a nivel de familia, se utilizó la clasificación actual de HMA en la división Glomeromycota (Tabla 02), el cual incluye 3 clases, 5 órdenes, 14 familias y 26 géneros (Oehl *et al.*, 2011 a, b).

Tabla N 02. Clasificación actual de los HMA en la división Glomeromycota.

| CLASE | ORDEN | FAMILIA | GÉNERO |
|---------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Glomeromicetos | Glomerales | Glomeraceae | Glomus |
| | | | Funneliformis |
| | | | Simiglomus |
| | | | Septoglomus |
| | | Claroideoglomeraceae | Claroideoglomus |
| | | | Viscospora |
| | Diversisporales | Diversisporaceae | Diversispora |
| | | | Redeckera |
| | | | Otopora |
| | | Entrophosporaceae | Entrophospora |
| | | Acaulosporaceae | Acaulospora |
| | | | Kuklopora |
| | Pacisporaceae | Pacispora | |
| | Gigasporales | Gigasporaceae | Gigaspora |
| | | Scutellosporaceae | Scutellospora |
| | | | Orbispora |
| | | Racocetraceae | Racocetra |
| Cetraspora | | | |
| Denticustataceae | | Denticustata | |
| | | Fuscutata | |
| | Quatunica | | |
| Archaeosporomicetos | Archaeosporales | Archaeosporaceae | Archaeospora |
| | | | Intraspora |
| | | Ambisporaceae | Ambispora |
| Geosiphonaceae | Geosiphon | | |
| Paraglomeromicetos | Paraglomerales | Paraglomeraceae | Paraglomus |

Fuente: Oehl *et al.*, 2011 a.

2.5.3. Determinación del análisis físico-Químico del suelo

Fueron analizadas 12 muestras en total (6 por cada provincia), mediante la siguiente distribución: los distritos de Imaza, Copallín, Aramango, Bagua, La Peca y el Parco para la provincia de Bagua y los distritos de Cajaruro, Yamón, Cumba, El Milagro, Bagua Grande y Jamalca en la provincia de Utcubamba. A estas muestras se les realizó un análisis físico-químico con la finalidad de tener información de características como fertilidad y textura, estas características permitieron interpretar y relacionar la presencia de HMA asociados a plantaciones de cacao nativo.

La determinación del pH y Conductividad eléctrica (CE), se determinó mediante la metodología de proporción 1:1 (peso/volumen), donde 20 gr de suelo es diluido en 20 ml de agua destilada, midiendo la conductividad eléctrica con un Conductímetro (INTA, 2011). La materia orgánica del suelo (MO) se cuantificó por el procedimiento de Walkley y Black (1934). El fósforo (P) se extrajo con Bicarbonato de Sodio NaHCO_3 (pH = 8.5) y se determinó mediante la metodología de Olsen Modificado y por último la determinación de la textura del suelo se determinó con el hidrómetro de Bouyoucos (Bouyoucos, 1962).

III. RESULTADOS

3.1. Morfotipos de HMA encontrados en las provincias de Bagua y Utcubamba

Las esporas fueron clasificadas mediante su tamaño, color y forma, encontrando diversas formas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), esto pudo haber sido a que las zonas de estudio poseen diversidad de microclimas y variabilidad en las características del suelo; reportando que la provincia de Bagua presenta un total de 137 morfotipos, distribuidas en cada zona de muestreo, mientras que la provincia de Utcubamba obtuvo un total de 102 morfotipos, sumando en ambas provincias un total de 239 morfotipos (Tabla 03).

Tabla N° 03. Número de morfotipos distribuidos por provincia.

| PROVINCIA | DISTRITO | N° de Morfotipos |
|--|------------------------|-------------------------|
| BAGUA | Imaza | 73 |
| | Aramango | 15 |
| | La Peca | 15 |
| | Copallín | 13 |
| | Bagua | 11 |
| | El Parco | 10 |
| | Total Utcubamba | 137 |
| UTCUBAMBA | Cajaruro | 71 |
| | Cumba | 10 |
| | El Milagro | 8 |
| | Bagua Grande | 6 |
| | Jamalca | 4 |
| | Yamón | 3 |
| | Total Bagua | 102 |
| N° Total de Morfotipos en las provincias de Bagua y Utcubamba | | 239 |

Al realizar un análisis de varianza no paramétrica con el test de Friedman, para observar la diferencia significativa del número de morfotipos, se determinó que la diferencia del número de morfotipos en las provincias de Bagua y Utcubamba son significativamente diferentes, para la comparación de estos datos y saber la diferencia que existe entre ambas provincias se realizó el test Post-hoc de Wilcoxon.

En la figura N° 04, se muestra la diferencia estadística significativa entre las dos provincias con respecto al número de morfotipos de HMA. Según el test post-hoc de Wilcoxon el mayor número de morfotipos de HMA se encontró en la provincia de Bagua con un promedio de 12 morfotipos, mientras que el rango promedio para la provincia de Utcubamba fue de 6 morfotipos.

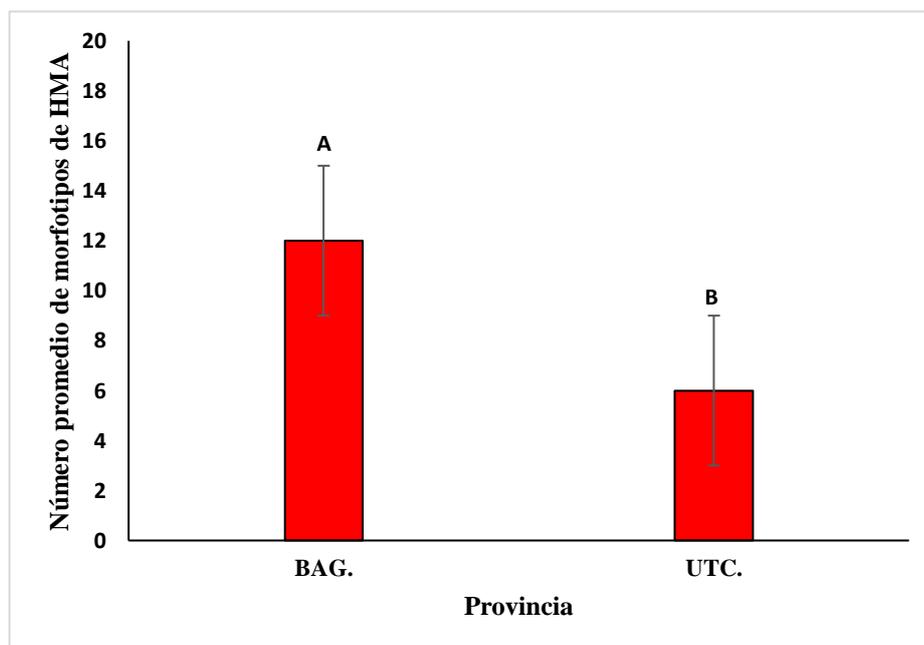


Figura N° 04. Número promedio de morfotipos en las provincias de Bagua y Utcubamba.

3.2. Identificación de hongos micorrízicos arbusculares

La identificación a nivel de familia de HMA se desarrolló en base a las características morfológicas de las esporas tales como tamaño (esporas que oscilan de 20 a 260 micras), color (Amarillo, rojizo, marrón, hialino, entre otros), forma (globosa, subglobosa, elíptica, oblonga, obovada), estructura superficial (ornamentada, moteada, intravenosa, con plexo central), número de paredes, y el tipo de hifa de soporte (vertical o lateral).

Estas características nos permitieron identificar 57 morfotipos diferentes para ambas provincias, clasificadas en 5 familias, tales como: *Glomeraceae* la familia más abundante; presentando 37 morfotipos diferentes (Figura 6a y 6b), seguido por la familia *Acaulosporaceae* con 14 morfotipos (Figura 7), *Gigasporaceae* con 3 morfotipos (Figura 8), *Scutellosporaceae* con 2 morfotipos (Figura 9) y finalmente la familia *Diversisporaceae* (Figura 10) con tan solo 1 morfotipo diferente.

Tabla 04. Número de morfotipos distribuidos por familia de HMA encontrados en las provincias de Bagua y Utcubamba.

| N° | FAMILIAS | PROVINCIA | | N° total de Morfotipos |
|--------------|--------------------------|-----------|-----------|------------------------|
| | | Bagua | Utcubamba | |
| 1 | <i>Glomeraceae</i> | 29 | 27 | 37 |
| 2 | <i>Acaulosporaceae</i> | 8 | 6 | 14 |
| 3 | <i>Gigasporaceae</i> | 3 | 1 | 3 |
| 4 | <i>Scutellosporaceae</i> | 1 | 1 | 2 |
| 5 | <i>Diversisporaceae</i> | X | 1 | 1 |
| TOTAL | | | | 57 |

En la figura 5; se muestra la relación de las 5 familias de HMA distribuidas en las provincias de Bagua y Utcubamba, de los cuales cuatro de estas familias se encuentran en ambas provincias, siendo estas *Glomeraceae*, *Acaulosporaceae*, *Gigasporaceae* y *Scutellosporaceae*, mientras que la familia *Diversisporaceae* sólo se encuentra en la provincia de Bagua.

