

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional De Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

“Efecto de tres consorcios específicos de hongos micorrízicos arbusculares nativos en la biofertilización de plantas de Café (*Coffea arabica*) variedad pache en las provincias de Moyobamba, Lamas y Huallaga de la Región San Martín”

Por:

Jany Sandoval Rengifo

Asesora:

Ing. Ivone Vásquez Briones

Tarapoto. Mayo del 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Yo, *Ivone Vásquez Briones*, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: *“Efecto de tres consorcios específicos de hongos Micorrízicos arbusculares nativos en la biofertilización de plantas de Café (Coffea arabica) variedad pache en las provincias de Moyobamba, Lamas y Huallaga de la Región San Martín”* constituye la memoria que presenta la Bachiller **Jany Sandoval Rengifo**; para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, que ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión, bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los 28 días del mes de Junio del año 2019.


Ing. Ivone Vásquez Briones
Asesor

“Efecto de tres consorcios específicos de hongos micorrízicos arbusculares nativos en la biofertilización de plantas de Café (*Coffea arabica*) variedad pache en las provincias de Moyobamba, Lamas y Huallaga de la Región San Martín”

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



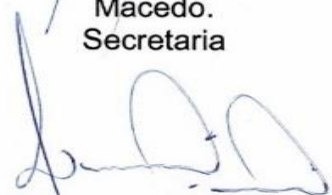
Mg. Delbert Eleasil Condori
Moreno.
Presidente



Mstra. Betsabeth Teresa Padilla
Macedo.
Secretaria



Mstra. Dayani Shirley Romero
Vela.
Vocal



Ing. Jhon Patrick Ríos
Bartra.
Vocal



Ing. Ivone Vásquez Briones
Asesor

Morales, 28 de Mayo del año 2019

DEDICATORIA

A mis padres Gunter Hoyos y Elena Rengifo por ser primeramente mi motivación, por su protección y cuidado hacia mí, por brindarme un hogar y seguridad que es lo primordial para continuar luchando por mis sueños y concluir la tesis satisfactoriamente, por su arduo trabajo en la agricultura, esto me motivo a perseverar más, a mis hermanos Anthony, Kevin y Hans por llenarme de amor, son mi motivo de salir adelante día a día, a mis tíos Fredy Sandoval , Constantino Reategui, Orlando Rengifo, Luisa Rengifo, Layli Rengifo, por el afecto que me tienen y consideración, a mi abuelita Luisa Shupingahua por sus consejos y su cariño incondicional por estar ahí cuando más la necesito, y a mis sobrinos por tanta alegría que provocan sonrisas, que debo ser un ejemplo para ellos.

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque sin él mi vida no tendría sentido, porque él me guía por el camino correcto.

A mis padres Gunter y Elena, por ser mi soporte económico y emocional, por la confianza en mi persona, por desvelarse por mí, por enseñarme a ser valiente en cada etapa de mi vida.

Al Ing. Ivone Vásquez Briones por su atención y confianza, para comenzar mi proyecto investigación.

Al Ing. Decny Omar Chinchay Rubio por impartir sus conocimientos y su paciencia en el proceso de aprendizaje ante el desarrollo de mi tesis.

Al MSc. Ing. Geomar Vallejos Torres por impulsar la investigación en proyectos agroforestales del IIAP.

A mi compañero Elvis Espinoza por acompañarme durante el proceso de mi tesis en el IIAP.

Al equipo de jóvenes tesisistas y practicantes: Osmar, Lorena, Wilfredo, Silvia que compartimos bonitos momentos en el IIAP.

A mis amigos Jherson Gamboa, Cristian Koch y en especial a Thalia del Castillo por agradable compañía durante mi tesis.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	XX
ABSTRACT	XXI
CAPITULO I.....	22
INTRODUCCIÓN.....	22
1.1. Identificación del problema.....	22
1.2. Justificación.....	24
1.3. Objetivos	25
1.3.1. Objetivo general	25
1.3.2. Objetivo específico.....	25
1.4. Presuposición filosófica	25
CAPITULO II.....	27
MARCO TEÓRICO	27
2.1. Antecedentes de la investigación	27
2.2. Bases teóricas	28
2.2.1. Generalidades del café.....	28
2.2.2. Propagación sexual y asexual del café	31
2.2.3. Clasificación taxonómica.	32

2.2.4.	Aspectos generales para el cultivo del café.....	33
2.2.5.	Morfología del Cultivo.....	34
2.2.6.	Variedades de café:	34
2.2.7.	Hongos micorrízicos.....	35
2.2.8.	Características generales de la micorriza arbuscular (MA).....	36
2.2.9.	Clasificación de la micorrizas	37
2.2.10.	Factores que afectan el desarrollo, actividad y supervivencia de la micorriza arbuscular	39
2.2.11.	La micorriza arbuscular y el cultivo del café (<i>Coffea arábica</i> L.).....	42
2.2.12.	Beneficios de las micorrizas para las plantas	42
2.2.13.	Beneficios de las micorrizas para el suelo.....	43
2.3.	Biofertilización con HMA.....	44
2.4.	Fuentes de inóculo.....	44
2.5.	Definición de términos básicos	45
CAPITULO III		48
MATERIALES Y MÉTODOS.....		48
3.1.	Descripción del área de estudio.....	48
3.1.1.	Localización de las parcelas experimentales.....	49
3.2.	Equipos y Materiales.....	50
3.2.1.	Equipos.....	50
3.1.1.	Materiales de campo.....	51
3.1.2.	Materiales de escritorio	51
3.3.	Síntesis de la metodología.....	51

3.3.1. Modelo aditivo lineal.....	52
3.4. Fase de Campo	52
3.4.1. Identificación de las plantas y colecta de granos de café.	52
3.4.2. Propagación de plántones (sexual y asexual)	52
3.4.3. Traslado y trasplante	53
3.4.4. Observación directa in-situ.....	54
3.5. Fase Vivero	59
3.5.1. Multiplicación de los HMA.....	59
3.5.2. En la presente investigación se trabajó con los tres mejores consorcios.....	60
3.5.3. Esterilización de sustrato.....	62
3.5.4. Repique e inoculación con los HMA	62
3.6. Etapa de Laboratorio	64
3.6.1. Identificación y Cuantificación de esporas.....	64
3.6.2. Identificación de los HMA	65
3.6.3. Tinción de Micelio Extraradical (MER).....	67
3.6.4. Tinción de raíces de las plantas de café.	69
3.6.5. Técnica sistemática de portaobjeto.....	70
3.6.6. Análisis físico químico del suelo.....	71
3.6.7. Longitud de Micelio Extraradical (MER).	71
3.6.8. Porcentaje de colonización Micorrízica	72
3.7. Diseño de investigación	73
3.8. Enfoque de la investigación.	76
3.9. Hipótesis.....	76

3.10. Variables	76
3.10.1. Variable independiente.....	76
3.10.2. Variables dependientes.....	76
CAPITULO IV	78
RESULTADOS Y DISCUSIONES	78
4.1. Resultados.....	78
4.1.1. Altura de planta (cm).....	78
4.1.2. Diámetro de planta (mm).....	85
4.1.3. Número de ramas.....	92
4.1.4. Número de hojas.....	98
4.1.5. Frecuencia micorrízica (%)	106
4.1.6. Intensidad micorrízica (%)	113
4.1.7. Longitud de micelio extraradicular (cm).....	120
4.2. Discusión	127
4.2.1. Altura de la planta.....	127
4.2.2. Diámetro de la planta.....	128
4.2.3. Número de ramas.....	129
4.2.4. Número de hojas.....	130
4.2.5. Frecuencia micorrízica (%), intensidad micorrízica (%), longitud de micelio extraradicular (cm).....	131
CAPITULO V.....	134
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134
5.1. Conclusiones	134

5.2. Recomendaciones.....	135
REFERENCIAS	137
ANEXOS	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del grano de café por tamaño.....	30
Tabla 2. Ubicación geográfica de las parcelas de experimento.....	49
Tabla 3. Procedencia de los tres mejores consorcios de HMA.	61
Tabla 4. Cantidades usadas en el proceso de inoculación a los plántones de café.....	63
Tabla 5. Presencia de los diferentes géneros y especies en 3 provincias.	67
Tabla 6. Distribución de tratamientos de estudio.	75
Tabla 7. Análisis de varianza de altura de planta (cm).....	78
Tabla 8. Prueba de Tukey ($p<0.05$) para el efecto principal provincia para la altura de plantas (cm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes estadísticamente entre sí.	79
Tabla 9. Prueba de Tukey ($p<0.05$) para el efecto principal método de propagación para la altura de plantas (cm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	80
Tabla 10. Prueba de Tukey ($p<0.05$) para el efecto principal consorcio para la altura de plantas (cm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.....	80
Tabla 11. Análisis de varianza de diámetro de planta (mm).	85
Tabla 12. Prueba de Tukey ($p<0.05$) para el efecto principal provincia para el diámetro de planta (mm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.....	86

Tabla 13. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para el diámetro de planta (mm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	86
Tabla 14. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para el diámetro de planta (mm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	87
Tabla 15. Análisis de varianza del número de ramas de la planta. Datos convertidos a \sqrt{x}	92
Tabla 16. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal provincia para el número de ramas, evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	93
Tabla 17. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para el número de ramas, evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	93
Tabla 18. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para el número de ramas, evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	94
Tabla 19. Análisis de varianza del número de hojas de la planta. Datos convertidos a \sqrt{x}	98
Tabla 20. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal provincia para el número de hojas, evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	100
Tabla 21. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para el número de hojas, evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	100

Tabla 22. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para el número de hojas, evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	101
Tabla 23. Análisis de varianza de la frecuencia micorrízica (%). Datos convertidos $\arcsen \sqrt{\%}$	106
Tabla 24. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal provincia para la frecuencia micorrízica (%), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	107
Tabla 25. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para la frecuencia micorrízica (%), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.....	107
Tabla 26. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para la frecuencia micorrízica (%), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	108
Tabla 27. Análisis de varianza de la intensidad micorrízica (%). Datos convertidos $\arcsen \sqrt{\%}$	113
Tabla 28. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal provincia para la intensidad micorrízica (%), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	114
Tabla 29. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para la intensidad micorrízica (%), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.....	114

Tabla 30. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para la intensidad micorrízica (%), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	115
Tabla 31. Análisis de varianza de la longitud de micelio extraradicular (cm).	120
Tabla 32. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal provincia para la longitud de micelio extraradicular (cm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	121
Tabla 33. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para la longitud de micelio extraradicular (cm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	121
Tabla 34. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para la longitud de micelio extraradicular (cm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación del laboratorio y vivero del instituto de investigaciones de la Amazonía peruana (IIAP).....	48
Figura 2. Mapa general de ubicación de las parcelas del proyecto.	50
Figura 3. Traslado de los plántones a las 3 parcelas experimentales.	54
Figura 4. Toma de datos de altura en plántones de café micorrizados, en parcela experimental.	55
Figura 5. Toma de datos de diámetro en plántones de café micorrizados, en parcela experimental.	56
Figura 6. Toma de datos del número ramas en plántones de café micorrizados, en parcela experimental.	57
Figura 7. Toma de datos del número de hojas en plántones de café micorrizados, en parcela experimental.	58
Figura 8. Colecta de muestras biológicas (suelo y raíces) en plántones de café micorrizados, en la parcela experimental.	59
Figura 9. Multiplicación del HMA en cultivo trampa.	60
Figura 10. Se esterilizó las bolsas de sustrato en una autoclave a 131 ° C a 20 libras de presión por 1 hora.....	62
Figura 11. Repique e inoculación con los HMA a los plántones sexuales.....	63
Figura 12. Repique e inoculación con los HMA a los plántones asexuales.	64
Figura 13. Géneros y especies de HMA encontradas en 3 consorcios de HMA.	66
Figura 14. Proceso de tinción de Micelio Extraradical (MER).	69
Figura 15. Tinción de raíces de las plantas de café.	70

Figura 16. Técnica sistemática de portaobjetos.....	71
Figura 17. Escala gradual de intensidad de colonización, según Trouvelot et al., (1986).	72
Figura 18. Observación de los campos colonizados.....	73
Figura 19. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para la altura de planta (cm), evaluados a los 210 días.	81
Figura 20. Efecto de interacción entre provincia y consorcio para la altura de planta (cm), evaluados a los 210 días.	82
Figura 21. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para la altura de planta (cm), evaluados a los 210 días.	83
Figura 22. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación a la altura de la planta (cm) de cafeto. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.....	84
Figura 23. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para el diámetro de planta (mm), evaluados a los 210 días.....	88
Figura 24. Efecto de interacción entre provincia y consorcio para el diámetro de planta (mm), evaluados a los 210 días.	89
Figura 25. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para el diámetro de planta (mm), evaluados a los 210 días.....	90
Figura 26. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación al diámetro de las plantas de cafeto. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	91
Figura 27. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para el número de ramas, evaluados a los 210 días.....	95

Figura 28. Efecto de interacción entre provincia y consorcio, evaluados a los 210 días.	96
Figura 29. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para el número de ramas, evaluados a los 210 días.	97
Figura 30. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación al número de ramas de cafeto. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	98
Figura 31. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para el número de hojas, evaluados a los 210 días.	102
Figura 32. Efecto de interacción entre provincia y consorcio para el número de hojas, evaluados a los 210 días.	103
Figura 33. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para el número de hojas, evaluados a los 210 días.	104
Figura 34. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación al número de hojas de cafeto. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	105
Figura 35. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para la frecuencia micorrízica (%), evaluados a los 210 días.	109
Figura 36. Efecto de interacción entre provincia y consorcio para la frecuencia micorrízica (%), evaluados a los 210 días.	110
Figura 37. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para la frecuencia micorrízica (%), evaluados a los 210 días.	111

Figura 38. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación a la frecuencia micorrízica. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	111
Figura 39. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para la intensidad micorrízica (%), evaluados a los 210 días.	116
Figura 40. Efecto de interacción entre provincia y consorcio para la intensidad micorrízica (%), evaluados a los 210 días	117
Figura 41. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para la intensidad micorrízica (%), evaluados a los 210 días.	118
Figura 42. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación a la intensidad micorrízica. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	119
Figura 43. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para la longitud de micelio extraradicular (cm), evaluado a los 210 días.	123
Figura 44. Efecto de interacción entre provincia y consorcio para la longitud de micelio extraradicular (cm), evaluado a los 210 días.	124
Figura 45. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para la longitud de micelio extraradicular (cm), evaluados a los 210 días.	125
Figura 46. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación a la longitud de micelio extraradicular (cm). Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.	126

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Croquis de diseño experimental de la variedad pache en campo, aplicado en las tres provincias.....	144
Anexo 2. Análisis de suelos de la parcela de café de la provincia de Moyobamba.	145
Anexo 3. Análisis de suelos de la parcela de café de la provincia de Lamas.....	146
Anexo 4. Análisis de suelos de la parcela de café de la provincia de Huallaga.	147
Anexo 5. Mapa de ubicación de la parcela en la provincia de Moyobamba.	148
Anexo 6. Mapa de ubicación de la parcela en la provincia de Lamas.	149
Anexo 7. Mapa de ubicación de la parcela en la provincia de Huallaga.....	150
Anexo 8. Panel fotográfico.....	151
Anexo 9. Cartilla de evaluación para colonización micorrízica y Longitud de micelio en laboratorio.....	153
Anexo 10. Cartilla de evaluación para las plantas en campo.	155

RESUMEN

El presente estudio de investigación se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), San Martín. El objetivo fue determinar los efectos de tres consorcios específicos de hongos micorrizicos arbusculares nativos en la biofertilización de plantas de café (*Coffea arabica*) variedad pache en las provincias, Moyobamba, Lamas y Huallaga de la región San Martín. Para ello se usó un el diseño en completo al azar (DBCA); con arreglo trifactorial: 3A (Provincia) x 2B (Método de propagación) x 3 (Consortio) + 1 (Testigo), siendo 24 tratamientos cada tratamiento tuvo 03 repeticiones, 06 plantas por tratamiento, generando un total de 432 unidades experimentales. Los resultados de este estudio mostraron que los HMA nativos presentaron mayor efecto en la provincia de Huallaga con el método de reproducción asexual y la aplicación del consorcio C1-Mo, además las características morfológicas (altura, diámetro, número de ramas y número de hojas) mostraron mayor efecto con la aplicación del consorcio C1-Mo en la provincia de Huallaga y el consorcio con mayor capacidad infectiva (colonización micorrízica y longitud de micelio) fue el C2-Do en la provincia de Lamas y Moyobamba.

Palabra clave: ¹Hongos micorrizicos arbusculares, ²inoculación, ³evaluaciones morfológicas y biológicas, ⁴consorcio.

ABSTRACT

The present research study was conducted at the facilities of the Peruvian Amazon Research Institute (IIAP), San Martín. The objective was to determine the effects of three specific consortia of native arbuscular mycorrhizal fungi in the biofertilization of coffee plants (*Coffea arabica*) pache variety in the provinces of Moyobamba, Lamas and Huallaga of the San Martín region. To do this, a completely randomized design (DCA) was used; with trifactorial arrangement: 3A (Province) x 2B (Method of propagation) x 3C (Consortium) + 1 (Witness), being 24 treatments each treatment had 03 repetitions, 06 plants per treatment, generating a total of 432 experimental units. The results of this study showed that the native AMFs had greater effect in the province of Huallaga with the method of asexual reproduction and the application of the C1-Mo consortium, in addition to the morphological characteristics (height, diameter, number of branches and number of leaves). Showed greater effect with the application of the C1-Mo consortium in the province of Huallaga and the consortium with the highest infective capacity (mycorrhizal colonization and mycelial length) was the C2-Do in the province of Lamas and Moyobamba.

Keywords: ¹Arbuscular mycorrhizal fungi, ²inoculation, ³morphological and biological evaluations, ⁴consortium.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del problema

En la agricultura el café es uno de los principales productos comercial natural después del petróleo que mueve las mayores cifras de dinero en el mercado mundial, llegando a generar ingresos anuales superiores a los 15 millones de dólares para los países exportadores y dando ocupación directa e indirecta a poco más de 20 millones de personas, razones por las cuales su estudio es de vital importancia (CEFP, 2011; Cinza-Borrelli. *Et al.*, 2002; Renard, 1993).

El café (*Coffea spp.*) es cultivado en casi 80 países (Clay 2004) tropicales y subtropicales del mundo (Silva et al. 1999; Clay 2004), y constituye uno de los productos primarios más valiosos del comercio mundial (León 2000, ICO 2007).

Con respecto a la agricultura en café, la región San Martín ha aumentado su producción desde el año 2015 con un registro de 80 mil 999 TM, y 82 mil 319 en el año 2016, ubicándose en el segundo lugar de mayor producción a nivel nacional (Inforegión, 2017).