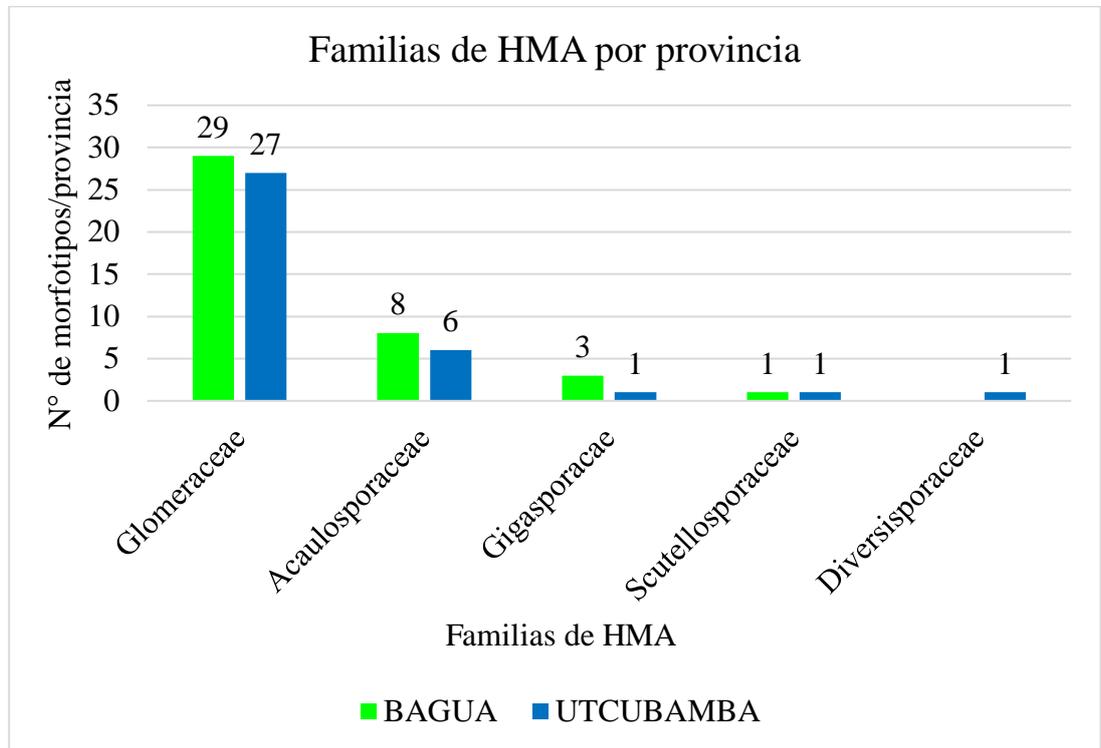


Figura N° 05. Relación de familias de HMA distribuidas en las provincias de Bagua y Utcubamba.

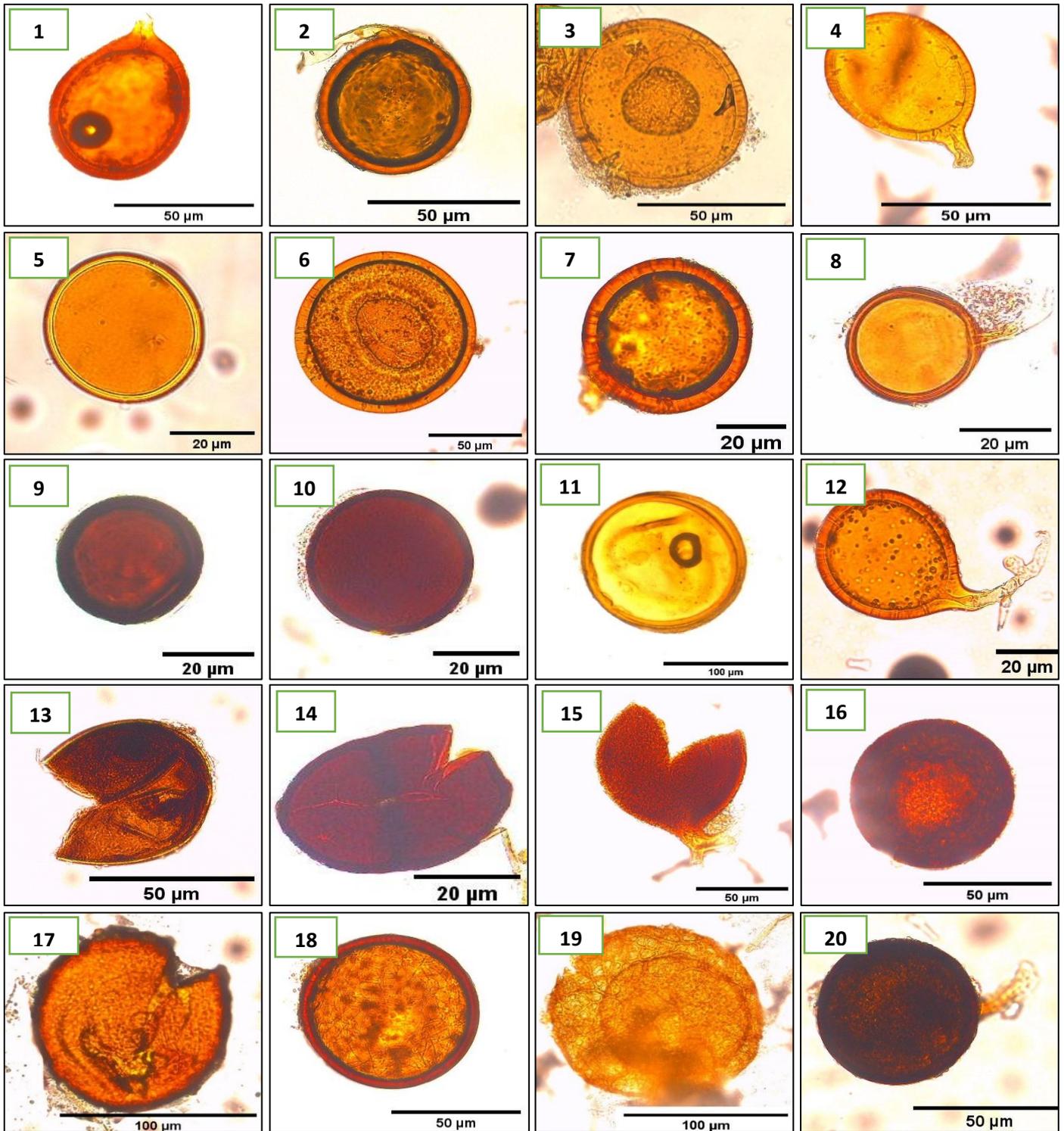


Figura N° 06 (a). Diversidad de morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares de la familia *Glomeraceae* identificados en las provincias de Bagua y Utcubamba. **1:** Morfotipo 1; **2:** Morfotipo 2; **3:** Morfotipo 3; **4:** Morfotipo 4; **5:** Morfotipo 5; **6:** Morfotipo 6; **7:** Morfotipo 7; **8:** Morfotipo 8; **9:** Morfotipo 9; **10:** Morfotipo 10; **11:** Morfotipo 11; **12:** Morfotipo 12; **13:** Morfotipo 13; **14:** Morfotipo 14; **15:** Morfotipo 15; **16:** Morfotipo 16; **17:** Morfotipo 17; **18:** Morfotipo 18; **19:** Morfotipo 19; **20:** Morfotipo 20.

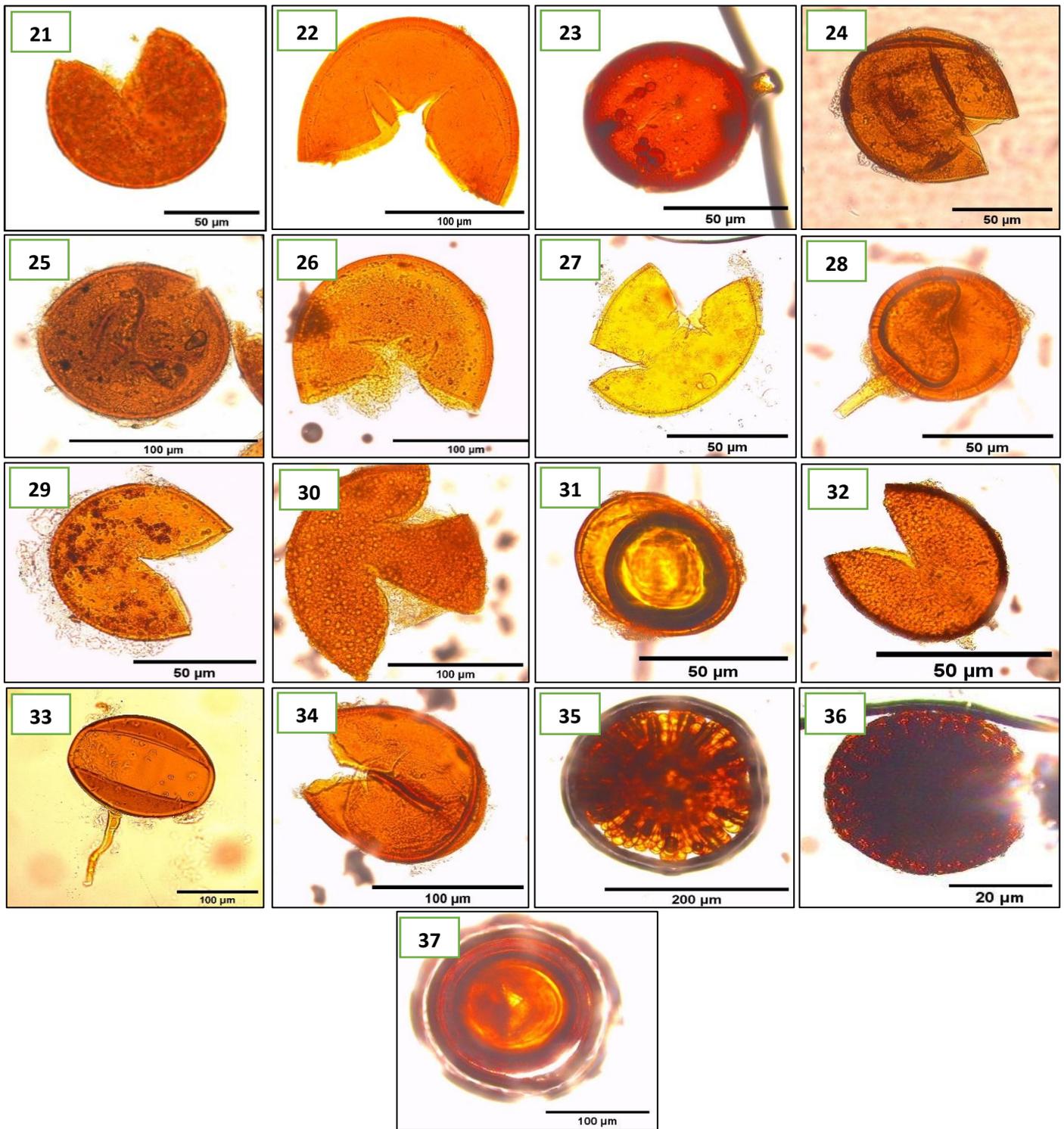


Figura N° 06 (b). Continuación de la diversidad de morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares de la familia *Glomeraceae* identificados en las provincias de Bagua y Utcubamba. **21:** Morfotipo 21; **22:** Morfotipo 22; **23:** Morfotipo 23; **24:** Morfotipo 24; **25:** Morfotipo 25; **26:** Morfotipo 26; **27:** Morfotipo 27; **28:** Morfotipo 28; **29:** Morfotipo 29; **30:** Morfotipo 30; **31:** Morfotipo 31; **32:** Morfotipo 32; **33:** Morfotipo 33; **34:** Morfotipo 34; **35:** Morfotipo 35; **36:** Morfotipo 36; **37:** Morfotipo 37.

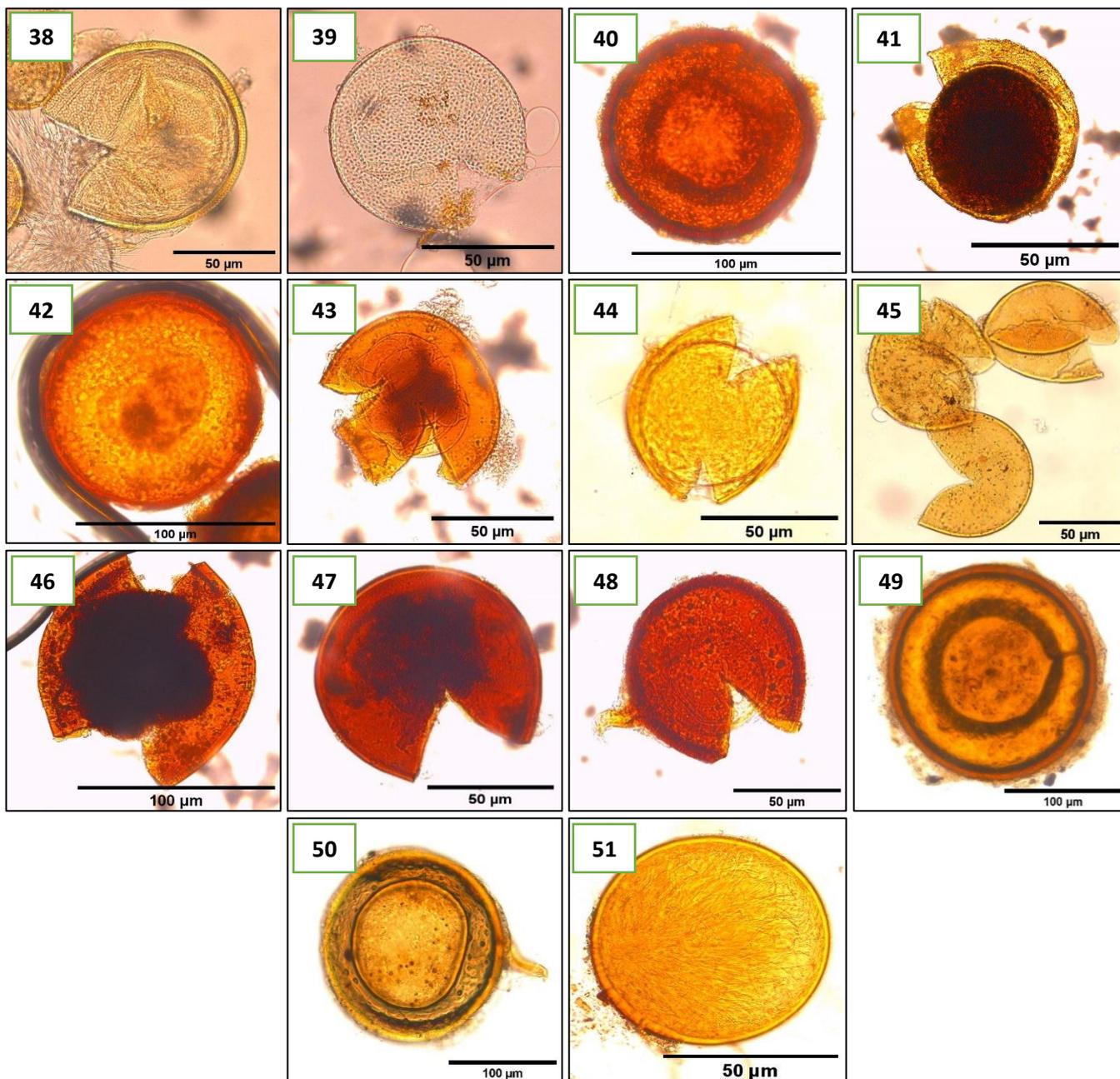


Figura N° 07. Diversidad de morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares de la familia *Acaulosporaceae* identificados en las provincias de Bagua y Utcubamba. **38:** Morfotipo 1; **39:** Morfotipo 2; **40:** Morfotipo 3; **41:** Morfotipo 4; **42:** Morfotipo 5; **43:** Morfotipo 6; **44:** Morfotipo 7; **45:** Morfotipo 8; **46:** Morfotipo 9; **47:** Morfotipo 10; **48:** Morfotipo 11; **49:** Morfotipo 12; **50:** Morfotipo 13; **51:** Morfotipo 14.

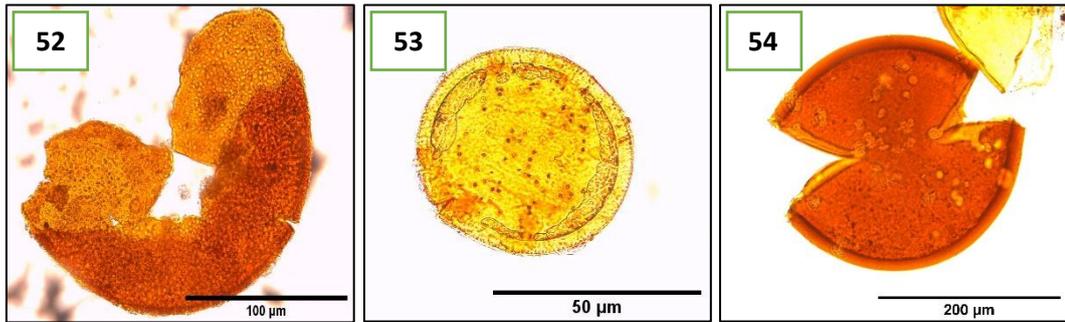


Figura N° 08. Morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares de la familia *Gigasporaceae* identificados en las provincias de Bagua y Utcubamba. **52:** Morfotipo 1; **53:** Morfotipo 2; **54:** Morfotipo 3.

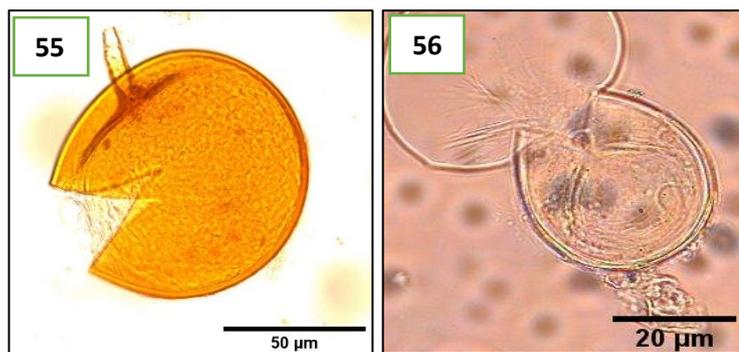


Figura N° 09. Morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares de la familia *Scutellosporaceae* identificados en las provincias de Bagua y Utcubamba. **55:** Morfotipo 1; **56:** Morfotipo 2.

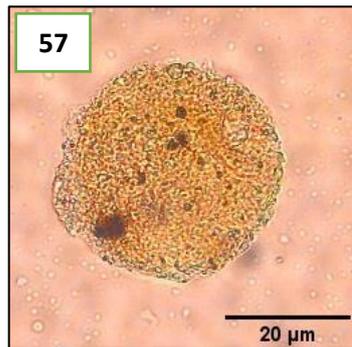


Figura N° 10. Morfotipo de hongo micorrízico arbuscular de la familia *Diversisporaceae* identificado en la provincia de Utcubamba. **57:** Morfotipo 1.

3.3. Porcentaje total de familias de HMA encontrados en las provincias de Bagua y Utcubamba.

En la figura N° 11, se muestra el porcentaje total de HMA distribuidas por familias, encontrados en las provincias de Bagua y Utcubamba, mostrando que las familias con mayor representatividad son *Glomeraceae* y *Acaulosporaceae* con un 60% y 28% respectivamente, seguida de la familia *Gigasporaceae* con 6%, *Scutellosporaceae* con 4% y finalmente la familia *Diversisporaceae* con el 2% de abundancia y representatividad.

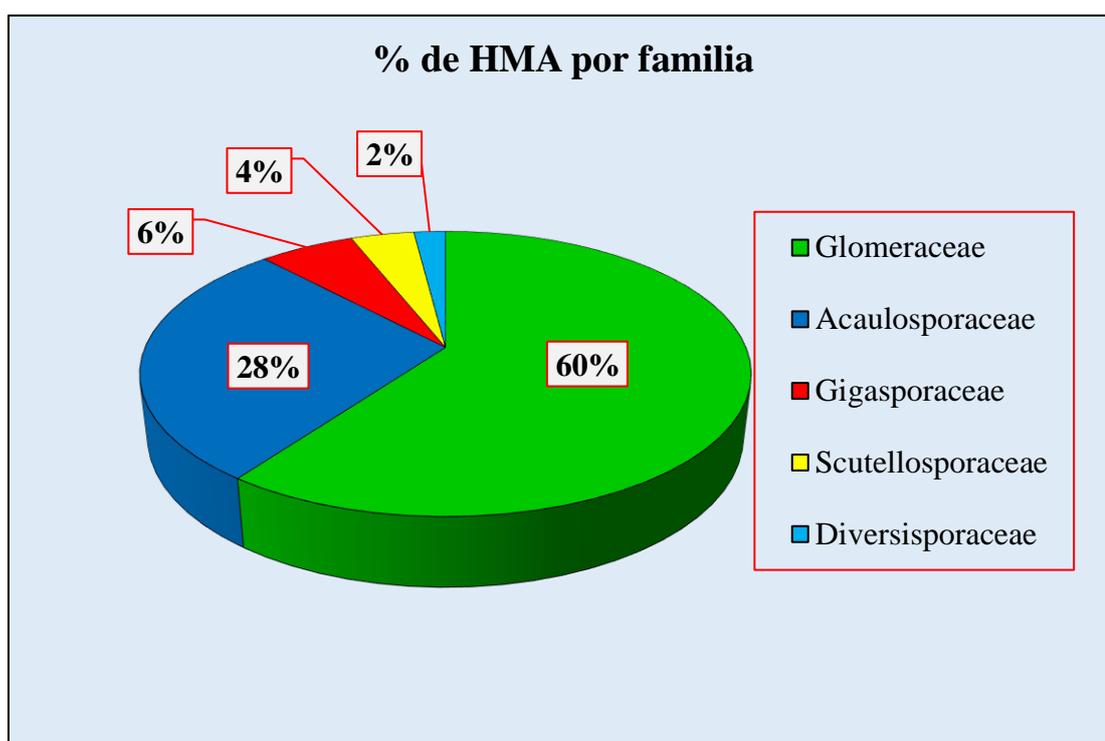


Figura N° 11. Porcentaje total de HMA distribuidas por familias, encontrados en suelos de agroecosistemas con cacao nativo en las provincias de Bagua y Utcubamba.