El café es un cultivo que está expuesto a varios problemas, como lo es la roya del cafeto la cual es considerada como la enfermedad más transcendental de los últimos cien años (CropLife, n.d.).

La planta micorrizada adquiere una mayor resistencia a las toxinas que puedan haber en el suelo y en el ambiente aunque la simbiosis entre hongo y planta se encuentra muy extendida en todo el ecosistema terrestre, ya que el 90- 95% de las plantas superiores se encuentran micorrizadas; la degradación del planeta, el uso indiscriminado de sustancias químicas por el

hombre, las actividades agrícolas como la labranza, la aplicación indiscriminada de fertilizantes y de agroquímicos etc., por ello, los agricultores se han visto obligados a crear nuevas alternativas de actuación, dando paso a actividades de tipo sostenible. Entre éstas, se encuentra la utilización de inóculos microbianos micorrizicos (Franco, 2004).

Barrer, (2009). Afirma que los hongos Micorrizicos Arbusculares aportan beneficios dándoles ventajas con respecto a las plantas no micorrizadas, como por ejemplo facilitándole a la planta la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, evitando la acción de microorganismo patógenos en la raíz, aumentando la tolerancia de la planta a condiciones de stress abiótico en el suelo, entre otros beneficios.

Escalona, M. (2002). En sus resultados muestra que el tratamiento de las plantas de café con hongos micorrizos arbusculares en relación al testigo al cual no le aplicaron nada, nos muestra que la altura de 40 a 200 días los HMA llegaron de 5.66 cm a 10.34 cm y el testigo de 5.60 cm a 6.16 cm. Nos muestra que los HMA tuvieron un crecimiento promedio de 4 cm en relación al testigo.

A través de este estudio se busca evaluar los efectos morfológicos y fúngicos que causan la biofertilización con hongos micorrizos arbusculares nativos a plantas de *Coffea arabica* variedad pache, como una alternativa de manejo sostenible de los recursos naturales.

¿Qué relación existe entre el efecto de tres consorcios específicos de hongos micorrizos arbusculares nativos en la biofertilización de las plantas (*Coffea arabica*) variedad pache en condiciones ambientales de la región San Martín?

1.2. Justificación

El estudio beneficiará tanto a los productores como consumidores, dando un enfoque de manejo sostenible de los recursos naturales, en este caso el cultivo de café de variedad pache, a través de la utilización de hongos micorrizos los cuales aparte que ayudan en la nutrición de la planta a través de la simbiosis que existe entre estas, también es sabido que a lo largo del tiempo disminuye la infección del patógeno *Phoma cosstarricensis* Echandi en las plantas de café (Escalona, 2002).

Los agricultores se han visto obligados a utilizar agroquímicos en sus fincas cafetaleras debido a diferentes enfermedades y plagas que afectan en sus plantones provocando la degradación de los suelos, matando a los microorganismos benéficos que ayuda en la nutrición vegetal, debido a esto se planteó este trabajo de investigación con la finalidad de contribuir el mejoramiento de las estructuras de los suelos cafetaleros ya que se espera tener eficiencia en la biofertilización de las plantas de Café (*Coffea arabica*) variedad pache, en las provincias de Moyobamba, Lamas, Huallaga, dentro de la región San Martín, para ello los hongos micorrizicos tienen características que cumplen funciones esenciales tales como la simbiosis entre la planta y el suelo, absorción de nutrientes disponibles para el cultivo, para una mejor sobrevivencia de estos, y así aportar en la producción de los agricultores mejorando su economía, se fortalecerá sus conocimientos dando a conocer los efectos benéficos de estos HMA.

Con el propósito de reducir los impactos nocivos generados por los agroquímicos en el medio ambiente ya que se incentivara a utilizar productos orgánicos, aplicándolo como alternativa para la protección al ambiente.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar los efectos de tres consorcios específicos de hongos micorrizicos arbusculares nativos en la biofertilización de plantas de café (*Coffea arabica*) variedad pache en las provincias, Moyobamba, Lamas y Huallaga de la región San Martín.

1.3.2. Objetivo específico

- Determinar el efecto de tres consorcios de hongos micorrizicos arbusculares nativos en plantas de café propagadas por semilla sexual y asexual en tres provincias, Moyobamba, Lamas y Huallaga de la región San Martín.
- Evaluar las características morfológicas (altura, diámetro, número de ramas y hojas) de plantas de café (*Coffea arabica*) micorrizadas propagadas por semilla sexual y asexual en tres provincias, Moyobamba, Lamas y Huallaga de la región San Martín.
- Evaluar la capacidad infectiva (colonización micorrízica y longitud de micelio) de tres consorcios de hongos micorrízicos arbusculares nativos en plantas de café de la variedad pache en tres provincias, Moyobamba, Lamas y Huallaga de la región San Martín.

1.4. Presuposición filosófica

Gen. 2:15 (R.V.R-1960) establece “Tomó pues Dios el Señor al hombre y lo puso en el jardín del Edén, para que lo cuidará y lo labrara” por esta razón la investigación se pretende aplicar 3 consorcios específicos de hongos micorrizicos arbusculares en la biofertilización de plantas de Café (*Coffea arabica*) variedad pache, para disminuir el problema de las plagas en el ecosistema, dando un mantenimiento y restauración de los ecosistemas ya que hay muchos desafíos ambientales que se afronta en la realidad, para dar solución a través del uso sostenible del suelo que es clave para el desarrollo minimizando los impactos y se

reconozca el valor que tiene la creación de Dios.

El cuidado de la biodiversidad en la tierra es de gran importancia de ello depende nuestra estabilidad, ya que Dios nos dejó como mayordomos de su creación, que hizo con tanto amor, sabemos que el ecosistema es frágil por tanto debemos dar salida a los problemas ambientales ya que nuestro padre celestial nos pedirá cuentas de lo que hicimos con toda su creación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Escalona M. (2002), en su estudio “Interacción de plantas de café micorrizadas con fosforo e inoculadas con hongos micorrizico arbusculares y *Phoma constarricensis* Echandi, Universidad de Colombia. Tecomán, Colombia.”, cuyos resultados dentro de los parámetros de crecimientos en relación de 40 a 200 días según el análisis de varianza con una diferencia significativa de ($P < 0.05$), fueron: el diámetro de 1.38 mm a 2.11 mm, la altura de 5.66 cm a 10.34 cm y el número de hojas de 4.0 a 13.40. Los resultados de producción de biomasa, área foliar y porciento de colonización micorriza a plantas de café a los 240 días después del trasplante con una diferencia significativa de ($P < 0.05$), fueron: la biomasa tenía un total de 6.01 g, el área foliar era de 696.35 cm² y el porcentaje de colonización es de 32.02 % (el cual fue el más alto en relación con los demás tratamientos).

Coral, L. (2015). Menciona que el “Estudio de la diversidad de los hongos micorrízicos arbusculares nativos y su potencial micorrizico en el cultivo de café (*Coffea arábica* L.) en diferentes condiciones agroecológicas de la región San Martín realizado en la Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto – Perú.”, en sus resultados muestra 34 morfotipos de esporas de hongos micorrizos arbusculares llegando a la conclusión que la provincia de Lamas presento los más altos valores de densidad de esporas (2055 esporas/10 gramos de suelo) y riqueza morfológica (27 morfotipos/muestra evaluada) seguido de la provincia de Moyobamba y el Dorado, también nos muestra en la variedad pache que en la altitud de 800 a 1000 la menor densidad fue 420 la cual estaba en la provincia el Dorado (Nueva Juventud) y la mayor fue 885

la cual estaba en la provincia de Moyobamba (Calzada), en la altitud de 1000 a 1200 la menor densidad fue 248 la cual estaba en la provincia de El Dorado (Buena Vista) y la mayor fue 1080 la cual estaba en la provincia de Lamas (Aviación) y en la altitud de 1200 a 1400 la menor fue 405 la cual estaba en la provincia de El Dorado (Monte de los Olivos) y la mayor fue 1440 la cual estaba en la provincia de Lamas (Chontalillo). En el porcentaje de colonización de la variedad pache en la provincia de Lamas el menor fue 12.7% y el mayor 16.4%, en la provincia de Moyobamba el menor fue 2.3% y el mayor 8.5% y en la provincia de El Dorado el menor fue 1.6% y el mayor fue 2.3%. Se concluyó que las características ecológicas (densidad de esporas y riqueza morfológica) y físico-químicas del suelo (pH, N, P y % de arena) cumplen una función importante en determinar el porcentaje de colonización micorrízica en el cultivo de café en la región San Martín.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades del café

“El cafeto, es el árbol del que proviene el grano, es originario de África, su nombre se deriva de la ciudad de Kaffa, en Etiopía. Durante muchos años, la explotación de las plantas de café fuera de las naciones musulmanas estaba prohibida. La propagación de café mundial del género de la planta *Koffea* partió del tráfico africano. Para 1510 su producción y consumo ya se habían extendido hasta El Cairo” (Cinza- Berrelli et al., 2002; Renard, 1993).

“Al principio del siglo XVII, El café se introdujo en la India y a finales del mismo siglo, se llevó a la isla de Java, donde las condiciones climáticas y de fertilidad de las tierras permitieron que el café se adaptara perfectamente en las Indias Orientales. A mediados del siglo XVIII, el consumo de café se extendió por Europa. En América, el café fue introducido

durante el siglo XVIII, la planta se propago por el caribe y el continente. En 1727, el café fue introducido en Brasil y en 1731 a Jamaica y Santo Domingo, de donde su cultivo se extendió al resto de los actuales países productores de América. Con la revolución industrial y el crecimiento de la población mundial durante el siglo XX, el café prácticamente se convirtió en una bebida universal” (Renard, 1993).

A. Botánica del café

“La planta de café es una dicotiledónea, proviene de un arbusto perenne que pertenece a la familia de las *Rubiaceae*, pueden alcanzar 10 m de altura de forma silvestre y en una plantación de café controlada alcanza 3 m de altura lo cual facilita el cosechado. Esta familia comprende alrededor de 500 géneros y más de 6000 especies. La mayor parte son árboles y arbustos que crecen en el estrato más bajos de los bosques tropicales, las ramas primarias se oponen, en sentido horizontal o caído, y las hojas crecen en pares en tallos cortos. Son alrededor de 15 cm de longitud, de color verde oscuro y brillante en apariencia” (Doyle *et al.*, 2001; Clarke y Macrae, 1985).

“Las primeras flores son producidas entre los 3 o 4 años de edad, estas son de color blanco cremoso y de aroma dulce, aparecen en racimos en las axilas de las hojas, la corola mide cerca de 20 mm de longitud, que en la parte más alta se divide en cinco pétalos. Después de que las flores se marchitan, los ovarios poco a poco se convierten en drupas ovaladas de hasta 18 mm de longitud y 10-15 mm de diámetro, estos se convierten en lo que será más adelante el grano de café. Una flor forma un grano de café, que es la razón por la que la planta florea en diferentes etapas del año” (Clarke y Macrae, 1985).

a). Frutos del café: El fruto es a menudo llamado cereza, que según SAGARPA, (PC-010,2004) se define como el fruto fresco completo del árbol que consta de una serie de capas

que envuelven generalmente dos granos de café. Las capas externas se denominan como: Cascara o pericarpio: envoltura externa el fruto de café; Pulpa o exocarpio: carne o tejido de la fruta que se encuentra por debajo de la cascara; Mucilago o mesocarpio: sustancia viscosa y pegajosa que se encuentra adherida al endocarpio; pergamino o endocarpio: tejido duro y compacto que recubre a la semilla o grano del café, también conocida como película plateada. Episperma (sinónimo de endocarpio); Grano de café: semilla(s) contenida en la fruta de café. Normalmente existen dos en cada una, pero puede haber sólo una o hasta tres; El tamaño del grano de café varia y este se mide en zarandas, lámina con perforaciones redondas o bien pueden ser alargadas, las más comunes se muestran en la Tabla I. Las medidas se expresan en 1/64 de pulgada (0.3968 mm).

Tabla 1. *Clasificación del grano de café por tamaño.*

Número de zarandas	
Terceras o grano pequeño	14-15
Segundas o grano mediano	16-17
Primeras o grano grande	18
Grano superior	19-20

Fuente: Aguilar-Ruiz (1999)

El fruto del café tiene como base el color llamado verde olivo o verde aceituna. Esta coloración va variando dependiendo de la cosecha, las condiciones de terreno y las condiciones atmosféricas. Desde que se da el brote de la planta, se corta y se madura el fruto, el cual pasa por diversas coloraciones que van de verde oscuro a morado.

a). Composición química del café en grano: “El café verde sin procesar contiene agua, proteínas, cafeína, lípidos, diversos carbohidratos y ácidos (principalmente solubles y no volátiles), trigonelina y minerales. El café tostado contiene azúcares reductores, azúcares caramelizados, hemicelulosa, fibra, proteínas, ácidos no volátiles (cefeico, clorogénico, cítrico, málico, oxálico, quínico y tartárico), cafeína, lípidos, trigonelina, y cenizas, en las cuales los principales elementos constituyentes son potasio, fósforo, y magnesio. Se ha sugerido que el contenido de ácido clorogénico pueda ser un factor indicador de calidad” (Cinza-Berrelli et al., 2002; Badui, 1993). “Entre los principales componentes químicos del grano de café están las melanoidinas que son definidas como macromoléculas de color café contienen nitrógeno, y representan hasta un 25% de materia seca, diferentes estudios sugieren que estas son responsables de las fuertes propiedades antioxidantes, antibacterianos y quelantes mostradas por la bebida de café” (Cinza-Berrelli et al., 2002).

2.2.2. Propagación sexual y asexual del café

“El café se propaga en gran escala por medio de plantas obtenidas de semilla, o vegetativamente, por medio de injertos estacas, en el caso de la utilización de semillas existen algunos datos sobre el adecuado almacenamiento de las mismas para impedir su deterioro. Así para *Coffea arabica* el almacenamiento bajo aire seco de las mismas se hace unas temperaturas de 10 °C con un contenido de humedad del 10 -11%” (Hong y Elis ; citado por UPAEP, 2007) afirma: Para propagar las semillas obtenidas en las plantaciones cafetaleras, incluye el sembrar las semillas en almácigos especiales, donde las plantitas serán cuidadas hasta que se trasplante al campo. El vivero es una plantación típica debe estar situado en un terreno disponible, es mejor utilizar tierra virgen para minimizar las enfermedades, cada almácigo se prepara para ser el pilar del vivero limpiándolo

alrededor, etc, dentro del almácigo se disponen hileras espaciadas unos 15 cm, a lo largo de los surcos. Para el material de siembra se selecciona con cuidado en cuanto a su adaptabilidad a las condiciones locales lo mismo que por su capacidad de alto rendimiento, resistencia a las enfermedades y demás criterios. Cuando las plantas alcanzan una altura de 15 a 20 cm, o sea aproximadamente de seis a ocho meses después de la siembra, las plantas están listas para su trasplante.

“La reproducción sexual y la propagación asexual son procesos biológicos importantes para el establecimiento, crecimiento y sobrevivencia de las plantas vasculares. La reproducción sexual empieza con la polinización, la fecundación de las flores, la formación de frutos, la dispersión de semillas y su germinación hasta el establecimiento de plántulas y es factible para su desarrollo” (García y Di Stéfano; citado por García, Sánchez, García, & León, 2011).

Muchas veces la producción de semillas sexual se escasea, es ahí donde interviene la propagación asexual para mejorar en beneficio a la agricultura. “Estas plantas se reproducen clones, implica la división auténtica de las células, en la cual hay una duplicación íntegra del sistema cromosómico y del citoplasma asociadas de la célula progenitora, para formar dos células hijas” (Huanca, 2010).

2.2.3. Clasificación taxonómica.

“El café pertenece al género *Coffea* con aproximadamente 100 especies, pero de estas, son dos las especies comercialmente cultivadas, *Coffea arábica* y *Coffea robusta*: Pertenecen al reino Plantae, división Magnoliophyta, con clase Magnolipsida, de orden Rubiales, de la familia Rubiaceae, del género *Coffea*, especie *Coffea arábica*” (Monroig, 2012).

2.2.4. Aspectos generales para el cultivo del café

- **Altitud:** Está relacionado de forma directa con los factores de temperatura y precipitación. La altitud recomendable para el cultivo de café se localiza entre los 500 y 1700 msnm. Por encima de este nivel altitudinal se presentan fuertes limitaciones en relación con el desarrollo de la planta. ICAFE (2011).
- **Precipitación:** La cantidad y distribución de las lluvias durante el año son aspectos muy importantes, para el buen desarrollo del cafeto. Con menos de 1000 mm anuales, se limita el crecimiento de la planta y por lo tanto la cosecha del año siguiente; además, un período de sequía muy prolongado propicia la defoliación y en última instancia la muerte de la planta ICAFE (2011).
- **Con precipitaciones mayores de 3000 mm,** la calidad física del café oro y la calidad de taza puede comenzar a verse afectada; además el control fitosanitario de la plantación resulta más difícil y costoso. ICAFE (2011).
- **Temperatura:** La temperatura promedio anual favorable para el cafeto se ubica entre los 17 a 23 °C. Temperaturas inferiores a 10 °C., provocan clorosis y paralización del crecimiento de las hojas jóvenes. ICAFE (2011).
- **Humedad relativa:** Cuando alcanza niveles superiores al 85%, se propicia el ataque de enfermedades fungosas que se ven notablemente favorecidas. ICAFE (2011).
- **Viento:** Fuertes vientos inducen a la desecación y al daño mecánico de tejido vegetal, asimismo favorecen la incidencia de enfermedades. Por esta razón es conveniente escoger terrenos protegidos del viento, o bien establecer rompevientos para evitar la acción de éste. ICAFE (2011).

2.2.5. Morfología del Cultivo

Según PROCAFE (2011), la planta del café posee un sistema radicular que consiste de una raíz principal o pivotante, la cual profundiza desde de 50 cm o más, dependiendo de la textura del

Suelo; posee también raíces axiales o de sostén, raíces laterales y raíces absorbentes o raicillas (cabellera), que son las principalmente responsables de la absorción del agua y los nutrientes, ubicados en los primeros 30 cm de profundidad. Su sistema radicular también sirve como almacenaje de almidones y azúcares solubles.

“El tallo tiene dos tipos de crecimiento, uno es el de crecimiento vertical, el cual es originado por una zona de crecimiento activo o plúmula en el ápice de la planta que alarga la planta durante toda su vida, dando así un tronco que en etapa de madurez puede llegar a 5 m de altura, dependiendo la variedad, en el que se ubican las yemas cada 5 a 15 cm, alternos por pares de donde emergen posteriormente las bandolas o inflorescencias, gracias al crecimiento plagiotrópico” (Monroig, 2011).

“En la corona del tallo y de las ramas se generan las hojas, lugar donde se producen los alimentos y hormonas para llevar a cabo el crecimiento, el desarrollo y posteriormente la producción de frutos. También transporta en carbono atmosférico y la energía solar que sirven para elaborar sus nutrientes. Las flores se desarrollan a partir de las yemas axilares de las ramas laterales, a nivel de la base de las hojas en cada nudo, con un promedio de 12 flores por nudo, el cual, en variedades altamente productivas puede llegar a 15 a 20 frutos por nudo” (ANACAFE, 2006).

2.2.6. Variedades de café:

a) *Typica (Arábigo o Criollo)*: Es conocida en nuestro país como “arábigo” o

“Criollo”.

Fue el tipo café que se introdujo en América a principios del siglo XVII. Esta variedad, si se deja libre en su crecimiento, puede alcanzar más de cuatro metros de altura. Sus entrenudos son muy largos. Las hojas nuevas son de color bronceado. Las hojas maduras son angostas, comparadas con las de otras variedades. El fruto es alargado, de buen tamaño y de magnífico rendimiento cereza oro. Como posee un sistema radical poco profuso, tiende a sufrir deficiencias nutricionales, por ejemplo de Boro, Magnesio, etc (Alvarado y Rojas, 2007; citados por Coral, L. 2015).

- b) Caturra: “Es un cultivo originario en Minas Gerais, Brasil, introducido en Costa Rica en los años cincuenta de este ciclo. Se le considera una mutación de la variedad Bourbon y se caracteriza por su tamaño reducido, de entrenudos cortos tanto en el tallo como en las ramas. Su porte pequeño favorece altos rendimientos por unidad de superficie bajo un manejo intensivo” (Alvarado y Rojas, 2007; citados por Coral, L. 2015).
- c) Pache: “Es una mutación de *typica* tiene porte bajo, buena ramificación secundaria, entrenudos cortos y abundante follaje y termina en una copa bastante plana o “Pache”. Las plantaciones de pache se establecieron, principalmente, en oriente, donde su adaptabilidad y producción son satisfactorias. En general, se adapta bien en altitudes de 1067 a 1677 metro” (ANACAFE, 2004; citados por Coral, L. 2015).

2.2.7. Hongos micorrízicos

“Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son organismos del suelo que viven simbióticamente con la mayoría de plantas. Ellos les aportan beneficios, dándoles ventajas con

respecto a las plantas no micorrizadas, como por ejemplo facilitándole a la planta la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, evitando la acción de microorganismo patógenos en la raíz, aumentando la tolerancia de la planta a condiciones de estrés abiótico en el suelo, entre otros beneficios” (Barrera, 2009).

2.2.8. Características generales de la micorriza arbuscular (MA)

Según Guerra, (2008), menciona que las asociaciones se dan simbióticamente entre hongo y planta, como insumo microbiológico en la agricultura moderna pues facilita la captación de fósforo, un nutriente limitante en la mayoría de los suelos, beneficiando a las planta como la tolerancia a situaciones de estrés, estabilidad de los agregados del suelo, captación de metales pesados, entre otros, de tal forma que el hongo heterótrofo se beneficia de los sustratos carbonados procedentes de la fotosíntesis y del nicho ecológico protegido que encuentra dentro de la raíz.

“Estas asociaciones ya eran consideradas de naturaleza parasítica, hasta que en 1987 se pudo demostrar que la colonización de las raíces era más bien simbiótica en vez de parasitaria” (Hayman, 1987).

“Los hongos Micorrízicos se agruparon anteriormente en el Phylum Zygomycota, originalmente los hongos arbusculares habían sido clasificados en la familia Endogonaceae, en el orden Mucorales, debido a la semejanza superficial entre las esporas de las especies de Endogone y las de las especies Glomus esporcárpico . Esta semejanza no tuvo validez, como criterio de grupo, debido a que Endogone spp, forma zigosporas sexuales, mientras que la micorriza arbuscular (MA) produce únicamente esporas sexuales” (Gerdemann and Trappe, 1974).

Tiempo después las micorrizas se agruparon en el orden Glomales, para reconocer su

origen monofilético y su trayectoria única evolutiva (Morton and Benny, 1990). “La evidencia molecular (como la secuencia de la subunidad pequeña de ARN) complementó la evidencia morfológica que afirma que este grupo es un linaje distinto y es un grupo supuestamente hermano de Basidiomycota y Ascomycota, actualmente la clasificación agrupa en el Phylum Glomerulomycota que incluye los géneros: Paraglomus, Sclerocystis, Acaulospora, Entrophospora, Gigaspora, Scutellospora, Diversispora, Geosiphon, y Archaeospora” (Schuessler et al., 2001).

“En esta asociación mutualista se establece la micorriza, como el hongo que coloniza la corteza de la raíz, sin causar daño a la planta, llegando a ser, fisiológica y morfológicamente, parte integrante de dicho órgano. A su vez, la planta hospedera proporciona al hongo simbiote (heterótrofo), compuestos carbonados procedentes de la fotosíntesis, y un hábitat ecológico protegido” (Guerra, 2008).

La importancia de esta simbiosis en el desarrollo de las plantas se entiende al tener en cuenta que la raíz es el puente entre la planta y el suelo y que, a su vez, el micelio del hongo micorrizógeno es el puente entre la raíz y el suelo. En consecuencia, la micorriza, como órgano de absorción y traslocación de agua y nutrientes, es una de las más sobresalientes adaptaciones de la raíz para desenvolverse adecuadamente en el ambiente edáfico (Guerrero. E. 1986).

2.2.9. Clasificación de la micorrizas

“El termino micorriza engloba a diversos tipos de asociaciones entre hongos del suelo y plantas. En un principio se clasificaron a las micorrizas en ectomicorrizas y endomicorrizas” (Smith y Read, 1997; citados por Coral, L. 2015), en la actualidad, y atendiendo a la diversidad de micorrizas, estas se clasifican en:

a) Ecdomicorrizas

“Se caracterizan porque desarrollan una espesa capa de micelio sobre la zona cortical de las raíces absorbentes de la planta, las hifas del hongo no penetran en el interior de las células de la raíz, si no que se ubican sobre y entre las separaciones de éstas. Se pueden observar a simple vista. Este tipo de micorrización predomina entre los árboles de zonas templadas, se producen principalmente sobre especies forestales y leñosos, siendo especialmente característico en hayas, robles, eucaliptus y pinus. Los hongos que la forman son tanto *Basidiomycota* como *Ascomycota*. Las ectomicorrizas son relativamente poco frecuentes en la naturaleza, sólo un 3 a 5 % de las plantas establecen este tipo de simbiosis” (Vega, 2011; citados por Coral, L. 2015).

b) Endomicorrizas

“Se caracterizan por la penetración del hongo inter e intracelularmente, la ausencia de manto y las acentuadas modificaciones anatómicas en las raíces no visibles a simple vista. Dentro de las endomicorrizas se distinguen varios subtipos: arbusculares, ericoides, orchidaceas, ectendomicorriza, arbutoides, y los monotropoides. Los sub grupos importantes desde el punto de vista de producción agrícola y forestal son los arbusculares y vesículo-arbusculares comúnmente simbolizados como MA O MVA” (Vega, 2011; citado por Coral, L. 2015).

Micorrizas arbusculares: “Es la asociación de mayor distribución entre plantas, encontrándose en angiospermas, gimnospermas, helechos y briofitos. La forman hongos de la división *Glomeromycota*” (Schüler *et al.*, 2001; Vega, 2011; citados por Coral, L. 2015).

En tiempos pasados se conocían las micorrizas vesículo-arbusculares por su gran capacidad de ciertos hongos de formar tanto arbusculos como vesículas en el interior de la raíz, (Taylor *et al.*, citado por Coral, L. 2015).

c) **Ectendomicorrizas**

“Presentan las características de ectomicorrizas, con la diferencia que hay penetración intracelular. Algunos autores los clasifican como endomicorrizas, mientras que otros, basándose en la cercanía filogenética de los hongos asociados con los Ascomycota y Basidiomycota, las ubican como ectomicorrizas. Estas se encuentran en algunos subgrupos de Pinaceae y de Ericales, como los géneros *Arbustus*” (Vega, 2011; citados por Coral, L. 2015).

2.2.10. Factores que afectan el desarrollo, actividad y supervivencia de la micorriza arbuscular

“Diversos factores pueden afectar el desarrollo, actividad y supervivencia de la micorriza arbuscular. Dentro de los más importantes, se encuentran las prácticas culturales agrícolas, particularmente la adición de fertilizantes, aplicaciones de pesticidas y rotaciones de cultivos, de igual forma los factores medioambientales son determinantes” (Gianianazzi, 1994).

“Las prácticas agrícolas, tales como la aplicación de fertilizantes, la rotación de cultivos, la labranza y abono con cal afectan los niveles de la colonización de las raíces y el potencial de MA en campo. Por ejemplo, se ha encontrado que los altos niveles de la fertilización con fósforo bajan o inhiben la eficiencia de la micorriza en cultivos de soya” (Ezawa, T. et al. 2000). Igualmente, los cambios en la fertilidad del suelo, debido a correcciones con fertilizantes minerales o materia orgánica, pueden afectar marcadamente la actividad de la población micorrízica del suelo, en términos de la cantidad de raíz colonizada y el número de esporas producidas (Hayman, 1987).

“Generalmente, una alta fertilización química con N, P y K en forma completa al suelo, conducen a una colonización mínima por parte de la micorriza arbuscular, a tal grado que difícilmente se encontrarán asociaciones simbióticas en suelos cultivados intensivamente, en

donde la MA tiende a extinguirse” (Gianinazzi, 1994).

“La fertilización química aplicada puede disminuirse de un 50 a 80%, ya que la MA mejora la absorción de nutrientes del suelo. Del 40 al 50% de los fertilizantes químicos aplicados se lixivian, contaminando suelos, ríos, arroyos, mantos freáticos y la atmósfera” (Plenchette et al. 1983; Harrison, 1997).

El Nitrógeno

“La micorriza arbuscular en cuanto a la absorción directa del nitrógeno, aparentemente no desempeña un papel importante, pero se ha demostrado que incrementa la capacidad de la fijación de nitrógeno en las leguminosas. La mayoría de las plantas colonizadas se benefician con la simbiosis y muestran un incremento en el crecimiento, absorción de nutrientes, fijación de N₂ atmosférico (si también se le asocia con *Rhizobium* o con *Frankia*), etc., sin embargo, la mayoría de las plantas muestra estas respuestas fisiológicas a la MA a niveles bajos de P en la solución del suelo. Así, como también con una alta fertilización nitrogenada se ha demostrado que se afecta negativamente, la simbiosis con la micorriza arbuscular” (Daft y El-Giahmi, 1974; Boisson-Dernier et al., 2001).

El Fósforo

“El principal papel de la micorriza arbuscular es proveer las necesidades de fósforo a la planta, debido a que este elemento es extremadamente inmóvil en el suelo. Aun si el fósforo se adiciona en forma soluble al suelo, este terminará por inmovilizarse como fósforo inorgánico, fosfato cálcico, o cualquier otra forma fijada” (Jackson, R.M. and P.A. Mason, 1984, Wetterauer, D.G. and R.J. Killorn, 1996). La micorriza arbuscular es reconocida porque tiene mayor efectividad al momento de incrementar la captación de nutrientes,

particularmente fósforo y acumulación de biomasa de muchos cultivos, en suelos que contienen bajo fósforo (Osonubi, O. K. et al., 1991).

“El nivel de P en la solución del suelo está relacionado con la colonización radicular por la MA, al haber un nivel bajo de P, hay un bajo nivel de fosfolípidos en la membrana vegetal, que conduce a una mayor exudación radicular, lo cual trae como consecuencia una estimulación en la colonización del endófito ya que el fósforo se encuentra de diferentes formas en el suelo, siendo poco solubles en el agua y por ello su concentración es muy pequeña, en la solución del suelo (0,03 mg litro⁻¹)”, (Nelsen et al., 1981).

Según estudios el fósforo en el suelo es de 95 y 99% para las plantas; esto incluye las formas orgánicas y mineral insoluble. La adición de cantidades bajas de fertilizante fosfatado es compatible, e incluso beneficia la simbiosis con la MA, ya que estimula el crecimiento de la planta, pero al incrementar la dosis se comienza a interferir la formación de la simbiosis, llegando incluso a la inhibición de la colonización. Las diferentes especies de MA muestran distintos grados de resistencia a la aplicación de fertilizantes y productos fitosanitarios; lo anterior trae como consecuencia, el interés práctico en relación con la selección de los MA, específicos para una planta en un determinado suelo, que ha recibido dichos aportes (Hayman, 1982).

Transporte del fosfato

“El transporte del fosfato, desde la solución del suelo hacia la planta, se presenta en tres fases: Primeramente el fosfato es captado por las hifas externas de la planta, unas 1 000 veces más rápido, que por la difusión mediante de la solución del suelo. Posteriormente, el fosfato es trasladado a través de las hifas intraradicales. Finalmente, se da la transferencia al citoplasma o es acumulado en las vacuolas, en forma de gránulos de

polifosfato, el cual es impulsado a través del lumen de las hifas, por corrientes citoplasmáticas hacia los arbusculos, en donde el polifosfato es degradado y el ion fósforo es transferido a la célula hospedadora” (Le Tacon, 1985).

“Las micorrizas facilitan la absorción de los elementos menos solubles y móviles como: fósforo, amonio, potasio, cobre, fierro y zinc. Para la formación de los gránulos de polifosfatos, intervienen las polifosfatoquinasas específicas situadas en las hifas externas, mientras que en la degradación de dichos gránulos intervienen, las fosfatasas alcalinas” (Subramanian et al., 1998; Estrada y Davies, 2001).

2.2.11. La micorriza arbuscular y el cultivo del café (*Coffea arábica* L.)

“En los suelos cafetaleros de baja fertilidad hay mucha dependencia micorrizica, muy compactos, aportando efectos benéficos en la nutrición, crecimiento y en la producción de granos de este cultivo, a pesar de esto, el uso de los HMA no es común entre los viveristas” (Saggin-Junior et al., 1995; Rivera et al., 1997).

De acuerdo a Jiménez (1989) el café se inoculo en varias especies de hongos en viveros, se registró un mayor crecimiento de plantas, como es en el caso de ensayos realizados con *Gigaspora margarita* en lo que se han obtenido crecimientos superiores a un 200% con relación a las plantas no inoculadas.

2.2.12. Beneficios de las micorrizas para las plantas

Para (Montilla, 2010; citado por Coral, L. 2015). Los principales beneficios que realizan las micorrizas están relacionados con la nutrición de las plantas, tiene notable importancia porque permite la vida de las plantas en determinadas condiciones y facilita la toma de los alimentos por parte de las plantas superiores. Dentro de estos y otros beneficios tenemos los siguientes:

- Una mejor asimilación de los nutrientes en las plantas, que facilita un aumento de la producción y mayor calidad biológica de está.
- Una mayor tolerancia de las plantas frente a muchos factores de estrés: sequia, desequilibrios en el pH, altos contenidos de sales.
- Promueve en estas una mayor resistencia frente a organismos patógenos, mejorando su salud sin aplicación de agro tóxicos, generando así un ahorro de insumos y una mejor protección del medio ambiente.
- En suelos afectados por los efectos negativos de los metales pesados, las plantas micorrizadas poseen mayor resistencia, gracias a la capacidad que obtiene para inmovilizar los metales en la raíz, impidiendo que estos pasen a la parte aérea de la planta, (Montilla, 2010; citado por Coral, L. 2015).

2.2.13. Beneficios de las micorrizas para el suelo

Según (Montilla, 2010; citado por Coral, L. 2015). Los efectos de las micorrizas en el suelo están muy relacionados con sus efectos sobre las plantas por estar estos (suelo-planta), estrechamente relacionados. Sin embargo, podemos declarar que las micorrizas, realizan varias funciones en el suelo que incrementan mucho su potencial agro productivo y sus posibilidades de sostén y mantenimiento de las diferentes especies vegetales. A modo de resumen declaramos los siguientes efectos:

- Las micorrizas prolongan el sistema racional de las plantas, y ello facilita una mayor retención física de las partículas del suelo, limitando los efectos dañinos de la erosión causada por el agua.

- Las micorrizas regeneran los suelos degradados, mejorando la estructura de éste incrementa sus posibilidades de retención de humedad, aireación y descomposición de la materia orgánica.
- Interaccionan con diversos microorganismos del suelo, estableciendo provechosas cooperaciones con unos y compitiendo con otros generalmente de tipo patógeno, e incluso interactuando con la micro fauna de la rizosfera (nematodos, ácaros, entre otros), (Montilla, 2010; citado por Coral, L. 2015).

2.3. Biofertilización con HMA

“El uso adecuado de HMA como biofertilizante es una herramienta biotecnológica que puede mejorar la producción a través del establecimiento de sistemas de producción sostenibles y competitivos; también es importante mencionar que el HMA permite a la planta usar de manera más eficiente los nutrientes del suelo, razón por la cual se pueden reducir los problemas de contaminación del medio ambiente por el exceso de fertilizantes químicos” (Barrera; citado por Osorio, 2011).

2.4. Fuentes de inóculo

“La colonización de las raíces por HMA, proviene de varias fuentes: esporas, fragmentos de raíces colonizadas e hifas. El número de esporas en los suelos, es variable ya que depende de la composición de especies, viabilidad, latencia, etc. El número de propágulos en un suelo, puede ser evaluado por varias técnicas, entre las cuales podemos citar la técnica del (NMP), utilizando plantas trampa para determinar la presencia o ausencia de propágulos infectivos en las muestras. Este método involucra la dilución y mezcla de las muestras la cual destruye la red hifal, pero es exitosa para enumerar la reserva de propágulos del suelo, con un amplio margen de confianza” (Carreón, 2001).