3.4. Análisis Descriptivo de Suelos:

Las muestras de suelo fueron agrupadas por cada parcela, dando como resultado una muestra representativa por distrito. La población y presencia de HMA se ve influenciada de manera positiva o negativa por características fisicoquímicas del suelo, para ello se midieron las siguientes características, como: pH, conductividad eléctrica, fósforo, materia orgánica y la clase textural, resultados que se presentan en la Tabla 5.

Tabla N° 05. Propiedades físico-químicas del suelo, distribuidas por distritos dentro de las provincias de Bagua y Utcubamba.

| Provincia | Distrito | pH | C.E | P | M.O | Análisis Mecánico | | | |
|-----------|--------------|-------|--------------|-------|------|-------------------|------|---------|----------------|
| | | (1:1) | (1:1) - ds/m | ppm | % | Arena | Limo | Arcilla | Clase Textural |
| Bagua | Copallín | 8.11 | 0.40 | 10.91 | 3.45 | 44.0 | 18.0 | 38.0 | Fr.Ar. |
| | Imaza | 5.40 | 0.25 | 4.56 | 4.31 | 72.0 | 15.3 | 12.7 | Fr.A. |
| | Aramango | 6.78 | 0.40 | 20.62 | 6.47 | 82.0 | 7.3 | 10.7 | A.Fr. |
| | Bagua | 7.66 | 0.51 | 7.45 | 5.17 | 52.0 | 16.0 | 32.0 | Fr.Ar.A. |
| | El Parco | 7.97 | 0.51 | 13.60 | 6.29 | 56.0 | 13.3 | 30.7 | Fr.Ar.A. |
| | La Peca | 8.28 | 0.33 | 12.74 | 3.45 | 72.0 | 11.3 | 16.7 | Fr.A. |
| Utcubamba | Cajaruro | 7.15 | 0.56 | 15.91 | 4.31 | 48.0 | 20.0 | 32.0 | Fr.Ar.A. |
| | Bagua Grande | 8.28 | 0.49 | 7.06 | 2.59 | 28.0 | 26.0 | 46.0 | Ar. |
| | Yamón | 7.88 | 0.39 | 7.45 | 3.45 | 66.0 | 16.0 | 18.0 | Fr.A. |
| | Cumba | 8.27 | 0.42 | 14.08 | 3.88 | 36.0 | 27.3 | 36.7 | Fr.Ar. |
| | El Milagro | 8.29 | 0.32 | 10.62 | 1.72 | 30.0 | 16.0 | 54.0 | Ar. |
| | Jamalca | 7.81 | 0.35 | 12.45 | 6.38 | 60.0 | 12.0 | 28.0 | Fr.Ar.A. |

Fuente: Laboratorio de suelos de la UNTRM-A. (2019)

3.4.1. pH: Los valores mínimos y máximos de pH oscilan entre 7.15 (Distrito de Cajaruro) a 8.29 (Distrito el Milagro) en la provincia de Utcubamba, indicando presencia de suelos neutros a alcalinos; mientras que en la provincia de Bagua el pH oscila entre 5.40 (Distrito de Imaza) moderadamente ácido a 8.28 (Distrito la Peca), con suelo alcalino. Estos valores indican que no existe limitación en la presencia y desarrollo de las micorrizas.

3.4.2. Conductividad Eléctrica: Para ambas provincias la conductividad eléctrica es baja ya que no supera el 1 (dS/m), lo cual nos indica que los suelos encontrados son muy ligeramente salinos, no logrando afectar la presencia y desarrollo de los HMA.

3.4.3. Fósforo: Los niveles de fósforo presentan valores de 7.06 ppm (Distrito de Yamón) a 15.91 ppm (Distrito de Cajaruro) en la provincia de Utcubamba y de 4.56 ppm (Distrito de Imaza) a 20.62 ppm (Distrito de Aramango) en la provincia de Bagua, Indicando que existe una baja, mediana y alta concentración de fósforo en ambas provincias.

3.4.4. Materia Orgánica: Los niveles de MO en los suelos de la provincia de Utcubamba oscilan entre 1.72% (El Milagro) a 6.38% (Jamalca), lo cual indica la presencia baja y alto de MO; mientras que la provincia de Bagua oscila de 3.45% (Copallín) a 6.47% (Aramango), indicando un rango de media a alta concentración de MO en los suelos.

3.4.5. Clase Textural: Los análisis físicos de textura son los siguientes:

Franco Arcillo Arenoso (Fr.Ar.A): Los distritos de Cajaruro, Jamalca (Prov. Utcubamba) y Bagua, el Parco en la provincia de Bagua.

Franco Arenoso a Arenoso Franco (Fr.A /A.Fr): Distrito Yamón (Prov. Utcubamba) y los distritos de Imaza, la Peca y Aramango en la provincia de Bagua.

Franco Arcillosa (Fr.Ar): Distrito de Cumba en la provincia de Utcubamba y el Milagro en la provincia de Bagua

Arcillosa (Ar): La textura arcillosa sólo se encontró en los distritos de Bagua Grande y el Milagro, en la provincia de Utcubamba.

Estas características nos indican que los suelos se encuentran en su mayoría de ser Francas a franco arenoso y en una menor o escasa proporción de ser Arcillosas.

IV. DISCUSIONES

En este estudio se encontraron 57 morfotipos diferentes, clasificados en 5 familias, siendo las familias *Glomeraceae* con 37 morfotipos y *Acaulosporaceae* con 14 morfotipos los más abundantes, seguido de *Gigasporaceae* con 3 morfotipos, *Scutellosporaceae* con 2 morfotipos y finalmente la familia *Diversisporaceae* con 1 morfotipo diferente. Estos resultados corroboran con lo obtenido por, Rojas (2010); el cuál identificó 21 morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares en la rizósfera de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo dos sistemas de producción en la región San Martín-Perú, encontrando así a las familias *Glomeraceae* con 17 morfotipos del género *Glomus* y la familia *Acaulosporaceae* con 4 morfotipos del género *Acaulospora*, siendo el género *Glomus* el más predominante. De modo similar, Arcos (2003), reportó la dominancia de la familia *Glomeraceae* con el género *Glomus* en la composición micorrízica del trapecio Amazónico y la presencia de la familia *Acaulosporaceae* con el género *Acaulospora* asociados a suelos más ácidos.

Del mismo modo Prieto *et al*, (2012); al muestrear 5 sistemas agroforestales con cacao e identificar hongos micorrízicos arbusculares, en el trópico húmedo ecuatoriano encontró las siguientes 4 familias: *Glomeraceae* con el género *Glomus*, *Acaulosporaceae* con el género *Acaulospora*, *Gigasporaceae* con el género *Gigaspora* y la familia *Scutellosporaceae* con el género *Scutellospora*, teniendo mayor representatividad y número de esporas la familia *Glomeraceae* con el género *Glomus* en todos los sitios muestreados, mientras que la familia *Gigasporaceae* con el género *Gigaspora* tubo menor cantidad de esporas. Estos resultados concuerdan con lo obtenido en el presente trabajo ya que la familia *Glomeraceae* se encontró presente en ambas provincias de estudio, con mayor representatividad y número de morfotipos juntamente con la familia *Acaulosporaceae*.

Rojas *et al*, (2014); identificó hongos de micorriza arbuscular en tres agroecosistemas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región Ucayali de la Amazonía Peruana, las especies identificadas a nivel de género fueron 12; *Glomus*, *Acaulospora*, *Ambispora*, *Archaeospora*, *Cetraspora*, *Clareideoglomus*, *Diversispora*, *Fuscutata*, *Kuklospora*, *Pacispora*, *Paraglomus* y *Sclerocystis*, géneros de hongos micorrízicos pertenecientes a las familias *Glomeraceae*,

Acaulosporaceae, *Ambisporaceae*, *Archaeosporaceae*, *Racocetraceae*, *Claroideoglomeraceae*, *Diversisporaceae*, *Dentiscutataceae*, *Pacisporaceae* y *Paraglomeraceae*. Estos resultados se complementan ya que en dicha investigación se encontraron 3 de las familias de HMA descritas por Rojas, siendo estas la familia *Glomeraceae*, *Acaulosporaceae* y *Diversisporaceae*, esto hace referencia la amplia distribución de estas familias en el trapecio Amazónico y su relación con el cultivo de cacao nativo.

Por el contrario, Arévalo, (2016); al realizar un estudio de la densidad de esporas y colonización de micorrizas en cacao silvestre de los departamentos de Ucayali y Madre de Dios, sólo logró identificar siete morfotipos del género *Glomus* perteneciente a la familia *Glomeraceae*, según el autor esto pudo haberse debido a que el muestreo se realizó en una época seca, provocando que las esporas queden en estado de latencia hasta encontrar condiciones adecuadas de humedad para esporular, lo cual dificultó la identificación de más familias y/o géneros de HMA, en un ecosistema considerado altamente diverso.

Hernández & Monroy, (2017); al caracterizar e identificar hongos micorrízicos arbusculares asociados a clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Yopal, Casanare-Colombia, identificaron 11 morfotipos, clasificados en las familias *Glomeraceae* con el género *Glomus* y *Acaulosporaceae* con el género *Acaulospora*, siendo el género *Glomus* el más abundante. Estos resultados son parecidos con lo obtenido en el presente trabajo de investigación ya que se lograron encontrar 57 morfotipos diferentes, clasificadas en 5 familias, siendo las familias *Glomeraceae* y *Acaulosporaceae* el de mayor abundancia.

La esporulación y colonización micorrízica de HMA se ve determinada de manera positiva o negativa por las características fisicoquímicas que presenta el suelo, como; pH, contenido de fósforo, temperatura, aireación, contenido de materia orgánica y textura del suelo, como también condiciones climáticas (Khana *et al.*, 2006. Entry *et al.*, 2002). Características fisicoquímicas fueron estudiadas en la presente investigación, obteniendo rangos promedios de concentración que a continuación se detallan.

Paúl y Clark, (1996) determinaron que los HMA son considerados como hongos sensibles a la acidez, pero su adaptación depende de la especie y los ecotipos de

cada región, por otro lado, Sieverding, (2005) determinó que especies de *Glomus* perteneciente a la familia *Glomeraceae* se adaptan a casi cualquier tipo de suelo y condiciones edafoclimáticas. Los resultados de pH obtenidos en los suelos oscilan en un rango de ser moderadamente ácido de 5.20 a Alcalino 8.29, encontrándose en condiciones adecuadas y no logrando afectar la presencia y desarrollo de HMA.

De acuerdo a lo mencionado, la concentración de fósforo tuvo valores promedio de 4.56 ppm, 7.06 ppm y 20.62 ppm, indicando rangos de baja, mediana y alta concentración, el cual no afectó la presencia de HMA. Estos resultados guardan relación con lo reportado por Johnson, (1993) y Arcos, (2003), quienes confirmaron que las concentraciones de fósforo generan una relación inversamente proporcional con la presencia y asociación simbiótica de HMA, a menor concentración de P en el suelo, el porcentaje de colonización incrementa. De igual manera Abbott y Robson (1979) mencionan que los beneficios de las micorrizas aumentan en suelos deficientes en fósforo y disminuyen en niveles altos de fosfatos.

La concentración de materia orgánica (MO) posee una relación directa con el porcentaje de colonización de HMA, un bajo contenido de MO o la pérdida de esta, constituye un factor que afecta la presencia, mantenimiento y distribución de HMA (Beare *et al.*, 1997; Lozano *et al.*, 2015). La materia orgánica encontrada en el presente estudio tuvo rangos promedios de 1.72%, 3.45% y 6.47%, indicando rangos de media a alta concentración de MO, el cuál no influyó de manera negativa en la presencia de HMA.

Con respecto a la textura, las características obtenidas nos indican que los suelos se encuentran en su mayoría de ser Francas y en una menor o escasa proporción de ser Arcillosas, logrando encontrar con la presencia de HMA. Estos resultados confirman los estudios realizados por Peña *et al.*, (2006), quien menciona que la textura es una característica físico-química del suelo que influye directamente en la presencia y distribución de géneros de HMA en el suelo, esto se debe que al encontrarse con suelos Francos a franco arenosos existe una mejor disponibilidad de oxígeno y la capacidad de infiltración natural, generando un ambiente propicio para el crecimiento y desarrollo de HMA.

V. CONCLUSIONES

Se encontró con la presencia de hongos micorrízicos arbusculares en todos los suelos de las parcelas muestreadas dentro de las provincias de Bagua y Utcubamba; Logrando confirmar su amplia distribución tanto en ecosistemas naturales como en agroecosistemas.

La variedad morfológica fue alta, pudiendo encontrar diferencias significativas en el número de morfotipos para ambas provincias, teniendo así un promedio de 12 morfotipos para la provincia de Bagua y 6 morfotipos en la provincia de Utcubamba.

Se identificaron para ambas provincias 57 morfotipos diferentes, clasificadas en 5 familias como: *Glomeraceae*, *Acaulosporaceae*, *Gigasporaceae*, *Scutellosporaceae* y *Diversisporaceae*; de los cuales, las familias *Glomeraceae*, *Acaulosporaceae*, *Gigasporaceae* y *Scutellosporaceae* se encontraron distribuidas en ambas provincias mientras que la familia *Diversisporaceae* sólo se encontró distribuida en la provincia de Utcubamba.

Las familias de HMA con mayor dominancia y representatividad fueron *Glomeraceae*, ocupando un total de 60 % y *Acaulosporaceae* con un 28 % del total de familias encontradas para ambas provincias. La predominancia de ambas familias nos indica su amplia distribución en agroecosistemas asociadas al cacao nativo.

Las características físico-químicas obtenidas del suelo fueron rangos promedios de concentración, lo cual no afectó la presencia y determinación de las poblaciones de HMA; Estas características se encuentran directamente influenciadas con la presencia y distribución de las mismas, por lo que es fundamental el estudio de dicha relación para tener un mejor entendimiento de estos microorganismos benéficos.

VI. RECOMENDACIONES

Se debe tener mayor interés en los estudios de caracterización e importancia de hongos micorrízicos arbusculares en sus hábitats naturales, para así tener una mayor comprensión del modo de acción de estos hongos y su posterior uso como bioinoculantes en una agricultura sostenible.

Para el desarrollo de estudios de la interacción de HMA en cacao, con fines productivos, se recomienda tomar mayor énfasis en el estudio de las familias *Glomeraceae* y *Acaulosporaceae* para trabajos de propagación e inoculación, ya que estas familias de HMA fueron encontrados en mayor porcentaje de dominancia en la presente investigación.

Se recomienda realizar un análisis molecular para futuros trabajos de identificación de familias, géneros o incluso especies, ya que una caracterización morfológica presenta inconvenientes en una alta variabilidad de morfotipos; por el contrario, una identificación molecular nos permite identificar especies de HMA que son morfológicamente diferentes, pero genéticamente iguales. Por consiguiente, se recomienda a partir de esta investigación, realizar la identificación molecular de morfotipos que posean características peculiares y exóticas, ya que estos podrían ser nuevos para la ciencia.

Los resultados obtenidos en la presente investigación deben servir para la motivación de generar futuros trabajos con el estudio de identificación y abundancia de HMA en los diversos ecosistemas tanto naturales como agroecosistemas de la Amazonia Peruana.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, L. K. & Robson, A. D. (1979). *A quantitative study on the spores and anatomy of mycorrhizas formed by a species of Glomus, with special reference to its taxonomy*. Australian Journal of Botany, (27) 363-375.
- Arcos, A. (2003). Distribución de la asociación micorrízica arbuscular en ecosistemas naturales e intervenidos; Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del Trópico Amazónico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC.
- Arévalo, C. (2016). Prospección de la densidad de esporas y colonización de micorrizas en cacao silvestre de Ucayali y Madre de Dios. Universidad Nacional Agraria la Molina, 10-67.
- Beare, M.S., Coleman, D. & Hendrix, P. (1997). *Influences of mycelial fungi on soil aggregation and organic matter storage in conventional and no tillage soils*. Applied Soil Ecology, (5) 211-219.
- Bernier, R. (1979). Técnicas de muestreo de suelo para análisis de fertilidad. Revista Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, ISSN 0717-4810, (2) 2-12.
- Daniels, B. A. & Skipper, H. D. (1982). *Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil*. In N. C. Shenck (Ed.) *Methods and principles of mycorrhizal research*. St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society.
- DRA-Amazonas, (2019). Dirección de Información Agraria, Datos Estadísticos, (2018). Chachapoyas-Amazonas.
- Entry, J., Rygielwicz, P., Watrud, L. & Donnelly, P. (2002). *Influence of adverse soil conditions on the formation and function of Arbuscular mycorrhizas*. Advances in Environmental Research. 7: 123-138.
- Gerdemann, J. & Nicolson, T. (1963). *Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting*. Transactions of the British Mycology Society, (46) 235-244.
- Hernández, A.D. & Monroy, M. (2017). Caracterización de hongos micorrízicos arbusculares asociados a tres clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Yopal Casanare. Universidad de Cundimarca-Colombia, 12-72.

- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina – INTA (2011). Importancia de conocer el Ph y conductividad eléctrica de los sustratos y los parámetros para poder medirlas. Artículo de divulgación.
- INVAM, (2006). *Internacional Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. “INVAM”. <http://invam.caf.wvu.edu/>. Consulta: diciembre de 2019.
- Johnson, N. C. (1993). *Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizas*. Ecological application, 3: 749-757.
- Khana, M. & Delowara, S. (2006). *Effect of edaphic factor on root colonization and spore population of arbuscular mycorrhizal fungi*. Bulletin Institute Tropical Agriculture, 29: 97-104.
- Klironomos, J. (2003). *Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi*. Ecology, 84 (9) 2292-2301.
- Lozano, J., Armbrrecht, I. & Montoya, J. (2015). Hongos formadores de micorrizas arbusculares y su efecto sobre la estructura de los suelos en fincas con manejo agroecológico e intensivo. Acta Agronómica, (4) 64.
- Medina, L., Rodríguez, Y., Torres, Y. & Herrera, R. (2010). Aislamiento e Identificación de hongos micorrízicos arbusculares nativos de la zona de las Caobas, Holguín-Cuba, ISSN 0258-5936, (31).
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú - MINAGRI (2017). Dinámica Agropecuaria de los índices de producción.
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2007). Plan operativo del cacao region Amazonas. Recuperado de: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/estudio/27681>. PDF.
- Oehl, F., Alves da Silva, G., Goto, B. T. & Sieverding, E. (2011a). *Glomeromycota: three new genera and glomoid species reorganized*. Mycotaxon, 116, 75-120.
- Oehl, F., Alves da Silva, G., B. T. Goto, B. T., Maia, L. C. & Sieverding, E. (2011b). *Glomeromycota: two new classes and a new order*. Mycotaxon, 116, 365-379.
- Paúl, E. & Clark, F. (1996). *Soil Microbiology and Biochemistry*. San Diego, USA: Academic Press: 2nd Edition.