2.5. Definición de términos básicos

- Cafeto: Árbol de la familia de las rubiáceas, originario de Etiopía, de cuatro a seis metros de altura, con hojas opuestas, lanceoladas, persistentes y de un hermoso color verde, flores blancas y olorosas, parecidas a las del jazmín, y fruto en baya roja, cuya semilla es el café (RAE, n.d.).
- Café: Semilla del cafeto de un centímetro de largo, de color amarillento verdoso, convexa por una parte y, por la otra, plana y con un surco longitudinal (RAE, n.d.).
- Hongo: Es indispensables para el funcionamiento de los ecosistemas y en especial del monte mediterráneo (Morales, 2009).
- Micorriza: Son uno de los tipos de simbiosis más abundante en el planeta, que mejoran la absorción de agua y nutrientes de la raíz, permitiendo que colonicen los suelos más pobres (Franco, 2004).
- Simbiosis: La simbiosis de la micorriza arbuscular está formada por las raíces de más del 80 % de las especies de plantas terrestres y los hongos Zigomicetes del Orden Glomales (Camarena, 2012).
- Micorriza arbuscular: Se caracterizan por la formación de estructuras únicas, arbusculos y vesículas de los hongos del phylum Glomeromycota. En esta asociación simbiótica, el hongo ayuda a la planta a capturar nutrientes como fósforo, azufre, nitrógeno y micronutrientes del suelo (Cuenca, et al, 2007).
- Hongo micorrízicos arbusculares: Los (HMA) son organismos del suelo que viven simbióticamente con la mayoría de plantas (Barrer, 2009).
- *Coffea arabica*: Es un arbusto de la familia de las rubiáceas nativo de Etiopía y/o Yemen; es la principal especie cultivada para la producción de café (obtenido a partir

de las semillas tostadas), y la de mayor antigüedad en agricultura (Hernández, 2012).

- Jardín clonal : Es uno de los elementos principales de todo el sistema de propagación clonal. Debe verse como un cultivo manejado bajo un sistema de producción muy intensivo y, por lo tanto, requiere un paquete tecnológico apropiado en cuanto a prácticas de mantenimiento (Mesén & Jiménez, 2016).
- Biofertilizante: Son insumos formulados con uno o varios microorganismos, los cuales, de una forma u otra, proveen o mejoran la disponibilidad de nutrientes cuando se aplican a los cultivos (Acuña, 2011).
- Estrés ambiental: Representa una fuerte restricción para el aumento de la productividad de los cultivos y el aprovechamiento de los recursos naturales (Basurto, Núñez, Pérez, & Hernández, 2012).
- Estrés abiótico: Se define como el impacto negativo de los factores no vivos en los organismos vivos en un entorno específico, como la sequía, salinidad, elevada iluminación y temperaturas extremas influyen en el crecimiento y productividad de las plantas (EcuRed, 2018).
- Rubiáceas: Son una familia de plantas llamadas normalmente de la rubia, galio blanco, o familia del café (Educalingo, n.d.).
- Consorcio: Es el uso de HMA en el que se encuentran varias especies provenientes de suelo, se consigue mediante la extracción de esporas propagadas en macetas trampa (Córdoba & Ospina, 2009).
- Esporas: Las esporas son estructuras redondeadas, con paredes muy finas y resistentes y tienen estructuras de sobrevivencia, capaces de dispersarse por el aire y agua (Carreón, 2001).

- Micelio: Es el conjunto de filamentos y un trozo del mismo se denomina hifa (Carrillo, 2003).
- Hifas: Es una fila de células alargadas envueltas por la pared celular que, reunidas, forman el micelio (Rojas, n.d.).
- Propágulo: Estructura de un organismo, capaz de iniciar la formación de una nueva micorriza de forma natural (Barea, Pozo, Azcón, & Aguilar, 2016).
- Infectividad: Se refiere a la capacidad del hongo para penetrar e invadir la raíz internamente y explorar el suelo, así como la habilidad de persistir en el sistema productivo (Gálvez & Zapata, 2017).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio fue en el área de PROBOSQUES, en el vivero y en interiores del laboratorio de micorrizas del Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP), se encuentra ubicada en el Jr. Belén Torres de Tello N°135 en la ciudad de Morales en la Región San Martín, con coordenadas UTM por el Norte de 928365 y el Este de 0347742 a una altitud de 332 m.s.n.m., con temperaturas promedio de 25.44°C, una precipitación de 72.3 mm/mes (IIAP, 2013).



Figura 1. Mapa de Ubicación del laboratorio y vivero del instituto de investigaciones de la Amazonía peruana (IIAP).

Fuente: Elaboración propia, 2018

3.1.1. Localización de las parcelas experimentales

Las evaluaciones de las diferentes variables morfológicas (altura, diámetro, número de ramas y hojas) y colecta de las muestras biológicas (suelo rizosférico y biomasa radicular) en el cultivo de café, se realizaron en estas parcelas seleccionadas de 3 propietarios productores de café, estas parcelas cumplieron con diferentes pisos altitudinales (800-1000, 1000-1200 msnm), con la variedad de café Pache, ubicadas en las provincias de Moyobamba, Lamas y Huallaga dentro de la región San Martín. (Tabla 2).

Tabla 2. *Ubicación geográfica de las parcelas de experimento.*

PROPIETARIO	SECTOR	NOMBRE	DISTRITO	PROVINCIA	ALTITUD (msnm)	COORDENADAS	
						UTM	
						Norte	Este
Segundo Aladino	Barranquita	Campo Verde	Jepelacio	Moyobamba	1040	9316814	290514
Tuesta Valles							
Elmer Linares	Villa Hermosa	El Sauce	Alonso de Alvarado	Lamas	1215	9302477	304514
Bustamante							
Esteban	Agua Azul	Mandarinal	Saposoa	Huallaga	787	9231221	293133
Zamora Cerna							

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- Características Climáticas de los espacios de trabajo

Según SENAMHI. (2018), Moyobamba tiene un clima, templado y subtropical húmedo durante todo el año, con una temperatura que oscila entre los 18°C y 28 °C, siendo el promedio anual de 24 °C, mientras en la parcela de la Provincia de Lamas se caracteriza por su clima tropical y temperaturas de promedio de 21 a 23 °C durante todo el año, en verano se caracteriza por sus temperaturas suaves y el clima húmedo de la zona. En la

Provincia de Huallaga durante el transcurso del año, la T° generalmente varía de 21 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 19 °C o sube a más de 37 °C.

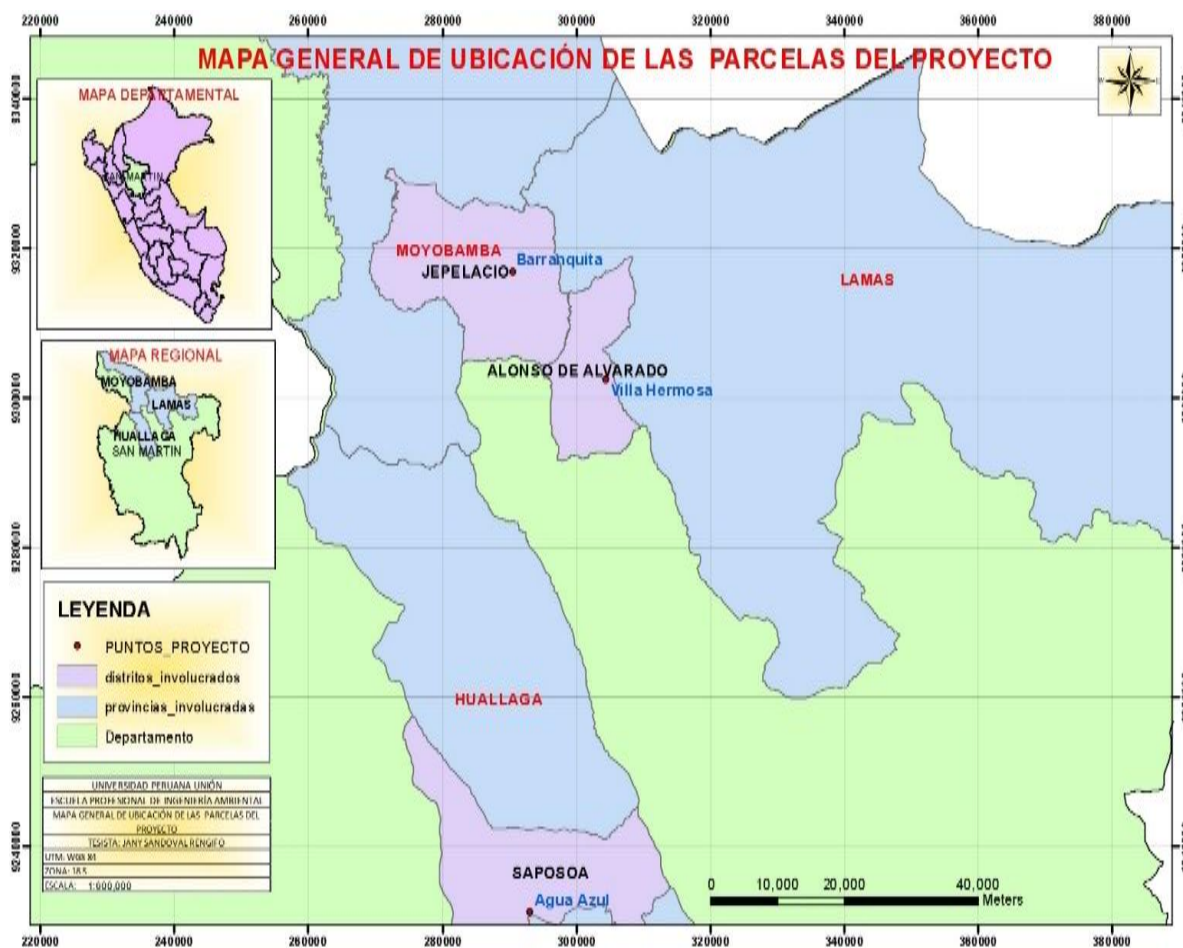


Figura 2. Mapa general de ubicación de las parcelas del proyecto.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.2. Equipos y Materiales

3.2.1. Equipos

- GPS
- Laptop
- Cámara fotográfica
- Microscopio

- Estereomicroscopio
- USB

3.1.1. Materiales de campo

- Botas
- Wincha de 50metros
- Tijera de poda
- Balanza analítica
- Machete
- Palana

3.1.2. Materiales de escritorio

- Cuaderno de campo
- Lapicero
- Plumón indeleble
- Tijera
- Perforador
- Folder manila

3.3. Síntesis de la metodología

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), con repeticiones en 3 provincias, aplicando 2 tipos de alturas (800-1000 msnm y 1000-1200 msnm), con la variedad de pache. Se usó una base de datos en el programa Microsoft Excel 2013 que fueron sometidas a un análisis de variancia ANOVA mediante la prueba de Tukey a un nivel de confianza de ($\alpha=0,05$) para saber las diferencias entre tratamientos, con el programa estadístico Statistics Program Service (SPSS versión 20)

3.3.1. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varphi_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\varphi)_{ik} + (\beta\varphi)_{jk} + (\alpha\beta\varphi)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde:

Y_{ijkl} representa a la variable dependiente, μ representa a la media poblacional a partir de los datos del experimento; α_i es el efecto del i-ésimo nivel del factor A, β_j es el efecto del j-ésimo nivel del factor B, φ_k es el efecto del k-ésimo nivel del factor C, $(\alpha\beta)_{ij}$ es el efecto de interacción entre los factores A y B, $(\alpha\varphi)_{ik}$ es el efecto de interacción entre los factores A y C, $(\beta\varphi)_{jk}$ es el efecto de interacción entre los factores B y C, $(\alpha\beta\varphi)_{ijk}$ es el efecto de interacción entre los factores A, B y C, ε_{ijkl} es el efecto aleatorio de variación.

3.4. Fase de Campo

3.4.1. Identificación de las plantas y colecta de granos de café.

Las plantas de café (*Coffea arabica*), que se colectaron fueron identificadas en fincas cafetaleras, las mejores y libres de roya, ubicadas en diferentes localidades de las provincias de Moyobamba, Lamas y Huallaga.

Se seleccionó las semillas botánicas de la variedad pache, después se despulpo, secada y sembrada en camas almacigueras, obteniendo plántulas germinadas y enraizadas a partir de los 45-50 días después de la siembra.

3.4.2. Propagación de plantones (sexual y asexual)

Para la propagación sexual, se repico las plantas en bolsas, de contenido sustrato esterilizado en proporción 1:1 (Tierra negra + arena), la cual se inoculo con HMA de acuerdo a los tratamientos en estudio.

Así mismo la propagación asexual se realizó mediante el enraizamiento de brotes clonales de café de la variedad ya mencionada, dichos brotes fueron colectados de los

jardines clonales (brotes con tolerancia a la roya amarilla), se utilizó una pequeña dosis de hormonas de enraizamiento-AIB (2000 ppm) a partir del ácido indol-3-butírico químicamente puro, diluido en una solución de alcohol al 96%, la dosis de hormona se preparó en el laboratorio, con la finalidad de lograr un brote ideal para enraizamiento, los brotes colectados fueron preparados así eliminando las partes oxidadas del corte de colecta y hasta el 30% del área foliar la cual permitió la estimulación sobre la iniciación de raíces. (Hartmann y Kester, 1989; citado por Vázquez, 2015).

Luego de esto se sumergieron los brotes de café en una solución fúngica de antracol, por 3 minutos y se hizo la siembra de los brotes con su etiqueta respectiva en los pellets, posteriormente se llevó a los microtúneles para su enraizamiento por un periodo de 45-50 días, se aplicó frecuencias de riego de 4 veces por día (8:00 am, 11:00 am, 2:00 pm, 5:00 pm).

Después del enraizamiento de ambas propagaciones (sexual y asexual), dichas plántulas se sembró e inoculó con hongos micorrizos arbusculares (2000 esporas/plantón) que el IIAP-SM, que propagaron en sus bancos de inóculos; dicha siembra se realizó en bolsas de almacigo de polietileno de 1 kg con una mezcla de sustratos de arena, tierra negra y Jffys, luego de ello dichas plantas se llevó al vivero de aclimatación en la que se le aplicó riegos frecuentes.

3.4.3. Traslado y trasplante

El traslado del total de 789 plantones (432 plantas evaluables más 357 plantas bordes no evaluables) para las tres parcelas experimentales (Lamas, Moyobamba y Huallaga), se realizó en camioneta desde la sede del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), ubicado en la ciudad de Morales, Tarapoto-San Martín, los

plantones se distribuyó en todas las parcelas teniendo en cuenta el tipo de propagación sexual y asexual.



Figura 3. Traslado de los plantones a las 3 parcelas experimentales.

3.4.4. Observación directa in-situ

Las evaluaciones de las plantas establecidas en campo (in-situ), se realizó de acuerdo a los periodos programados en el ensayo experimenta desde el momento que se instaló los plantones se hizo las evaluaciones morfológicas cada 30 días.

A. Evaluaciones morfológicas

a. Evaluación de altura de planta

Las evaluaciones concernientes a la altura de planta se iniciaron como punto de partida la base del tallo y como punto de referencia el meristemo apical o yema terminal, utilizando una regla milimetrada. Estas evaluaciones sirvieron para ver el crecimiento y el incremento de altura de los diferentes tratamientos en estudio en respuesta al efecto por parte de los HMA-N en las plantas de café. Dichas evaluaciones se realizó cada 30 días.



Figura 4. Toma de datos de altura en plántones de café micorrizados, en parcela experimental.

b. Evaluación del diámetro de la planta

Para las mediciones de diámetro de planta, estas se realizaron con la ayuda de un vernier digital milimetrado sobre la base del tallo de la planta. Estas evaluaciones fueron cada 30 días después de la inoculación con los HMA-N. Estas evaluaciones sirvieron para ver el incremento del grosor de diámetro de los diferentes tratamientos en estudio en respuesta al efecto que ocasionan los HMA-N en las plantas de café.



Figura 5. Toma de datos de diámetro en plántones de café micorrizados, en parcela experimental.

c. Evaluación de número de rama

Para la evaluación de esta variable, se consideró las ramas completamente formadas, las cuales se evaluó cada 30 días con la finalidad de determinar su incremento en los diferentes tratamientos en estudio y comprobar el efecto de los HMA-N sobre las plantas de café, las cuales se desarrolló bajo condiciones de campo de las diferentes provincias en estudio.



Figura 6. Toma de datos del número ramas en plantones de café micorrizados, en parcela experimental.

d. Evaluación de números de hojas

Para la evaluación de esta variable se consideró que las hojas estuvieran completamente formadas. Al igual que para la toma de las otras variables (altura y diámetro), la evaluación de esta variable también se realizó cada 30 días, con la finalidad de determinar el incremento del número de hojas en los diferentes tratamientos en estudio y comprobar el efecto de los HMA-N sobre las plantas de café.



Figura 7. Toma de datos del número de hojas en plantones de café micorrizados, en parcela experimental.

B. Evaluaciones biológicas

Para las evaluaciones biológicas, primero se realizó la colecta de las muestras (suelo rizosférico y biomasa radicular) de cada una de las plantas evaluables de café de la variedades pache, correspondiente a los 24 tratamientos en estudio por cada una de las tres parcelas experimentales.

Se colectó 300 gramos entre suelo rizosférico y muestras de raíces secundarias y terciarias de la misma planta a una distancia de 5-10 cm del tallo principal en tres puntos diferentes de 0-5 cm de profundidad, depositándolas en bolsas plásticas debidamente codificadas con la finalidad de evitar confusión al momento del traslado al laboratorio de micorrizas.



Figura 8. *Colecta de muestras biológicas (suelo y raíces) en plántones de café micorrizados, en la parcela experimental.*

3.5. Fase Vivero

3.5.1. Multiplicación de los HMA

Anteriormente el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) puso a prueba a 30 consorcios, procedentes de dos altitudes (800-100 y 100-1200 m.s.n.m.) y zonas de la Región San Martín (Rioja, Moyobamba, Lamas, Dorado y Huallaga), de plántones de café de las tres variedades (Caturra, Pache, Nacional), consistió en probar su efecto biofertilizante y bioprotector, se reactivó únicamente los 03 mejores consorcios, lo cual se vio reflejado en el desarrollo morfológico y fúngico de planta de café *Coffea arabica* a nivel de vivero. En otra investigación se probó tres cultivos hospederos (*Oryza sativa*, *Brachiaria brizantha*, *Zea mays*) para la masificación de esporas y concluyó que el cultivo de arroz-variedad “Esperanza” es uno de los cultivos propicios para incrementar masivamente la densidad de esporas.

3.5.2. En la presente investigación se trabajó con los tres mejores consorcios.

Las fuentes de inóculo de HMA provenientes de las 3 provincias ya mencionadas se multiplicaron por el IIAP con la finalidad de incrementar los hongos micorrizicos, para ello se mezcló con arena lavada de río, utilizando maíz (*Zea mays*) como cultivo trampa, luego se cortó las plantas hospederas para que pase por estrés hídrico, y las esporas que se encontraron colonizaron las raíces plantas de maíz (*Zea mays*) (IIAP, 2017).



Figura 9. Multiplicación del HMA en cultivo trampa.

Tabla 3. Procedencia de los tres mejores consorcios de HMA.