- Peña, C., Cardona, G., Arguelles, J. & Arcos, A. (2006). Micorrizas arbusculares del sur de la Amazonía Colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI.
- Prieto, O., Belezaca, C., Mora, W., Garcés, F., Sabando, F. & Cedeño, P. (2012). Identificación de Hongos Micorrízicos Arbusculares en sistemas agroforestales con cacao en el trópico húmedo ecuatoriano. *Agronomía Mesoamericana*, ISSN 1021-7444, 23(2) 233-239.
- Rojas, K., Elizarbe, C., Gárate, M., Ayala, D., Ruiz, P. & Sieverding, E. (2014). Hongos de Micorriza Arbuscular en tres agroecosistemas de cacao (*Theobroma cacao l.*) en la Amazonía Peruana. *Revista del Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana*, 23 (2) 149 – 156.
- Rojas, J. (2010). Hongos micorrízicos arbusculares en la rizósfera de genotipos promisorios de cacao (*Theobroma cacao L.*) bajo los sistemas tradicional y bajo bosque en la región San Martín-Perú. Universidad Nacional de San Martín, 18-102.
- Ruiz, O. P. (1992). Significado de las micorrizas para la agroforestería en ultisoles de la amazonia. Rev. N° SA-04 Suelos Amazónicos, publicación del proyecto suelos tropicales. Lima-Perú, pág. 11 y 27.
- Schenck, N. & Perez, Y. (1990). *A manual for identification of vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi*. INVAM University of Florida, Gainesville, FL, 286 pp.
- Semane, F., Mohamed, C., Kachkouch, W., Touati, J., Selmaoui, K., Ouzzani, A., Maltouf, A. Cheraoui, M. & Moukhli, A. (2018). *Follow-up of a Composite Endomycorrhizal Inoculum in the Rhizosphere of Olive Plants, Analysis after 42 Months of Culture*. *Annual Research and Review in Biology*. ISSN 2347-565X, 22 (2) 1-18.
- Sieverding, E. (2005). *Glomus badium a new sporocarpic mycorrhizal fungal species from European grassland with higher soil pH*.
- Sieverding, E. (1984). Manual de métodos para la investigación de las micorrizas vesículo - arbuscular en el laboratorio. Palmira, CIAT. Colombia.
- Smith, S.E & Read, D.J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. Tercera edición. Londres: Academic Press.

Tapia, J., Ferrera, R., Varela, L., Rodríguez, J.C., Lara, J., Soria, J., Cuellar, H., Tiscareño, M. & Cisneros, R. (2008). Caracterización e identificación morfológica de hongos formadores de micorriza arbuscular, en cinco suelos salinos del estado de San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Micología*, (26) 1-7.

VIII. ANEXOS:

ANEXO 01: RENDIMIENTO Y SUPERFICIE VERDE DE CACAO

Tabla N° 06. Rendimiento y superficie verde de cacao en las provincias de Utcubamba y Bagua, (Fuente. Dirección Regional Agraria Amazonas, 2018)

| Rendimiento y Superficie Verde de cacao en las Provincias de Bagua y Utcubamba, región Amazonas-Perú. | | | |
|--|-----------------|----------------------------|----------------------|
| Provincia | Distrito | Rendimiento (kg/Ha) | Sup. Verde/Ha |
| BAGUA | BAGUA | 698.39 | 31 |
| | ARAMANGO | 382.14 | 350 |
| | COPALLÍN | 490.89 | 994 |
| | EL PARCO | 494.12 | 51 |
| | IMAZA | 436.32 | 2970 |
| | LA PECA | 406.16 | 892 |
| UTCUBAMBA | BAGUA GRANDE | 948.04 | 138 |
| | CAJARURO | 755.34 | 665 |
| | CUMBA | 996.34 | 111.5 |
| | EL MILAGRO | 1758.75 | 13 |
| | JAMALCA | 800 | 19.5 |
| | YAMÓN | 1740 | 4 |
| N° Total de Superficie Verde/Ha de las provincias de Bagua y Utcubamba | | | 6239 |

ANEXO 2: Referenciación geográfica de los puntos de muestreo dentro de las provincias de Bagua y Utcubamba, (Tabla 07 y tabla 08).

Tabla N° 07. Provincia de Bagua.

| PROVINCIA DE BAGUA | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------|------------|----------------|------------------------|--------------------------|-------------|---------|---------|------|-------------------|------|
| ITEM | DISTRITO | FECHA | CÓDIGO | ANEXO | PRODUCTOR | COORDENADAS | | ALTITUD | UTM | AREA DE FINCA(Ha) | EDAD |
| | | | | | | Este | Norte | | | | |
| 1 | COPALLÍN | 11/10/2019 | F1 | Palacios | Elias Fernandez Arista | 780697 | 9372624 | 477 | 17 M | 1 | 10 |
| 2 | | 11/10/2019 | F2 | San Roque | Ferrnín Nuñez Mendoza | 781823 | 9372322 | 487 | 17 M | 1/2. | 20 |
| 3 | | 11/10/2019 | F3 | Miraflores | Eliza Carascal Monseñi | 783520 | 9371470 | 579 | 17 M | 2 | 15 |
| 4 | IMAZA | 21/10/2019 | F1 | CHIPE | Fernando Pesayvit Lempe | 801595 | 9470391 | 246 | 17 M | 1 | 27 |
| 5 | | 21/10/2019 | F2 | NUEVA JERUSALEN | Ensevio Chávez Daycat | 799028 | 9467282 | 261 | 17 M | 1/2. | 25 |
| 6 | | 22/10/2019 | F3 | NUMPATKAM | Timoteo Twi | 797001 | 9463194 | 248 | 17 M | 1/4. | 30 |
| 7 | | 22/10/2019 | F4 | SUWA SHUSHUI | Susana Kantash | 799133 | 9459414 | 249 | 17 M | 1/4. | 15 |
| 8 | | 22/10/2019 | F5 | SHUSHUI | Patricia Anterina | 796788 | 9456121 | 293 | 17 M | 1 | 30 |
| 9 | | 22/10/2019 | F6 | PUMPÚ | Marcio Jirash | 795148 | 9453841 | 264 | 17 M | 1/8. | 25 |
| 10 | | 22/10/2019 | F7 | YAMAYAKAT | Enrique Sinkush | 795284 | 9440967 | 265 | 17 M | 1/2. | 15 |
| 11 | | 23/10/2019 | F8 | TUPAC AMARU I | Valentin Padilla Galway | 800779 | 9458670 | 253 | 17 M | 1 | 20 |
| 12 | | 23/10/2019 | F9 | NUEVA HUANCABAMBA | Eva Guevarra Cay | 809995 | 9459604 | 266 | 17 M | 1/2. | 6 |
| 13 | | 23/10/2019 | F10 | MONTE OLIVO | Elias Caye Reyes | 810418 | 9460560 | 248 | 17 M | 1/2. | 8 |
| 14 | 23/10/2019 | F11 | TUPAC AMARU II | Noé Calle | 811487 | 9461001 | 270 | 17 M | 5 | 10 | |
| 15 | 24/10/2019 | F12 | WAWICO | Jorge Sanchez | 809477 | 9453072 | 312 | 17 M | 1/2. | 12 | |
| 16 | 24/10/2019 | F13 | AGUAS TURBIAS | Serjio Numptash Shimpu | 808786 | 9450979 | 367 | 17 M | 2 | 10 | |
| 17 | 24/10/2019 | F14 | VILLARICA | Patricio Huanca | 807524 | 9448929 | 449 | 17 M | 3 | 10 | |
| 18 | ARAMANGO | 29/10/2019 | F1 | Aramango | Leonel Millán Sanchez | 785675 | 9399450 | 600 | 17 M | 1 | 15 |
| 19 | | 29/10/2019 | F2 | Aramango | Aldices Gamarrá | 784887 | 9399991 | 555 | 17 M | 3 | 12 |
| 20 | BAGUA | 28/10/2019 | F1 | Las Juntas | Nilda Leyva Peña | 772292 | 9376857 | 422 | 17 M | 2 | 40 |
| 21 | | 28/10/2019 | F2 | Visita Hermosa | Miguel Álvarez Sarmiento | 772919 | 9377219 | 434 | 17 M | 1 | 30 |
| 22 | EL PARCO | 30/10/2019 | F1 | El Parco | Lilia Inga | 780511 | 9377484 | 621 | 17 M | 2 | 25 |
| 23 | | 30/10/2019 | F1 | La Peca | Carmela Wilian Puelies | 782871 | 9378740 | 780 | 17 M | 1 | 50 |
| 24 | LA PECA | 30/10/2019 | F2 | San Francisco | Glorioso Aguilar | 781637 | 9377681 | 664 | 17 M | 3 | 40 |

Tabla N° 08. Provincia de Utcubamba.

| PROVINCIA DE UTCUBAMBA | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------|--------------|------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------|---------|------|-------------------|------|----|
| ITEM | DISTRITO | FECHA | CODIGO | ANEXO | PRODUCTOR | COORDENADAS | | ALTITUD | UTM | ÁREA DE FINCA(Ha) | EDAD | |
| | | | | | | Este | Norte | | | | | |
| 1 | CAJARURO | 02/10/2019 | F1 | Misquiyacu Alto-El Porvenir | Demetrio Jimenes Córdoba | 792289 | 9364139 | 641 | 17 M | 1.5 | 10 | |
| 2 | | 02/10/2019 | F2 | Naranjos Alto-El Limoncito | Lilia Violeta Cargajuyca Mejía | 793508 | 9367151 | 843 | 17 M | 3 | 8 | |
| 3 | | 02/10/2019 | F3 | Naranjos Alto-Diamante Alto | José Quiroz Leyva | 793678 | 9369941 | 1190 | 17 M | 2 | 10 | |
| 4 | | 02/10/2019 | F4 | San Juan de la Libertad | Wilmer Linares Humarán | 790980 | 9370805 | 1025 | 17 M | 2 | 12 | |
| 5 | | 02/10/2019 | F5 | San Juan de la Libertad-Soles | Elder Calderón Delgado | 789820 | 9372094 | 989 | 17 M | 3 | 8 | |
| 6 | | 02/10/2019 | F6 | San José Bajo-El Chalcán | Felipe Astoria Guevarra | 787926 | 9369125 | 754 | 17 M | 2 | 15 | |
| 7 | | 02/10/2019 | F7 | San José Bajo | Arnolfo Ruiz Vasquez | 787295 | 9368551 | 648 | 17 M | 1 | 16 | |
| 8 | | 02/10/2019 | F8 | Alto Amazonas | Feliciano Humarán Torres | 800857 | 9366974 | 1187 | 17 M | 2 | 45 | |
| 9 | | 02/10/2019 | F9 | El Hebrón | Froilan Cutas Dias | 802086 | 9366743 | 1023 | 17 M | 1 | 40 | |
| 10 | | 03/10/2019 | F10 | José Olaya | Mauro Padilla Julca | 799330 | 9366808 | 1086 | 17 M | 2 | 24 | |
| 11 | | 03/10/2019 | F11 | Santa Isabel | | 794146 | 9366113 | 702 | 17 M | 1 | 12 | |
| 12 | | 03/10/2019 | F12 | Naranjos Alto | Castinaldo Tarrillo Burgos | 793807 | 9365730 | 699 | 17 M | 2 | 8 | |
| 13 | | BAGUA GRANDE | 03/10/2019 | F1 | Quebrada Seca | Teodocia Cario | 779653 | 9367530 | 422 | 17 M | 1 | 30 |
| 14 | | | 03/10/2019 | F2 | Quebrada Seca | Segundo Banda Níñez | 779140 | 9367482 | 432 | 17 M | 1 | 10 |
| 15 | | YAMÓN | 09/10/2019 | F1 | Chimña | Ileobrando Carra | 777454 | 9328440 | 523 | 17 M | 2 | 45 |
| 16 | | | 09/10/2019 | F1 | La Vña | Yolanda Mego García | 764593 | 9333765 | 476 | 17 M | 1 | 8 |
| 17 | | CUMBA | 09/10/2019 | F2 | Cumba | Oyler guerrera Salas | 758309 | 9344128 | 460 | 17 M | 1 | 10 |
| 18 | | | 09/10/2019 | F3 | Cumba | Eliza Dávila Delgado | 758344 | 9344128 | 467 | 17 M | 1 | 8 |
| 19 | | EL MILAGRO | 10/10/2019 | F1 | Cayah | | 766698 | 9367289 | 525 | 17 M | 1/4. | 10 |
| 20 | | JAMALCA | 10/10/2019 | F1 | El Morochal | Samuel Estela Vasquez | 807480 | 9347623 | 1270 | 17 M | 1/4. | 5 |