Fuente: IIAP 2017

PROVINCIA	Mejores Consortio de HMA	DISTRITO	COMUNIDAD	NOMBRE DEL PROPIETARIO	Código de planta	VARIEDAD	PUNTO GEOREFERCIAL	COORD. DATUM WGS-84	ALTITUD	
MOYOBAMBA	01	INDAÑE	BAÑOS SULFUROSOS	Martina Huacha Cusquisivan Parcela 02	292	Caturra	18M0277141	UTM9328455	935	
		INDAÑE	BAÑOS SULFUROSOS	Martina Huacha Cusquisivan parcela 01	289	Caturra	18M0276960	UTM9328624	934	A1
		YANTALO	SAN IGNACIO	Edilberto Román	300	Caturra	18M0273121	UTM9339252	828	
EL DORADO	02	SAN MARTIN DE ALAO	NUEVA JUVENTUD	Humberto cutin Guerrero	12	Caturra	18M0307490	UTM9286690	850	
		SAN MARTIN DE ALAO	NUEVA JUVENTUD	Sabina Velazco García	245	Caturra	18M 0307682	UTM9286826	796	A1
		SAN MARTIN DE ALAO	NUEVA JUVENTUD	Walter Suarez Chasqueño	20	Caturra	18M 0306920	UTM9286681	958	
HUALLAGA	03	SAPOSOA	NUEVO BRASIL	Juan Dávila	154	Caturra	18M0296371	UTM9226384	643	
		SAPOSOA	ALTO ANDINO	Juan Requejos Vallejos	143	Caturra	18M0296527	UTM9234267	937	A1
		SAPOSOA	NUEVO BRASIL	Luis Gonzalo	159	Caturra	18M0296612	UTM9226297	620	

3.5.3. Esterilización de sustrato.

La esterilización de los sustratos (tierra negra + arena de río), se realizó en doble bolsa plástica de polietileno, se pesó 02 kg con ayuda de una balanza “OHAUS”, luego se llevó a un autoclave a 131 ° C con 20 libras de presión por una hora.



Figura 10. Se esterilizó las bolsas de sustrato en una autoclave a 131 ° C a 20 libras de presión por 1 hora.

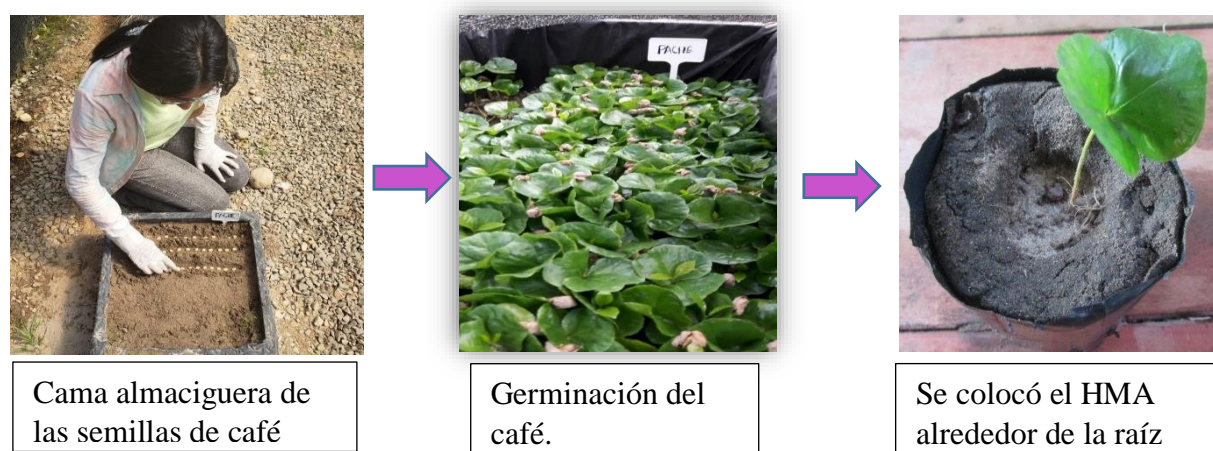
3.5.4. Repique e inoculación con los HMA

Con suelo de cada fuente de inóculo de los cultivos trampa de maíz (*Zea mays*), a razón de 2000 esporas por cada plantón sexual y asexual. Junto con la inoculación por cada plantón clonal de café se realizó después del proceso de enraizamiento de los brotes (65-70 días) provenientes de la cama germinadora en pellets de los microtuneles, que se colocaran en bolsas almacigueras de 1 kg de sustrato estéril (tierra negra + arena de río).

Tabla 4. Cantidades usadas en el proceso de inoculación a los plántones de café.

		Conorcios pre y post multiplicación de esporas					
		N° Esporas (10g) de suelo seco			Gramos		
Procedencia de los consorcios de HMA		Conteo Inicial	Conteo Final	Incremento	N° Veces	usados en la inoculación (2000 esporas)	
		\bar{X}	\bar{X}	N° Esporas			
Moyobamba	A1	336	601	265	2	113.6	
El Dorado	A1	61	215	154	4	68.0	
Huallaga	A1	200	483	283	2	118.3	

Fuente: IIAP 2017.

Proceso de repique e inoculación con loa HMA en los plántones café.**Figura 11.** Repique e inoculación con los HMA a los plántones sexuales.

Proceso de repique e inoculación con los HMA en los plántones por reproducción asexual

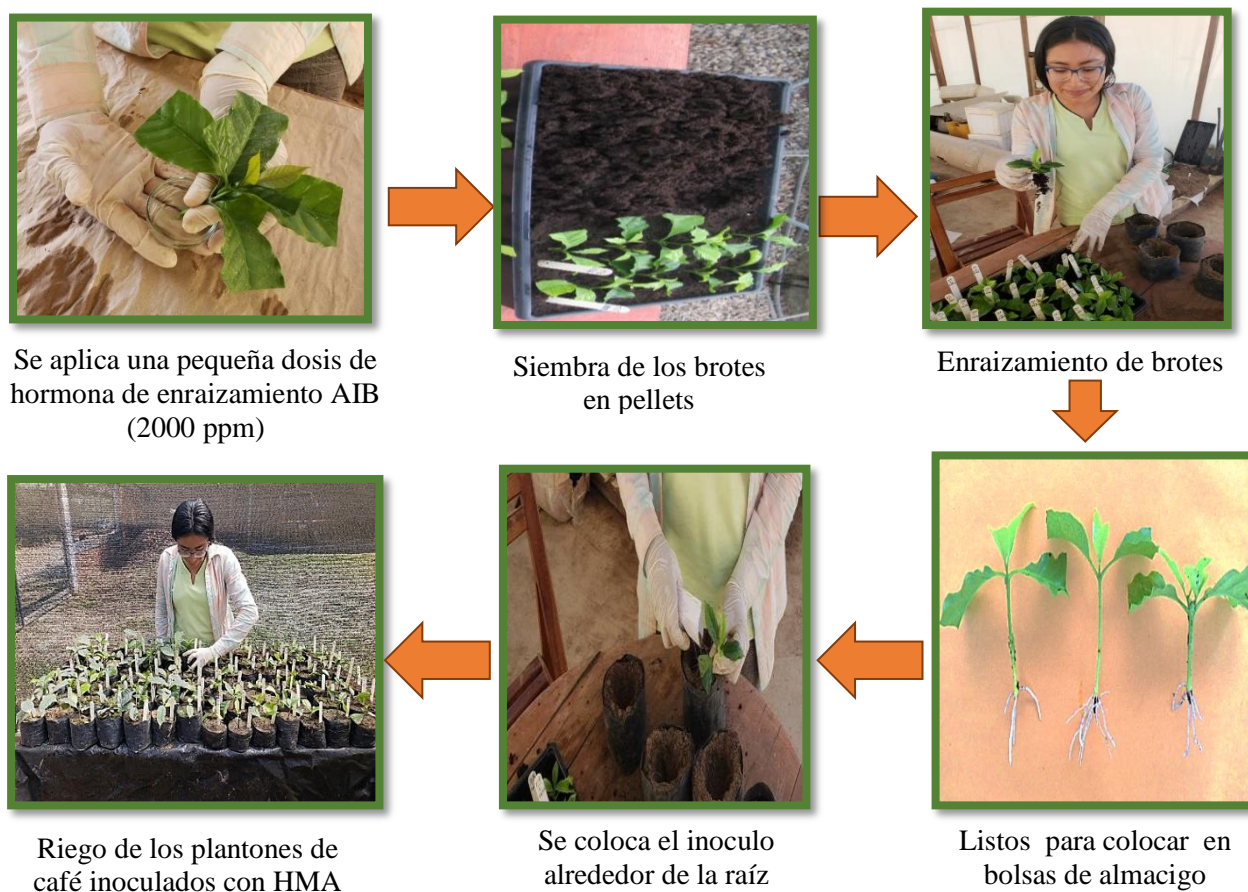


Figura 12. Repique e inoculación con los HMA a los plántones asexuales.

3.6. Etapa de Laboratorio

3.6.1. Identificación y Cuantificación de esporas

Método del tamizado húmedo y decantación (Gerdemann y Nicolson, 1963).

El procedimiento consistió en pesar 10 g de muestra de suelo y vaciarlo en un vaso precipitado de aproximadamente 1 L al cual se le adiciono solamente 800 mL de agua y se agita vigorosamente durante 05 minutos, luego se dejó reposar la mezcla por 3 minutos y seguidamente se vació el sobrenadante sobre los tamices de 250 y 38 μm , repitiendo el mismo procedimiento 3 veces y descartando lo que sobra en el vaso precipitado. Luego se lava cada tamiz y el sobrenadante del primero (250 μm), a su vez el sobrenadante del

segundo (38 μm) se colocó en un tubo falcon adicionándole dos soluciones de sacarosa, una al 20 % (20 mL) y otra al 60% (20 mL), el cual se lleva a refrigeración hasta llegar a terminar el ensayo con todas las muestras. Estos tubos fueron llevados nuevamente a centrifuga a 2200 rpm/ 04 minutos para precipitar partículas de suelo y suspender las esporas hasta la interface entre los dos azúcares. Por último el tubo falcon se retira cuidadosamente de la centrifuga, colocando el sobrenadante sobre el tamiz de 38 μm , se procedió a lavar con agua corriente (02 minutos) así eliminar la sacarosa, dejando solamente las esporas, el cual se vació en una placa Petri, para luego ser observado en un microscopio estereoscópico con aumentos de 3 a 4.5X.

3.6.2. Identificación de los HMA

Se han logrado identificar 21 morfotipos de HMA, cuyos géneros y especies fueron determinados por biólogos especializados de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, México (Hernández L. & Franco, A., 2017), en la que de los 21 morfotipos solo se identificaron 05 géneros y 10 especies: *Glomus* (02 especies), *Diversispora* (02 especies), *Funneliformis* (02 especies), *Rhizophagus* (01 especie), *Acaulospora* (03 especies) y *Claroideoglomus* (01 especies)

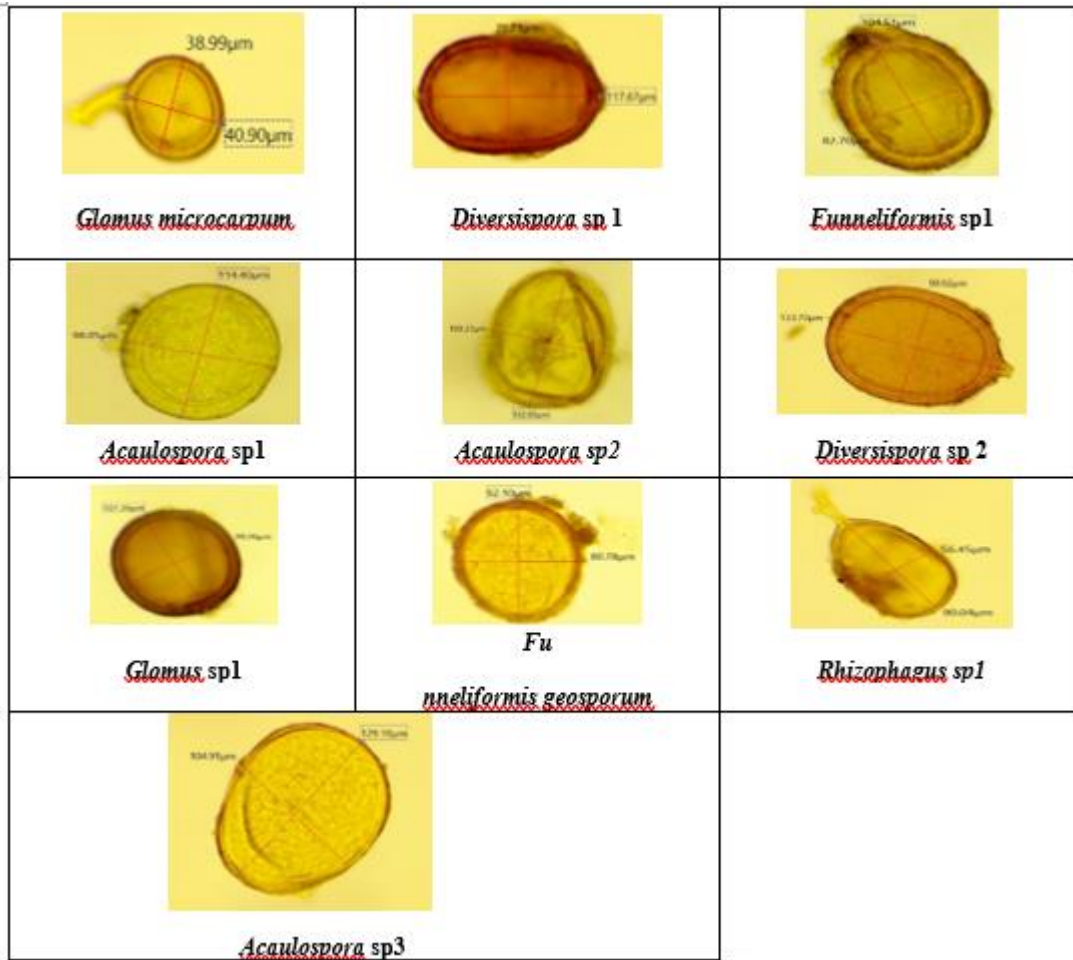


Figura 13. Géneros y especies de HMA encontradas en 3 consorcios de HMA.

Fuente: IIAP 2017.

Tabla 5. Presencia de los diferentes géneros y especies en 3 provincias.

Provincias	Moyobamba	El Dorado	Huallaga
Altitudes	A1 (800-1000)	A1 (800-1000)	A1 (800-1000)
<i>Glomus microcarpum</i>	X	X	X
<i>Diversispora sp.1</i>	X	X	X
<i>Funneliformis sp.1</i>	X	X	X
<i>Acaulospora sp.01</i>	X	...	X
<i>Diversispora sp.2</i>	X	X	X
<i>Glomus sp1</i>	X	X	X
<i>Funneliformis ageosporum</i>	X	X	X
<i>Rhizophagus sp.1</i>	X	X	X
<i>Claroideoglomus etunicatum</i>	X	X	X
<i>Acaulospora sp.3</i>	X

Fuente: IIAP 2017

3.6.3. Tinción de Micelio Extraradical (MER)

El MER constituye la interface activa entre el suelo y la planta, y se consideró la estructura más importante para el cumplimiento de la función de la micorriza en cuanto a captación de nutrientes y agua (Whittingham & Read, 1982, citado en Robles, 2009)

El procedimiento consistió en pesar 1g de suelo previamente secado al aire y colocarlo en un vaso precipitado de 200 ml, la cual se le agrega una pequeña cantidad de vinagre y se dejó por 10 minutos, esto es para dispersar los agregados del suelo y acidificar los segmentos de micelios. Así mismo se agrega 20 ml de solución de PELIKAN al 10 % disuelto en ácido acético y se deja a T° ambiente por 30 minutos. Seguidamente se enraza hasta los 100 ml con agua destilada y se colocó en baño maría (90 °C) por un periodo de 90 minutos, siendo ésta agitada constantemente. Para eliminar las fracciones más finas del suelo la mezcla resultante se pasó por tamices de malla (38 µm), el material retenido en

ambos tamices se deposita nuevamente en el mismo vaso precipitado con una cantidad de 30 ml de agua destilada y nuevamente se llevó las muestras a baño maría (90°C), obteniendo al final una concentración de solución de agar- agar al 0.45%. En el baño maría se agitó la mezcla para homogenizar la suspensión y con la ayuda de una jeringa se toma 10 ml, el cual se depositó homogéneamente, en una placa Petri y se dejó enfriar hasta la formación de un gel semisólido. Posteriormente se llevó a observar en un microscopio estereoscópico a 5X de aumento, colocando en la base de la placa una rejilla cuadrículada de exactamente 0.5 cm².

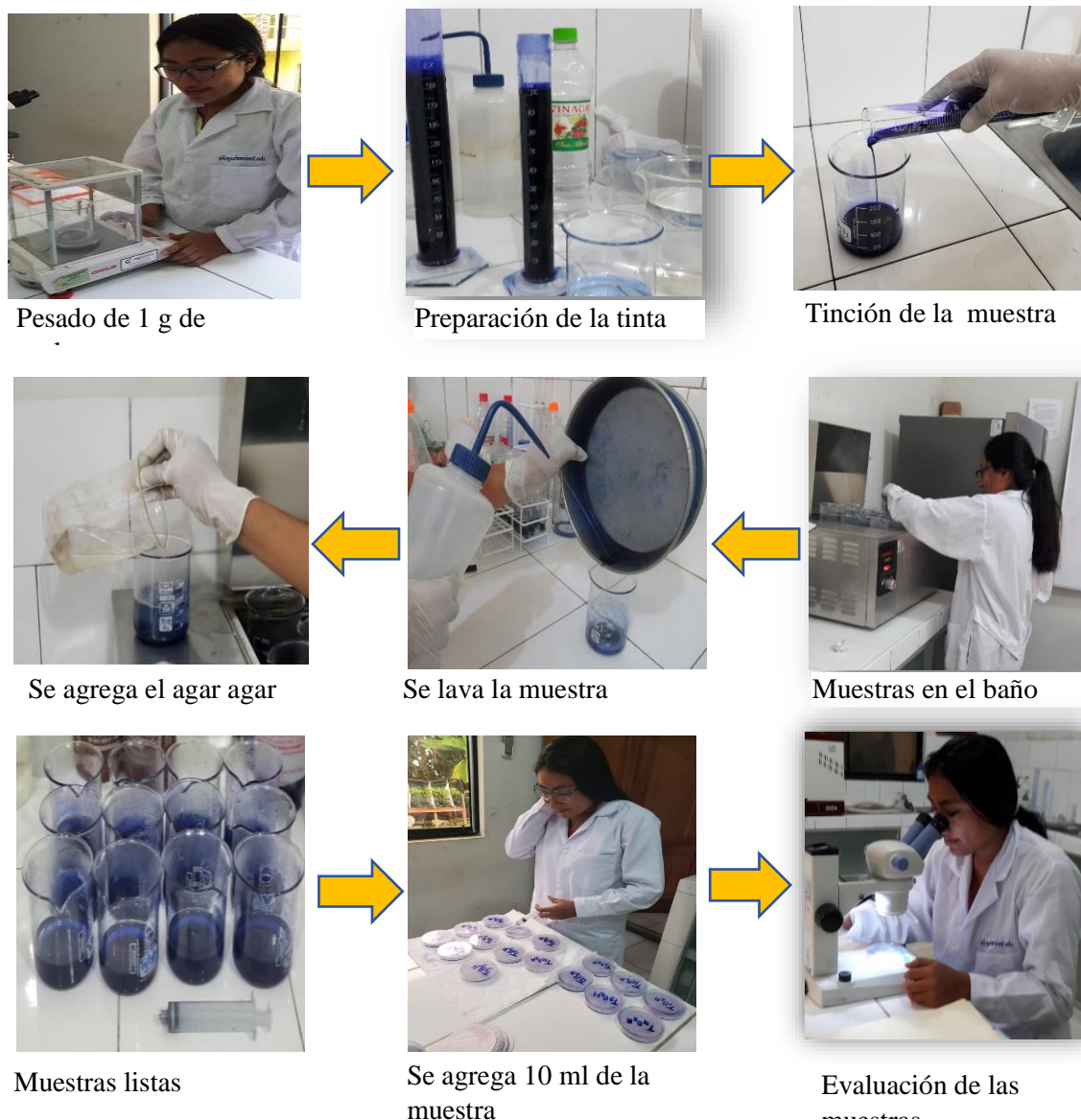


Figura 14. Proceso de tinción de Micelio Extraradical (MER).

Fuente: Elaboración propia 2018

3.6.4. Tinción de raíces de las plantas de café.

Se empleó la técnica de Phillips y Hayman (1970) con modificaciones. Se ponen las raíces en tubos de ensayo (16 x150 mm) con solución de KOH al 10% hasta cubrir la muestra por 24 horas; se colocó en baño maría a 90°C por 30 min para remover el contenido

citoplasmático y clarificar el tejido cortical, luego se lavó tres veces con agua corriente hasta eliminar el KOH; las raíces fueron sumergidas en agua oxigenada durante 90 min a T° ambiente para aclarar los pigmentos de la raíz; se volvió a lavar con vinagre de 2-3 veces para acidificar las muestras y se dejó en vinagre por 10 minutos. Luego, las raíces se sumergieron en tinte azul de tripano (0.25%) y colocadas en baño maría a 90°C durante 60 min, se lavaron de 2-3 veces con vinagre para eliminar el exceso de tinta. Por último, las raíces teñidas fueron conservadas en vinagre blanco, hasta su evaluación.

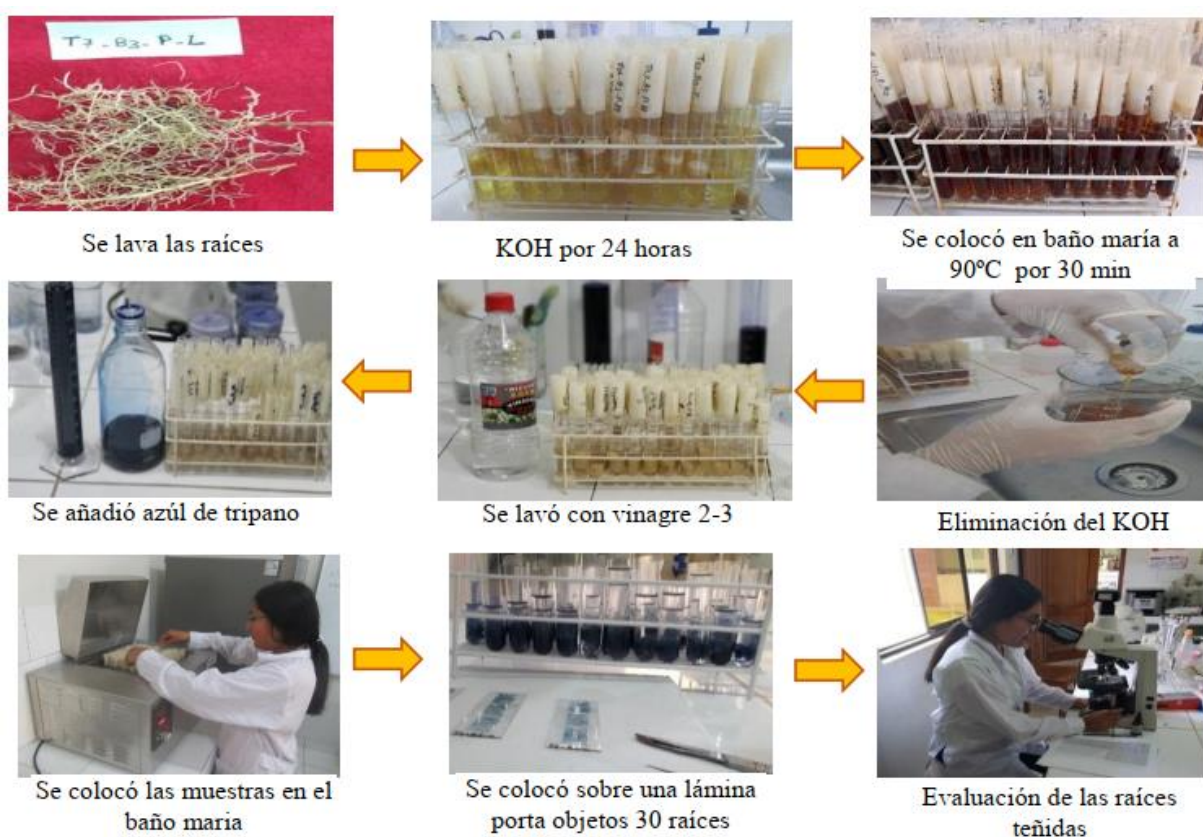


Figura 15. Tinción de raíces de las plantas de café.

3.6.5. Técnica sistemática de portaobjeto

Se colocó sobre una lámina porta objetos 30 segmentos de raíces aproximadamente de 1 cm. en forma vertical, 10 por 3 de cada laminilla cuidadosamente, con la finalidad

de facilitar la observación del tejido interno, sobre estas raíces se adicionó gotas de lactoglicerol. Las observaciones se realizaron a 40X de aumento en un microscopio, donde se registró el grado de colonización de micelios del hongo expresadas en porcentaje. Metodología propuesta por (León, 2006) con modificaciones.



Figura 16. Técnica sistemática de portaobjetos.

3.6.6. Análisis físico químico del suelo.

Los análisis físico-químicos se realizaron para determinar su pH, materia orgánica (M.O), niveles de fósforo y nitrógeno, así también su clase textural. (Ver en anexo 2).

3.6.7. Longitud de Micelio Extraradical (MER).

Se realizó utilizando la técnica del gel semisólido y cuantificación por el método de intersección de cuadrantes. En la cual las muestra se preparó siguiendo la metodología de tinción de micelio extraradical, luego se llevó a un microscopio estereoscópico de 5X, en la cual se cuantifico las intersecciones hifa-línea y después se trasformó a longitud de micelio por unidad de peso de suelo para ello se utilizó la fórmula de Newman, 1966, citado por Robles, 2009.

$$R = \frac{AN}{2H}$$

R= Longitud de micelio por unidad de peso desuelo

A= Área de la placa

N= Número de intersecciones

H= Longitud total de las líneas de la placa (en cm)

3.6.8. Porcentaje de colonización Micorrízica

Se realizó utilizando raíces tiernas (secundarias y terciarias) de cafeto, siguiendo la metodología de tinción de raíces propuesta por Phillips y Hayman (1970) y el protocolo de la técnica sistemática de porta objetos propuesta por (León, 2006) con modificaciones.

Se utilizó (Intensidad micorrízica e frecuencia micorrízica) que nos ayudó a determinar mejor los comportamientos que tienen los hongos micorrízicos en respuesta a la simbiosis de estos microorganismos con las raíces de las plantas de café.

Intensidad Micorrízica

Para evaluar la Intensidad Micorrízica a nivel del sistema radicular se calculó con la fórmula propuesta por Trouvelot et al., 1986, citado por Gañán, Bolaños y Asakawa, 2011.

$$I.M\% = \frac{(n1 + 5(n2) + 30(n3) + 70(n4) + 95(n5))/N}{N}$$

n = Números de segmentos asignados con el índice 0, 1, 2, 3, 4 y 5

N = Número total de segmentos observados

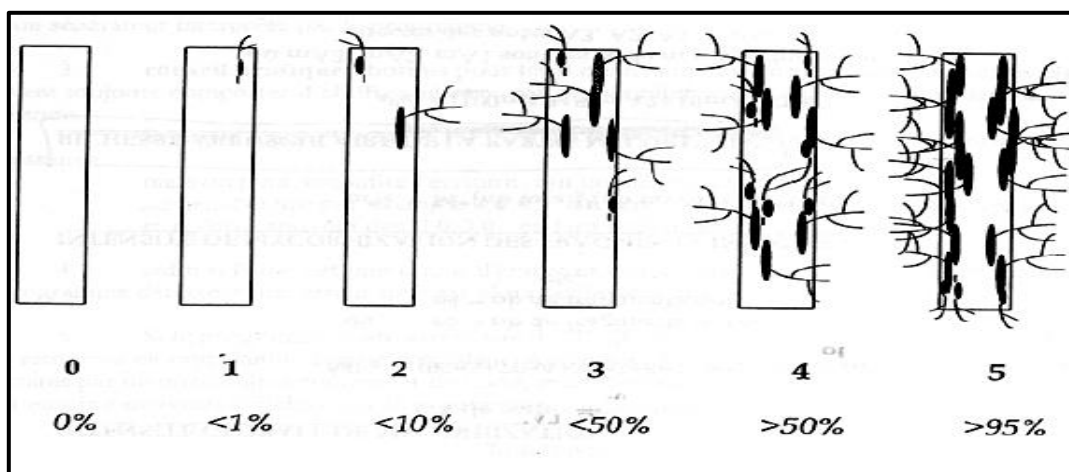


Figura 17. Escala gradual de intensidad de colonización, según Trouvelot et al., (1986).

Frecuencia Micorrízica

Según Hakim, A., Chliyh, M. & Ouazzani, A. (2014), la frecuencia micorrízica refleja la importancia de la infección del hongo Micorrízico en el sistema radicular de la planta. Para la determinación de la frecuencia Micorrízica se contaron 30 campos ordenadamente; en cada campo se determinó campos positivos y negativos.

En los campos positivos se tuvo en cuenta el tipo de estructura presente (arbuscúlos, vesículas, hifas y esporas). La frecuencia micorrízica o porcentaje de infección en raíces se calculó con la siguiente fórmula propuesta por SIEVERDING, E (1983):

$$F. M = \frac{N^{\circ} \text{ campos infectados}}{N^{\circ} \text{ Total de campos observados}} \times 100$$

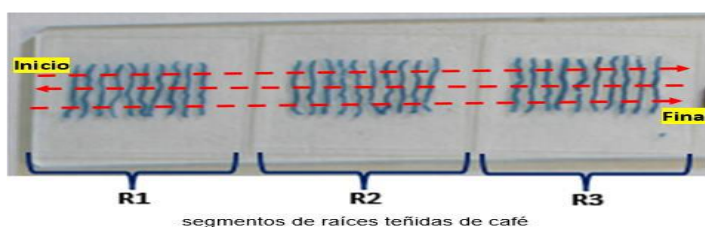


Figura 18. Observación de los campos colonizados.

3.7. Diseño de investigación

La investigación fue de tipo experimental, para la cual se utilizó el diseño en bloques completamente al azar (DBCA); con arreglo trifactorial: 3A (Provincia) x 2B (método de propagación) x 3C (Consortio) + (Testigo), siendo 24 tratamientos (Tabla 3), cada tratamiento tuvo 03 repeticiones, 06 plantas por tratamiento, generando un total de 432 unidades experimentales. Se desarrolló un análisis de varianza con un nivel de significancia de $p < 0,05$ probabilidad de error para determinar la naturaleza de las diferencias entre tratamientos (Padron, 1996); previo para el análisis de varianza se

sometieron los datos a la evaluación del supuesto de normalidad utilizándose la d'cima de Kolmogorov-Smirnov (Diz, 2008) y para el supuesto de homogeneidad de varianza se utilizó la d'cima de Levene (Font, 2007), cumpliendo los dos supuestos. Además, los datos de las variables número de ramas y número de hojas fueron transformados a \sqrt{x} (Diaz, 1991), así mismo para las variables intensidad micorrízica (%) y frecuencia micorrízica (%), se transformaron a la transformación de Bliss o transformación angular $\sqrt{\%}$ (Box y Hunter, 1989). Los factores que se consideró son:

Factor A: Provincias

A1: Moyobamba

A2: Lamas

A3: Huallaga

Factor B: Tipo de Propagación

B1: Sexual

B2: Asexual

Factor C: Consorcio

C0: Sin micorrizas

C1: Moyobamba

C2: El Dorado

C3: Huallaga

Tabla 6. *Distribución de tratamientos de estudio.*

Tratamiento	Provincia	Método de propagación	Consorcio
T1	Moyobamba	Sexual	Sin consorcio
T2	Moyobamba	Sexual	C1-Mo
T3	Moyobamba	Sexual	C2-Do
T4	Moyobamba	Sexual	C3-Hu
T5	Moyobamba	Asexual	Sin consorcio
T6	Moyobamba	Asexual	C1-Mo
T7	Moyobamba	Asexual	C2-Do
T8	Moyobamba	Asexual	C3-Hu
T9	Lamas	Sexual	Sin consorcio
T10	Lamas	Sexual	C1-Mo
T11	Lamas	Sexual	C2-Do
T12	Lamas	Sexual	C3-Hu
T13	Lamas	Asexual	Sin consorcio
T14	Lamas	Asexual	C1-Mo
T15	Lamas	Asexual	C2-Do
T16	Lamas	Asexual	C3-Hu
T17	Huallaga	Sexual	Sin consorcio
T18	Huallaga	Sexual	C1-Mo
T19	Huallaga	Sexual	C2-Do

T20	Huallaga	Sexual	C3-Hu
T21	Huallaga	Asexual	Sin consorcio
T22	Huallaga	Asexual	C1-Mo
T23	Huallaga	Asexual	C2-Do
T24	Huallaga	Asexual	C3-Hu

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la tabla se visualiza la distribución de tratamientos de la variedad pache en parcelas experimentales en tres provincias.

3.8. Enfoque de la investigación.

El enfoque de la investigación es cuantitativo (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), “Usa la recolección de datos para probar hipótesis, ya que se evaluara con medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”.

3.9. Hipótesis

H_0 = Los 3 consorcios de HMA nativos no tienen un efecto en la biofertilización de las plantas de café (*Coffea arabica*) bajo condiciones de campo.

H_1 = Los 3 consorcios de HMA nativos si tienen un efecto en la biofertilización de las plantas de café (*Coffea arabica*) bajo condiciones de campo.

3.10. Variables

3.10.1. Variable independiente

Hongos micorrízicos arbusculares.

3.10.2. Variables dependientes

Morfológicas

- Altura de planta
- Diámetro de planta
- Número de ramas y hojas

Fúngicas

- Porcentaje de colonización micorrízica
- Longitud de micelio

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1. Altura de planta (cm)

Tabla 7. *Análisis de varianza de altura de planta (cm).*

FV	SCT	GL	SCM	F	Sig.
Provincia	2599,949	2	1299,975	103,768	0,000*
Método	442,058	1	442,058	35,287	0,000*
Consortorio	3552,766	3	1184,255	94,531	0,000*
Provincia * Método	338,005	2	169,002	13,490	0,000*
Provincia * Consortorio	580,921	6	96,820	7,729	0,000*
Método * Consortorio	204,211	3	68,070	5,434	0,001*
Provincia * Método *					0,000*
Consortorio	864,532	6	144,089	11,502	
Error	5111,278	408	12,528		
Total	13693,720	431			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

a. R^2 (%) = 60,1 b.CV (%)= 17,4

Los resultados obtenidos acerca de la provincia, método de propagación y consorcio, respecto a la altura de la planta (cm) alcanzados a los 210 días de establecimiento en campo,

en el análisis de varianza (Tabla 7) refleja que con un nivel de significancia del 95 %, se observa que la provincia es significativo ($p=0,000$), método de propagación ($p=0,000$), asimismo el consorcio es significativo ($p=0,000$), además de todas las interacciones posibles entre provincia, método de propagación y consorcio muestran ser significativas ($p<0,05$). Aceptándose por tanto que la altura de planta (cm) de cefeto (*Coffea arabica*) logrados a 210 días dependen, entre otras condiciones de la provincia, método de propagación y consorcio.

El coeficiente de determinación (R^2) fue de 60,1 % y el coeficiente de variabilidad (C.V.) de 17,4 %; demostrando que existe un alto grado de significancia entre los tratamientos estudiados y la altura de planta (cm); estos valores se encuentran dentro del rango de aceptación para trabajos realizados en campo, corroborado a lo expuesto por Calzada (1982).

Tabla 8. Prueba de Tukey ($p<0.05$) para el efecto principal provincia para la altura de plantas (cm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes estadísticamente entre sí.

Provincia	Altura de planta (cm)
Huallaga	23,9 a
Lamas	18,8 b
Moyobamba	18,6 b

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Respecto a las provincias, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que las hubo mayor promedio de altura de las plantas en la provincia de Huallaga, siendo 23,9 cm; mientras que el menor promedio de altura de las plantas fue en la provincia de Moyobamba, alcanzando los 18,6 cm (Tabla 8).

Tabla 9. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para la altura de plantas (cm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Método de propagación	Altura de planta (cm)
Asexual	21,4 a
Sexual	19,4 b

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Respecto a los métodos de propagación, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que las hubo mayor promedio de altura de las plantas a través de la propagación asexual, siendo 21,4 cm; mientras que el menor promedio de altura de las plantas fue a través de la propagación sexual, alcanzando los 19,4 cm (Tabla 9).

Tabla 10. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para la altura de plantas (cm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Consorcio	Altura de planta (cm)
Sin consorcio	18,4 c
C1-Mo	24,6 a
C2-Do	21,4 b
C3-Hu	17,2 c

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Respecto a los consorcios, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que las hubo mayor promedio de altura de las plantas asociadas con el

consorcio C1-Mo, alcanzando 24,6 cm; mientras que el menor promedio de altura se registra en plantas asociadas al consorcio C3-Hu, siendo 17,2 cm (Tabla 10).