ANEXO 3. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO RIZOSFÉRICO:



Figura N° 12. “Proceso de Recolección de muestras de suelo rizosférico”. A): Selección de la parcela. B): Toma de las submuestras por planta. C): Determinación de la muestra compuesta. D): Codificado de la muestra. E): Toma de datos de la parcela. F): Secado de muestras en el Laboratorio a T° de Ambiente.

ANEXO 4: PREPARACIÓN DE LA SACAROSA (20% y 60% en p/v):



Figura N°13. Proceso de preparación de sacarosa (20% y 60%). A): Pesado del azúcar. B): Dilución del azúcar. C): calentamiento de la dilución. D): Solución de sacarosa al 60% y 20% de concentración (p/v).

ANEXO 05: EXTRACCIÓN Y AISLAMIENTO DE ESPORAS DE "HMA" A PARTIR DEL SUELO:



Figura N° 14. "Proceso de tamizado y decantación en muestras de suelo". A): Pesado de 100 g de suelo, B): Agitación de la muestra de suelo en agua, C): Agregación de la suspensión en los tamices de 250 y 38 micras, D): Agregado de la sacarosa de 20% y 60% a los tobos falcon (15ml c/u), E): Agregado del contenido del tamiz de 38 micras al tubo con sacarosa, F): Centrifugación de los tubos falcon a 3500 rpm durante 4.5 minutos, G): Sobrenadante en el tubo falcon, H): Colocado del sobrenadante en el tamiz de 38 micras D): Lavado de la sacarosa, J): Colocado de las esporas en las placas Petri, K): Ordenamiento de las placas con espora. L): Observación de esporas en el estereoscopio.

ANEXO 06: PROCESO DE MONTAJE E IDENTIFICACIÓN DE "HMA":



Figura N° 15. "Proceso de Montaje e identificación de HMA". **A):** Observación de esporas a través del estereoscopio. **B):** Vista de las esporas de HMA. **C):** Ordenamiento de las esporas acorde a su morfotipo. **D):** Extracción de las esporas agrupadas por morfotipos. **E):** Colocado del líquido de montaje (PVLG) en los portaobjetos. **F):** Montaje de las esporas en las laminillas. **G):** Secado de las laminillas a temperatura de Ambiente. **H):** Fijado de las láminas con esmalte. **I):** Observación de esporas mediante el microscopio óptico. **J):** Fotografiado de las esporas mediante el programa "Las Ez", a un aumento de 20X. **K):** Medición de las esporas mediante el programa "Image Tool". **L):** Determinación de la coloración y forma de las esporas de HMA.

ANEXO 07: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO EN MUESTRAS DE SUELO

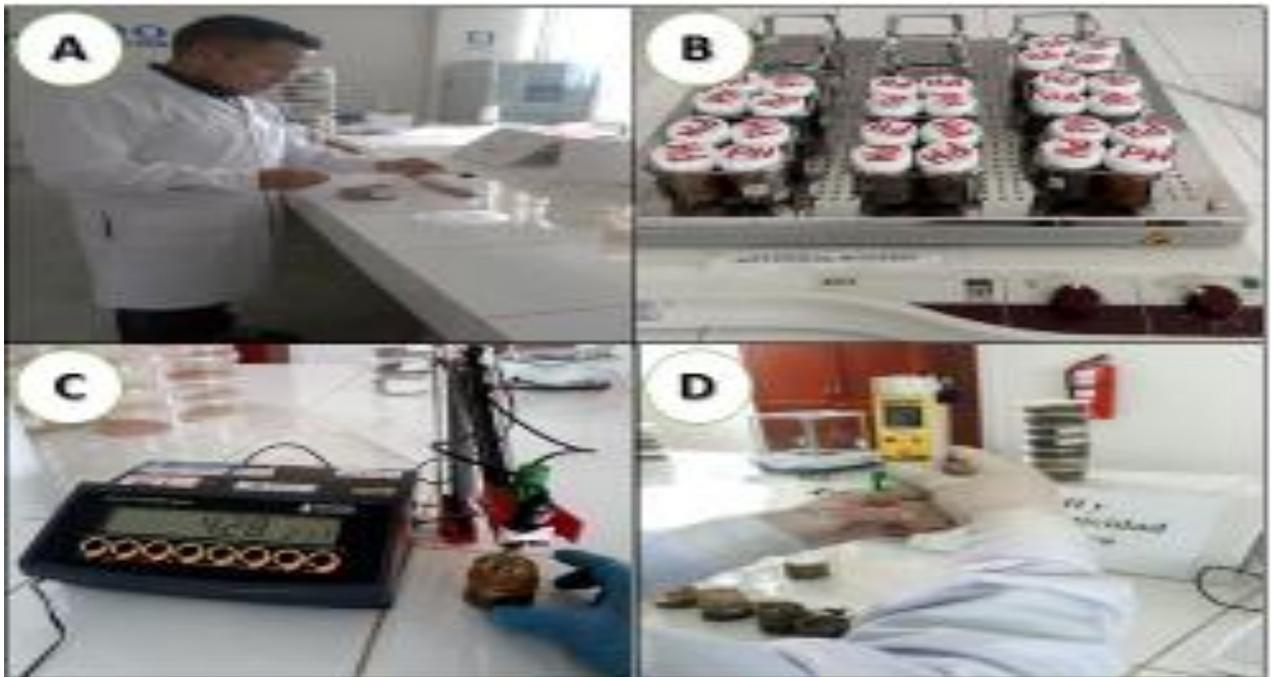


Figura N° 16. "Determinación de pH y Conductividad Eléctrica (CE)". A): Agregación del suelo y agua destilada. B): Agitado de las muestras de suelo. C): Lectura del pH. D): Lectura de la "CE".

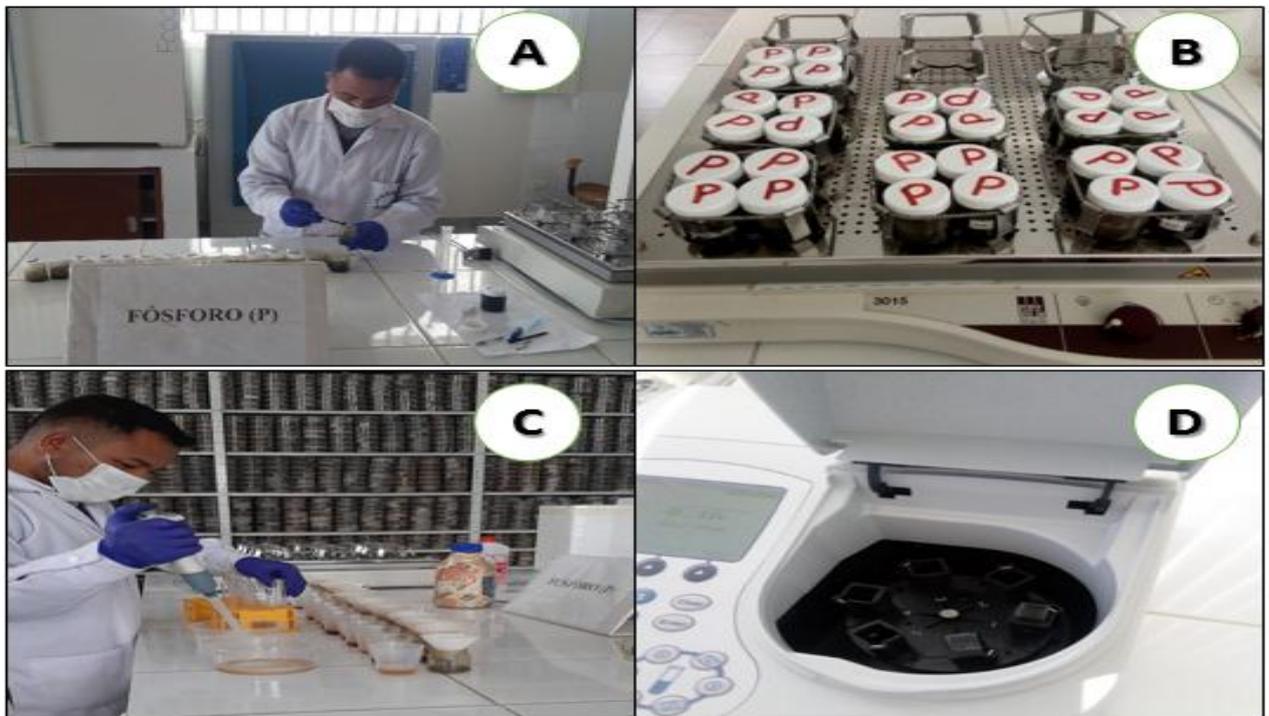


Figura N° 17. "Determinación de Fósforo (P)". A): Agregado del carbón activado a la muestra. B): Agitado de las muestras. C): Extracción del filtrado. D): Lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica.