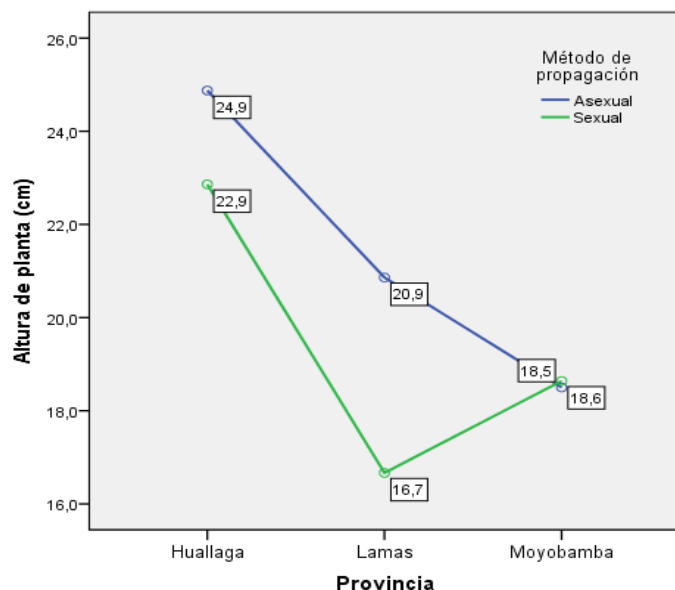


Figura 19. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para la altura de planta (cm), evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre provincia y método de propagación para la altura de planta (Fig. 19) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga registra mayores promedios independiente al método de propagación, siendo de mayor promedio (24,9 cm) a través del método asexual. Del mismo modo, en la provincia de Lamas, presentando un promedio (20,9 cm) a través del método asexual, sin embargo en la provincia de Moyobamba a través del método sexual se presentó mayor promedio (18,6 cm), finalmente el menor promedio de altura producido fue en la provincia de Lamas a través del método sexual, alcanzando sólo 16,7 cm.

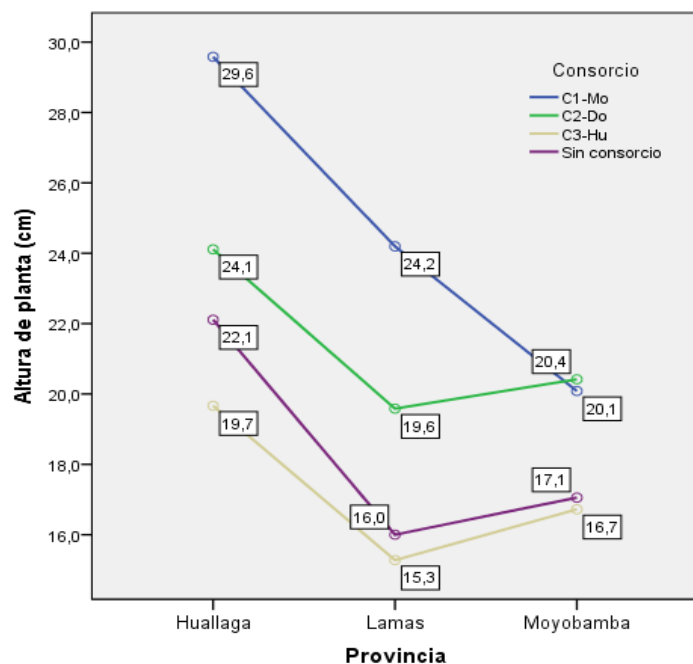


Figura 20. Efecto de interacción entre provincia y consorcio para la altura de planta (cm), evaluados a los 210 días.

Concerniente a la interacción entre provincia y consorcio para la altura de planta (Fig. 20) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio (29,6 cm). Del mismo modo, en la provincia de Lamas asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio (24,2 cm), sin embargo en la provincia de Moyobamba se aprecia mayor promedio en la altura de plantas asociados al consorcio C2-Do (20,4 cm), finalmente el menor promedio de altura producido fue en la provincia de Lamas asociado al consorcio C3-Hu, solo alcanzo sólo 15,3 cm.

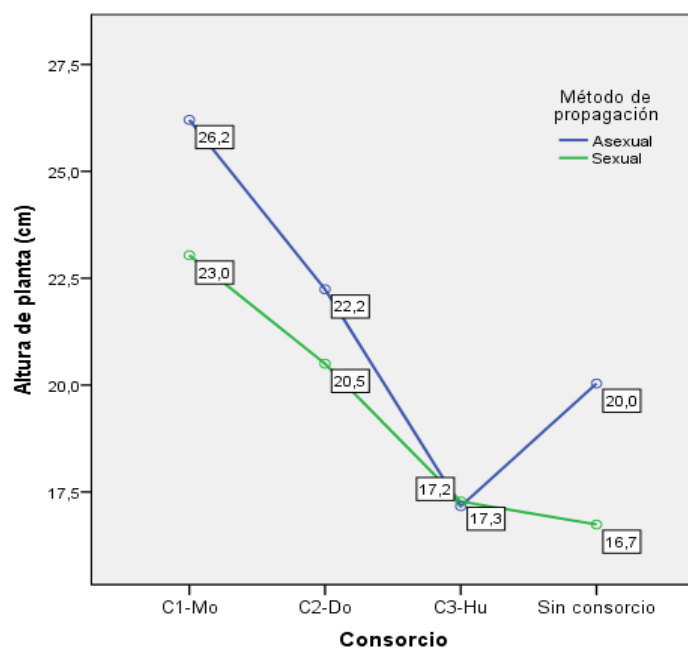


Figura 21. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para la altura de planta (cm), evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para la altura de planta (Fig. 21) se encontró diferencias significativas, método asexual asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio (26,2 cm). Del mismo modo, el uso del método asexual asociado al consorcio C2-Do y sin consorcio, registra mayores promedios (22,2 cm y 20 cm; respectivamente), sin embargo en consorcio C3-Hu se aprecia mayor promedio de altura en las plantas a través del método sexual (17,3 cm), finalmente el menor promedio de altura producido fue por el método sexual sin consorcio, alcanzando sólo 16,7 cm.

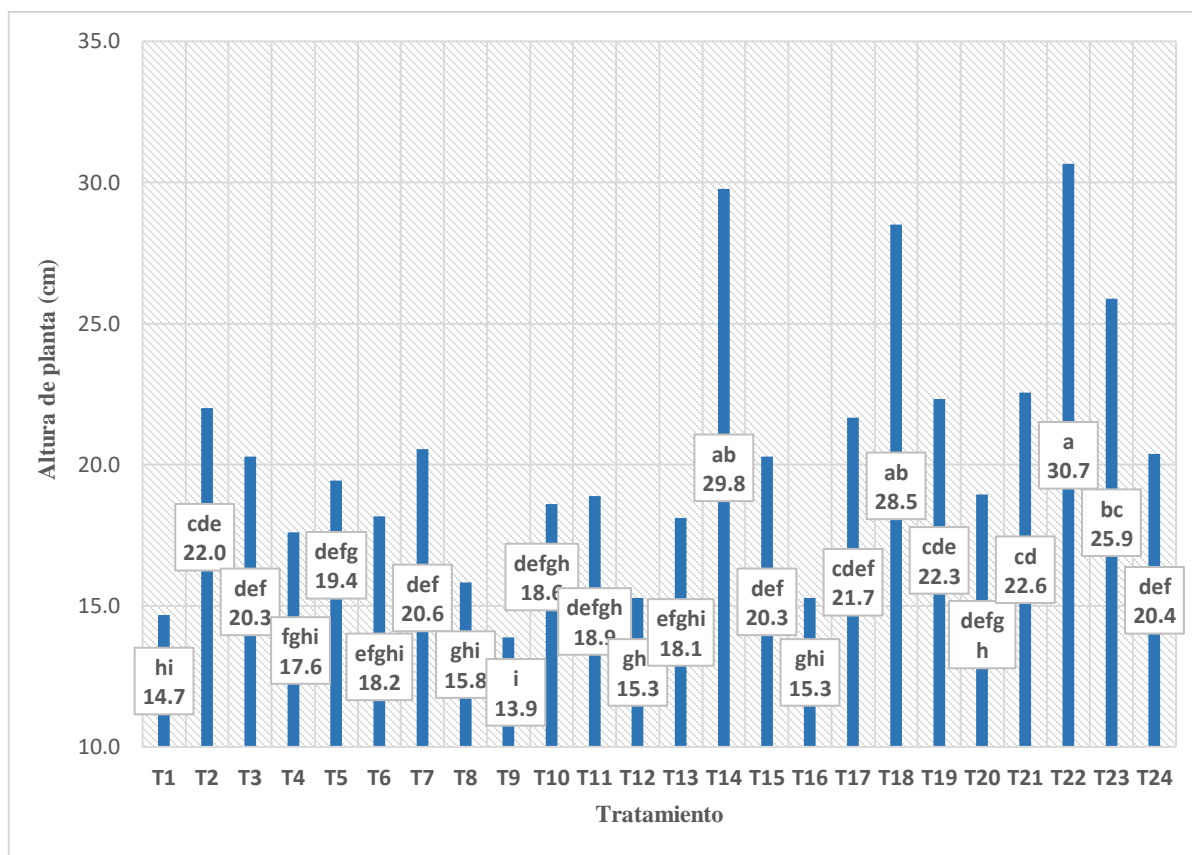


Figura 22. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación a la altura de la planta (cm) de café. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 22 muestra la comparación de medias con la prueba de Tukey con un nivel de confianza al 95 % para la variable incremento en altura de planta. Se puede apreciar que obtuvieron los mayores promedios de incremento en altura el T22 alcanzando (30,7 cm) perteneciente a la Provincia de Huallaga con el consorcio (C1-Mo), seguidas por el tratamiento T14 (29,8 cm) de Lamas (C1-Mo) de propagación asexual con diferencias significativas al T18 (28,5 cm) que fue de propagación sexual (Huallaga y C1-Mo). Así mismo el tratamiento T9 de provincia de Lamas con propagación sexual (semillas botánicas)

y sin consorcio, presento el menor de incremento en altura (13,9 cm).

4.1.2. Diámetro de planta (mm)

Tabla 11. *Análisis de varianza de diámetro de planta (mm).*

FV	SCT	GL	SCM	F	Sig.
Provincia	53,175	2	26,588	35,073	0,000*
Método	64,867	1	64,867	85,570	0,000*
Consortio	237,762	3	79,254	104,548	0,000*
Provincia * Método	15,319	2	7,660	10,104	0,000*
Provincia * Consortio	41,253	6	6,876	9,070	0,000*
Método * Consortio	26,914	3	8,971	11,835	0,000*
Provincia * Método * Consortio	27,101	6	4,517	5,958	0,000*
Error	309,290	408	0,758		
Total	775,683	431			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

a. R^2 (%) = 57,9 b.CV (%)= 16,7

Se puede observar en la tabla 9, que los resultados de la provincia, método de propagación y consorcio, respecto a la diámetro de la planta (mm) alcanzados a los 210 días de establecimiento en campo, en el análisis de varianza determinó significancia estadística entre los tratamientos, aceptándose por lo tanto el aumento del diámetro en las plantas de variedad pache dependen de la procedencia de los HMA nativos.

El coeficiente de determinación (R^2) fue de 57,9 % y el coeficiente de variabilidad

(C.V.) de 16,7 %; demostrando que existe un alto grado de significancia entre los tratamientos estudiados y el diámetro de planta (mm); estos valores se encuentran dentro del rango de aceptación para trabajos realizados en campo, corroborado a lo expuesto por Calzada (1982).

Tabla 12. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal provincia para el diámetro de planta (mm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Provincia	Diámetro de planta (mm)
Huallaga	5,7 a
Lamas	4,9 b
Moyobamba	5,0 b

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Concerniente a las provincias, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que hubo mayor promedio de diámetro de las plantas en la provincia de Huallaga, siendo 5,7 mm; mientras que el menor promedio de altura de las plantas fue en la provincia de Lamas, alcanzando los 4,9 mm (Tabla 12).

Tabla 13. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para el diámetro de planta (mm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Método de propagación	Diámetro de planta (mm)
Asexual	5,6 a
Sexual	4,8 b

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Respecto a los métodos de propagación, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que hubo mayor promedio de altura de las plantas a través de la propagación asexual, siendo 5,6 mm; mientras que el menor promedio de altura de las plantas fue a través de la propagación sexual (semillas botánicas), alcanzando los 4,8 mm (Tabla 13).

Tabla 14. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para el diámetro de planta (mm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Consorcio	Diámetro de planta (mm)	
Sin consorcio	4,5 c	
C1-Mo	6,3 a	
C2-Do	5,5 b	
C3-Hu	4,5 c	Fuente:

Elaboración propia, 2018.

Respecto a los consorcios, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que hubo mayor promedio de diámetro de las plantas asociadas con el consorcio C1-Mo, alcanzando un grosor de 6,3 mm; mientras que el menor promedio de diámetro se registra en plantas asociadas al consorcio C3-Hu, siendo de 4,5 mm con el mismo promedio la planta sin haber sido inoculado con HMA-N (Tabla 14).

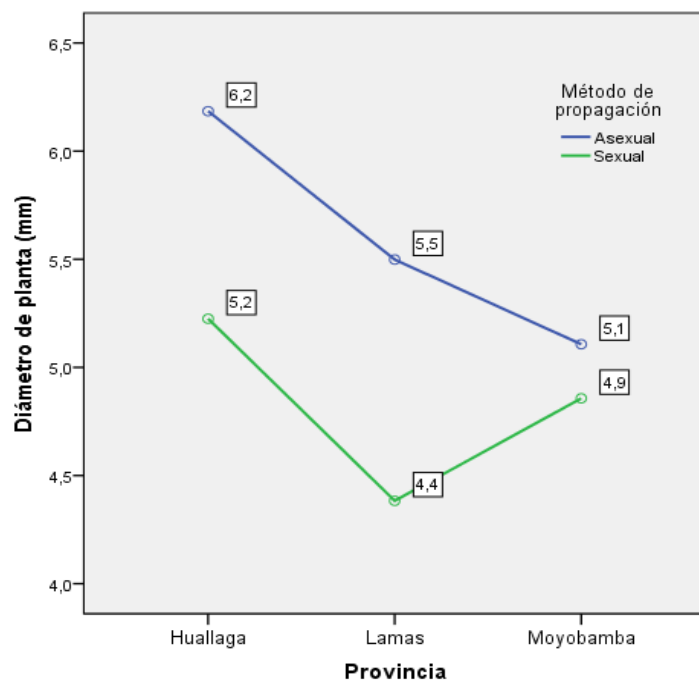


Figura 23. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para el diámetro de planta (mm), evaluados a los 210 días.

Así mismo para el efecto de interacción entre provincia y método de propagación para el diámetro de planta (Fig. 23) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga registra mayores promedios con respecto al método de propagación, siendo de mayor promedio (6,2 mm) a través del método asexual. Del mismo modo, en la provincia de Lamas, presentando un promedio (5,5 mm) y la provincia de Moyobamba presentó mayor promedio (5,1 mm), finalmente el menor promedio del método sexual producido fue en la provincia de Lamas, alcanzando sólo 4,4 mm.

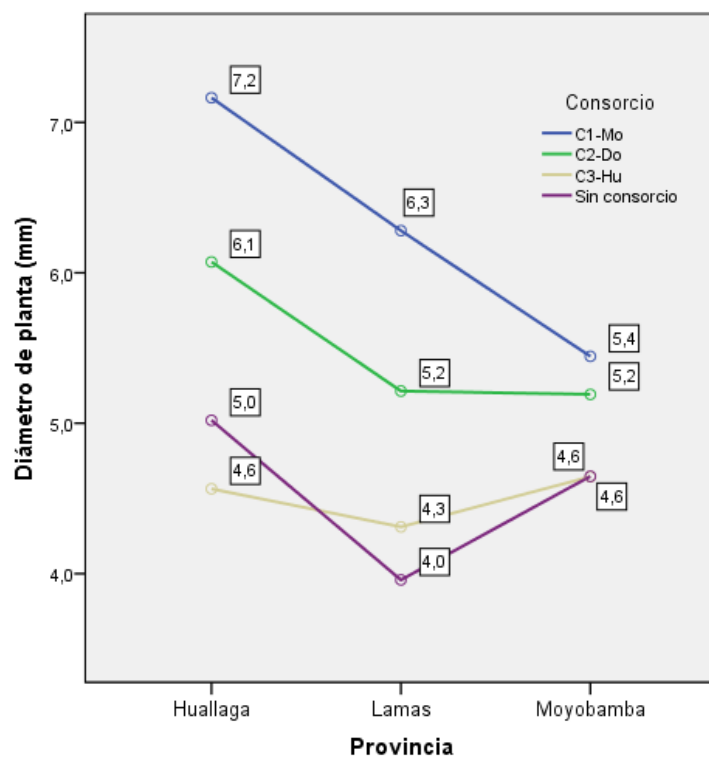


Figura 24. Efecto de interacción entre provincia y consorcio para el diámetro de planta (mm), evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre provincia y consorcio para el diámetro de la planta (Fig. 24) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio (7,2 mm). Del mismo modo, en la provincia de Lamas asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio (6,3 mm), sin embargo en la provincia de Moyobamba se aprecia un promedio mayor en el diámetro de las plantas asociados al consorcio C1-Mo (5,4 mm), finalmente el menor promedio de diámetro fue sin aplicar consorcio en la provincia de Lamas con un valor de (4,0 mm).

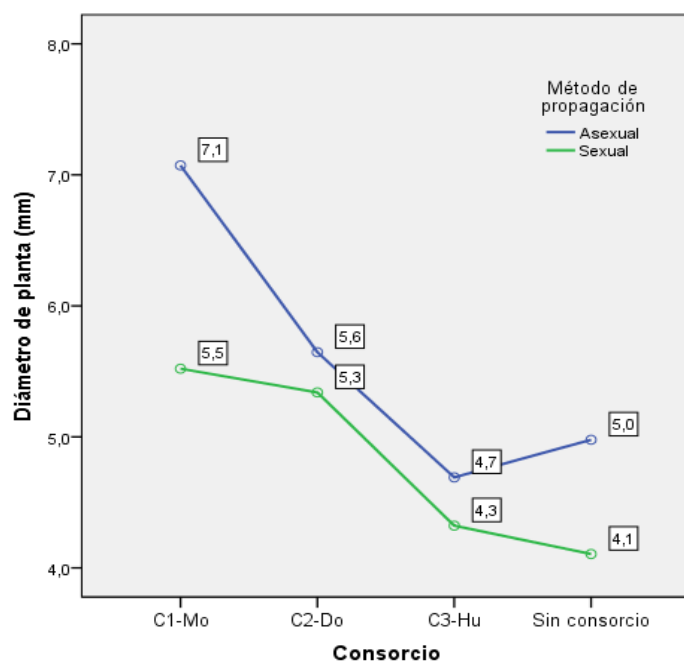


Figura 25. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para el diámetro de planta (mm), evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para el diámetro de planta (Fig. 25) se encontró diferencias significativas, método asexual asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio de diámetro (7,1 mm). Del mismo modo, el uso del método asexual asociado al consorcio C2-Do y sin consorcio, registra mayores promedios (5,6 mm y 5,0 mm; respectivamente), seguido en el consorcio C3-Hu se observa un mayor diámetro de plantas a través del método asexual (4,7 mm), finalmente el menor promedio de diámetro producido por el método sexual sin consorcio, alcanzó solo 4,1 mm.