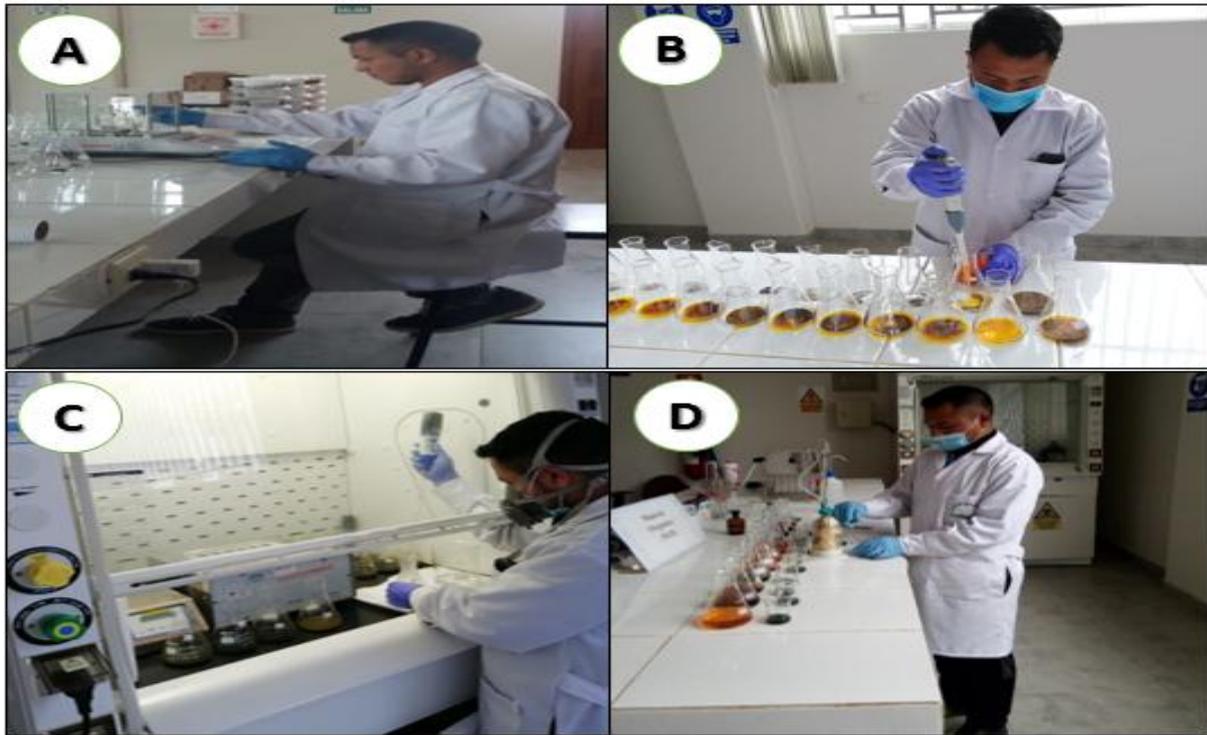


Figura N° 18. "Determinación de Materia Orgánica (MO)". A): Pesado de las muestras. B): Agregado del Dicromato de Potasio. C): Agregado del Ácido Sulfúrico. D): Titulación de las muestras.



Figura N° 19. "Determinación de la Textura". A): Medición de la muestra. B): Agitado de la muestra. C): Aforo de la muestra a las probetas. D): Medición de las lecturas.

Tabla 09. Diversidad de morfotipos de HMA, clasificados por familia.

| Familia | Morfotipos | Provincia | | Tamaño (µm) | | Color | | Forma |
|-------------|----------------|-----------|------|-------------|-------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | | Utc. | Bag. | Espora | Pared | Espora | Pared | |
| Glomeraceae | Morfotipo N°1 | X | | 56.03 | 4.51 | Rojo amarillento | Rojo | Elíptica, oblonga |
| | Morfotipo N°2 | X | | 49.11 | 2.5 | Marrón amarillento | Rojo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°3 | X | | 64.65 | 3.37 | Marrón amarillento | Marrón amarillento | Oblonga |
| | Morfotipo N°4 | X | X | 50.16 | 2.82 | Amarillo parduzco | Amarillo parduzco | Elíptica, oblonga |
| | Morfotipo N°5 | X | X | 38.09 | 2.35 | Amarillo rojizo | Amarillo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°6 | X | X | 95.7 | 5.22 | Marrón amarillento | Marrón amarillento | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°7 | X | X | 47.71 | 3.82 | Amarillo rojizo | Rojo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°8 | X | X | 28.89 | 2.86 | Amarillo | Amarillo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°9 | X | X | 31.29 | 1.74 | Marrón Rojizo | Oscuro | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°10 | X | X | 36.39 | 2.5 | Rojo oscuro | Rojo muy fuerte | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°11 | X | X | 128.83 | 6.15 | Amarillo | Amarillo rojizo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°12 | X | X | 44.99 | 3.39 | Rojo parduzco | Rojo parduzco | Obovada |
| | Morfotipo N°13 | X | X | 51.57 | 1.52 | Marrón rojizo | Marrón rojizo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°14 | X | X | 36.88 | 1.64 | Rojo oscuro | Marrón rojizo | Elíptica, Oblonga |
| | Morfotipo N°15 | | X | 84.87 | 2.95 | Rojo moteado | Rojo amarillento | Obovada |
| | Morfotipo N°16 | | X | 64.24 | 2.72 | Rojizo oscuro | Rojizo oscuro | Globosa |
| | Morfotipo N°17 | X | X | 104.28 | 4.8 | Rojo amarillento | Marrón rojizo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°18 | X | X | 70.48 | 3.42 | Amarillo parduzco | Rojo | Globoso |
| | Morfotipo N°19 | | X | 130.06 | 3.5 | Amarillo parduzco | Amarillo parduzco | Globosa, intravenosa |
| | Morfotipo N°20 | X | X | 53.65 | 2.16 | Marrón | Marrón fuerte | Globosa |
| | Morfotipo N°21 | X | X | 94 | 3.36 | Rojo amarillento | Rojo amarillento | Globosa, Subglobosa |
| | Morfotipo N°22 | X | X | 157.3 | 6.72 | Amarillo rojizo | Amarillo rojizo | Globosa, Subglobosa |
| | Morfotipo N°23 | X | | 71.59 | 3.93 | Rojo | Rojo oscuro | Globosa, Subglobosa |
| | Morfotipo N°24 | X | | 83.11 | 2.27 | Rojo amarillento | Rojo amarillento | Globosa, subglobosa |

| | | | | | | | | |
|-----------------|----------------|---|---|--------|------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| | Morfotipo N°25 | X | | 97.16 | 2.5 | Marrón rojizo | Marrón rojizo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°26 | X | X | 136.25 | 3.95 | Amarillo rojizo | Amarillo rojizo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°27 | X | X | 73.18 | 2.42 | Amarillo | Amarillo | Elíptica, oblonga |
| | Morfotipo N°28 | X | X | 59.44 | 3.45 | Rojo parduzco | Rojo parduzco | Globosa |
| | Morfotipo N°29 | | X | 73.54 | 2.35 | Amarillo parduzco | Amarillo parduzco | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°30 | | X | 155.67 | 6.52 | Amarillo rojizo | Amarillo rojizo | Globosa, ornamentada |
| | Morfotipo N°31 | | X | 55.61 | 2.32 | Amarillo rojizo | Amarillo rojizo | Elíptica, oblonga |
| | Morfotipo N°32 | | X | 49.13 | 2.8 | Marrón rojizo | Rojo oscuro | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°33 | X | | 159.67 | 5.83 | Amarillo rojizo | Amarillo rojizo | Elíptica, Oblonga |
| | Morfotipo N°34 | | X | 111.72 | 4.68 | Amarillo rojizo | Rojo | Elíptica, oblonga |
| | Morfotipo N°35 | | X | 205.7 | 9.12 | Rojo amarillento | Rojo amarillento | Globosa, con plexo central |
| | Morfotipo N°36 | X | | 39.62 | 3.18 | Rojo oscuro | Rojo oscuro | Globosa, con plexo central |
| | Morfotipo N°37 | | X | 157.73 | 7.86 | Amarillo rojizo | Rojo | Globosa, subglobosa |
| Acaulosporaceae | Morfotipo N°1 | X | | 91.66 | 4 | Amarillo pálido | Amarillo pálido | Globosa |
| | Morfotipo N°2 | | X | 71.34 | 2.43 | Amarillo pálido | Amarillo pálido | Globosa, moteada |
| | Morfotipo N°3 | | X | 101.82 | 4.16 | Marrón rojizo | Rojo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°4 | | X | 59.98 | 1.61 | Marrón rojizo | Amarillo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°5 | | X | 109.02 | 4.3 | Amarillo rojizo | Rojo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°6 | | X | 70.63 | 2.46 | Amarillo parduzco | Amarillo parduzco | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°7 | X | | 62.77 | 2.31 | Amarillo | Amarillo | Globosa, Subglobosa |
| | Morfotipo N°8 | X | | 74.85 | 3.34 | Amarillo pálido | Amarillo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°9 | | X | 110.82 | 4.29 | Marrón rojizo | Marrón rojizo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°10 | | X | 89.25 | 2.45 | Rojo oscuro | Rojo oscuro | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°11 | | X | 84.87 | 4.12 | Rojo amarillento | Rojo | Globosa |
| | Morfotipo N°12 | X | | 178.55 | 3.96 | Amarillo | Rojo amarillento | Globosa |
| | Morfotipo N°13 | X | | 168.46 | 8.06 | Amarillo oliva | Amarillo | Globosa, Subglobosa |
| | Morfotipo N°14 | X | | 68.36 | 1.54 | Amarillo | Amarillo | Globosa |

| | | | | | | | | |
|-------------------|---------------|---|---|--------|-------|------------------|------------------|---------------------|
| Gigasporaceae | Morfotipo N°1 | | X | 183.5 | 3.58 | Rojo amarillento | Rojo amarillento | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°2 | | X | 49.85 | 3.72 | Amarillo | Amarillo | Globosa, subglobosa |
| | Morfotipo N°3 | X | X | 255.63 | 11.38 | Rojo amarillento | Rojo amarillento | Globosa, subglobosa |
| Scutellosporaceae | Morfotipo N°1 | X | | 92.37 | 2.64 | Amarillo | Amarillo rojizo | Globosa, Subglobosa |
| | Morfotipo N°2 | | X | 32.32 | 1.3 | Hialino | Hialino | Globosa, subglobosa |
| Diversisporaceae | Morfotipo N°1 | X | | 37.64 | 1.3 | Amarillo oliva | Amarillo oliva | Globosa, subglobosa |

*Utc= Provincia de Utcubamba; *Bag= Provincia de Bagua