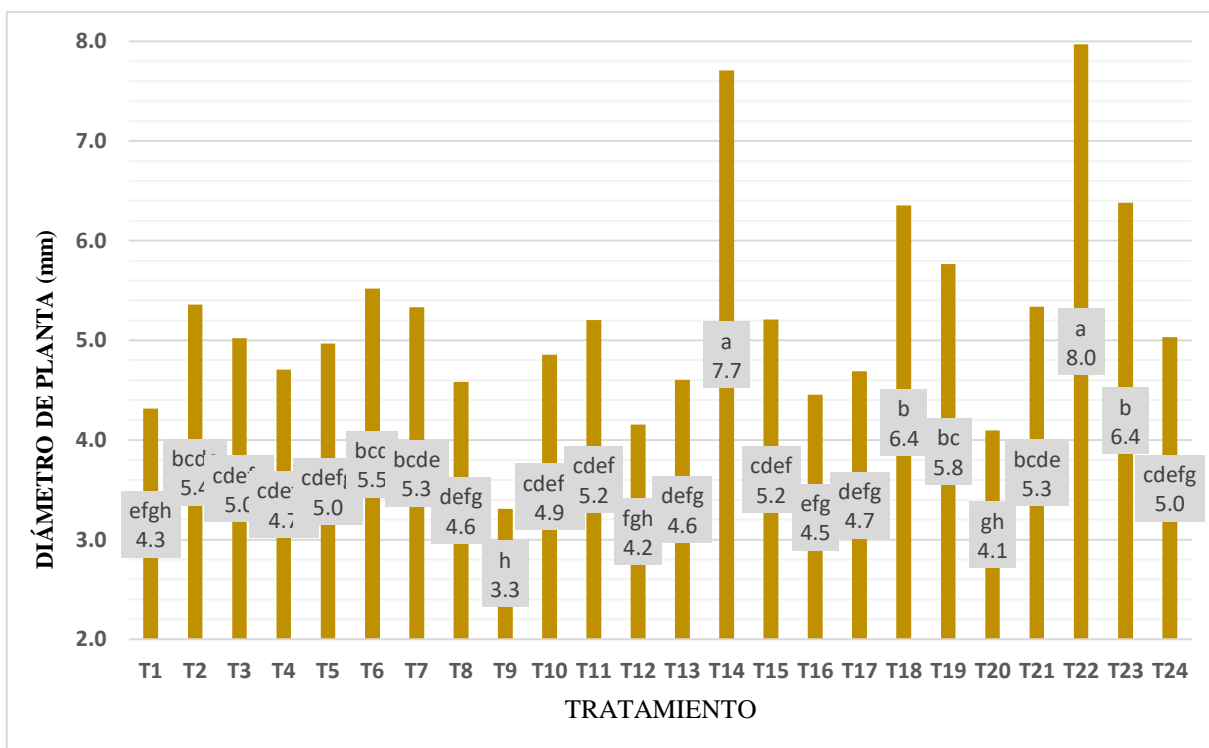


Figura 26. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación al diámetro de las plantas de café. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La interacción de la provincia, método de propagación y consorcio en relación al diámetro de la planta (mm) de café (Fig. 26) muestra mayor incremento en la provincia de Huallaga el tratamiento T22 de propagación asexual con consorcio (C1-Mo), alcanzando 8,0 mm, seguido el tratamientos T14 (Lamas, asexual y C1-Mo) con 7,7 mm de grosor. Finalmente el tratamiento T9 de la provincia de Lamas de propagación sexual sin consorcio, presento un diámetro menor (3,3 mm).

4.1.3. Número de ramas

Tabla 15. *Análisis de varianza del número de ramas de la planta. Datos convertidos a \sqrt{x} .*

FV	SCT	GL	SCM	F	Sig.
Provincia	2,468	2	1,234	19,094	0,000*
Método	0,007	1	0,007	0,104	0,748 N.S.
Consorcio	27,228	3	9,076	140,457	0,000*
Provincia * Método	0,648	2	0,324	5,013	0,007*
Provincia * Consorcio	3,720	6	0,620	9,595	0,000*
Método * Consorcio	0,983	3	0,328	5,072	0,002*
Provincia * Método * Consorcio	2,433	6	0,405	6,274	0,000*
Error	26,364	408	0,065		
Total	63,850	431			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

a. R^2 (%) = 56,4 b.CV (%)= 13,5

Se puede observar en la tabla 15, que los resultados de la provincia, método de propagación y consorcio, respecto al número de ramas de la planta alcanzados a los 210 días de establecimiento en campo.

El coeficiente de determinación (R^2) fue de 56,4 % y el coeficiente de variabilidad (C.V.) de 13,5 %; demostrando que existe un alto grado de significancia entre los tratamientos estudiados y el número de ramas; estos valores se encuentran dentro del rango de aceptación para trabajos realizados en campo, corroborado a lo expuesto por Calzada (1982).

Tabla 16. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal provincia para el número de ramas, evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Provincia	Número de ramas
Huallaga	3,8 a
Lamas	4,0 a
Moyobamba	3,3 b

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Respecto a las provincias, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que las hubo mayor promedio en el número de ramas de las plantas en la provincia de Huallaga, siendo 3,8 ; mientras que el menor promedio en el número de ramas de las plantas fue en la provincia de Moyobamba, alcanzando los 3,3 (Tabla 16).

Tabla 17. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para el número de ramas, evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Método de propagación	Número de ramas
Asexual	3,7 a
Sexual	3,8 a

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Respecto a los métodos de propagación, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que hubo un mayor promedio de número de ramas en las plantas a través de la propagación asexual, siendo 3,7; mientras que el menor promedio del número de ramas en las plantas fue a través de la propagación sexual, alcanzando los 3,8 (Tabla 17).

Tabla 18. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para el número de ramas, evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Consortio	Número de ramas
Sin consorcio	2,9 c
C1-Mo	5,3 a
C2-Do	3,9 b
C3-Hu	2,8 c

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Lo que se refiere a los consorcios, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, se puede apreciar que las hubo con un mayor promedio en el número de ramas de las plantas asociadas con el consorcio C1-Mo con 5,3; mientras que el promedio más bajo en el número de ramas se registra en las plantas que corresponden al consorcio C3-Hu, siendo 2,8 (Tabla 18).

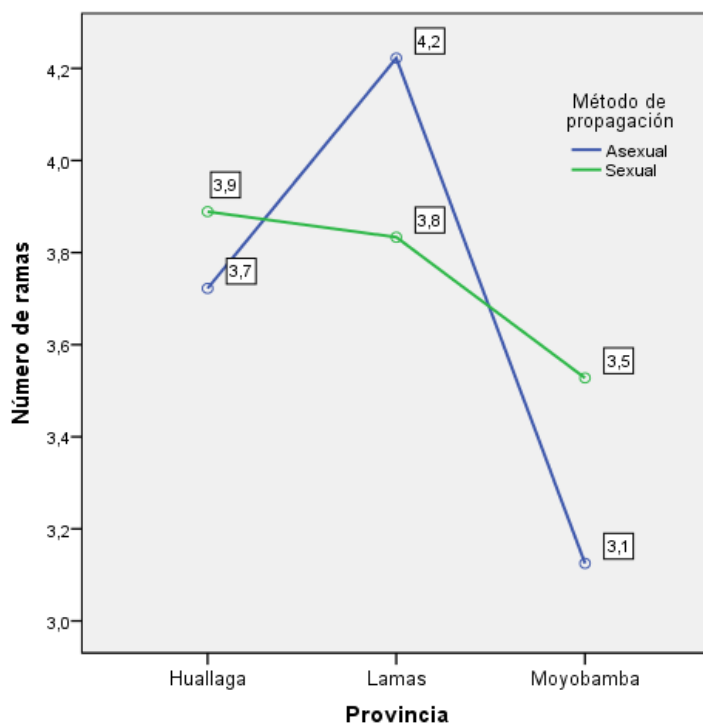


Figura 27. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para el número de ramas, evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre provincia y método de propagación para el número de ramas de planta (Fig. 27) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga registra mayores promedios con el método de propagación, siendo de mayor promedio (3,9) a través del método sexual. Del mismo modo, en la provincia de Lamas, presentando un promedio (4,2) a través del método asexual, sin embargo en la provincia de Moyobamba a través del método sexual se presentó con mayor promedio (3,5), y por último el que obtuvo menor promedio de número de ramas fue el método asexual, alcanzando sólo 3,1.

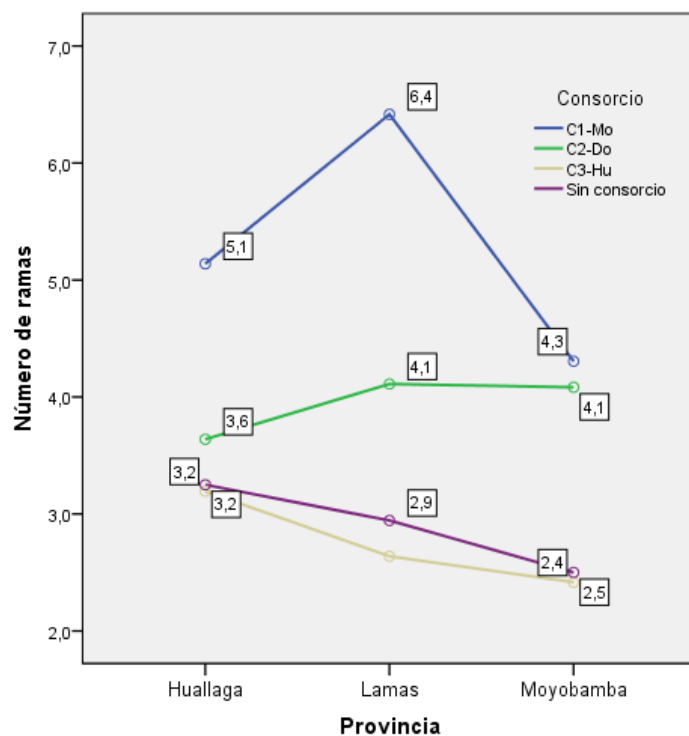


Figura 28. Efecto de interacción entre provincia y consorcio, evaluados a los 210 días.

En la interacción entre provincia y consorcio para el número de ramas de planta (Fig. 28) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga asociado al consorcio C1-Mo, registra un incremento de ramas con mayor promedio (5,1). Del mismo modo, en la provincia de Lamas asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio (6,4), sin embargo en la provincia de Moyobamba se aprecia mayor promedio asociados al consorcio C1-Mo (4,3), finalmente el menor promedio de número de ramas de planta producido fue sin consorcio, solo alcanzó sólo 2,4.

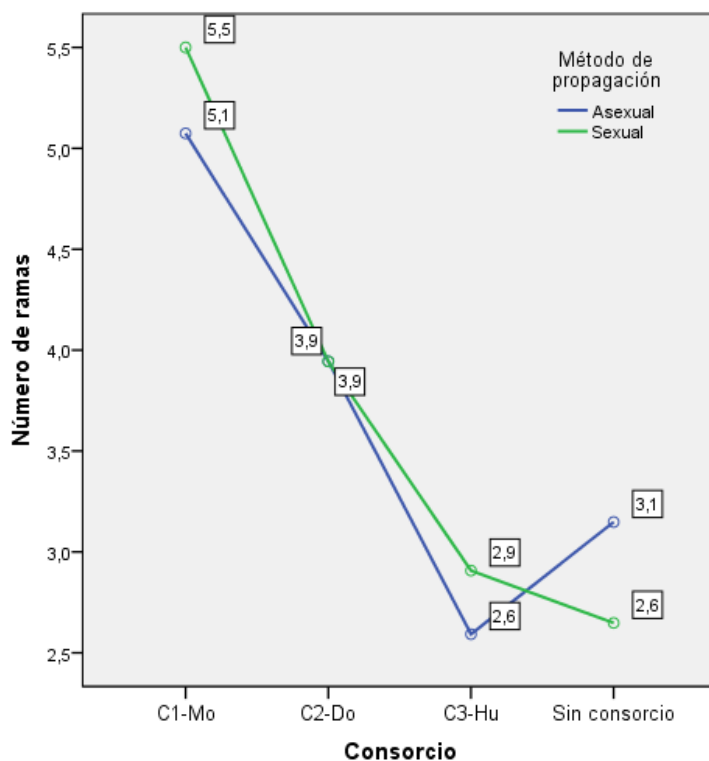


Figura 29. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para el número de ramas, evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para el número de ramas de planta (Fig. 29) se encontró diferencias significativas, método sexual asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio (5,5). Del mismo modo, el uso del método asexual y sexual asociado al consorcio C2-Do, registran los mismos promedios (3,9; ambos), sin embargo en consorcio C3-Hu se aprecia un promedio mayor de número de ramas en las plantas a través del método sexual con (2,9), finalmente los promedios más bajos del número de ramas fue por el método asexual asociado al consorcio C3-Hu, alcanzando solo 2,6 y el mismo valor en el método sexual sin consorcio.

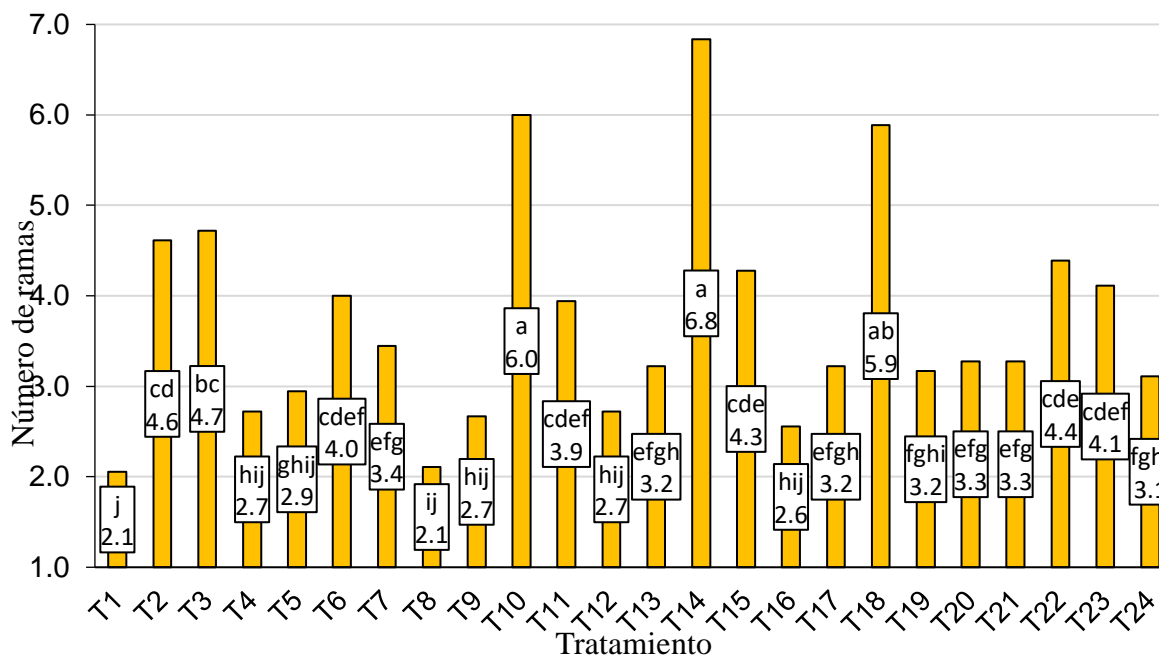


Figura 30. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación al número de ramas de cafeto. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 30 muestra la comparación de medias con la prueba de Tukey con un nivel de confianza al 95 % para la variable incremento en el número de ramas de planta. Se puede apreciar que obtuvieron los mayores promedios de número de ramas el T14 de propagación asexual alcanzando (6,8) perteneciente a la Provincia de Lamas con consorcio (C1-Mo), seguidas por el tratamiento T10 (6,0) (Lamas y C1-Mo) de propagación sexual con diferencias significativas de la provincia de Huallaga con el tratamiento T18 (5,9) (C1-Mo) que fue de propagación sexual. Así mismo el tratamiento T1 de la provincia de Moyobamba con propagación sexual (semillas botánicas) sin consorcio, presentó el menor número de ramas (2,1).

4.1.4. Número de hojas

Tabla 19. Análisis de varianza del número de hojas de la planta. Datos convertidos a \sqrt{x} .

FV	SCT	GL	SCM	F	Sig.
Provincia	14,826	2	7,413	31,092	0,000*
Método	1,974	1	1,974	8,278	0,004*
Consortio	78,786	3	26,262	110,151	0,000*
Provincia * Método	,841	2	0,421	1,764	0,173 N.S.
Provincia * Consortio	7,930	6	1,322	5,543	0,000*
Método * Consortio	9,216	3	3,072	12,885	0,000*
Provincia * Método * Consortio	31,230	6	5,205	21,831	0,000*
Error	97,274	408	0,238		
Total	242,077	431			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

a. R^2 (%) = 57,6 b. CV (%) = 11,2

En la tabla 19 se puede observar que los resultados de la provincia, método de propagación y consorcio, respecto al número de hojas de las plantas alcanzados a los 210 días de establecimiento en campo, en el análisis de varianza determinó significancia estadística entre los tratamientos, aceptándose por lo tanto el aumento del número de hojas en los plantones de la variedad pache.

El coeficiente de determinación (R^2) fue de 57,6 % y el coeficiente de variabilidad (C.V.) de 11,2 %; demostrando que existe un alto grado de significancia entre los tratamientos estudiados y el número de hojas de las plantas; estos valores se encuentran dentro del rango de aceptación para trabajos realizados en campo, corroborado a lo expuesto por Calzada (1982).

Tabla 20. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal provincia para el número de hojas, evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Provincia	Número de hojas
Huallaga	22,0 a
Lamas	17,6 c
Moyobamba	18,6 c

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En lo que respecta a las provincias, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que las hubo mayor promedio en el número de hojas de las plantas en la provincia de Huallaga, siendo 22,0; mientras que el menor promedio en el número de hojas de las plantas fue en la provincia de Lamas, alcanzando 17,6 (Tabla 20).

Tabla 21. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para el número de hojas, evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Método de propagación	Número de hojas
Asexual	20,0 a
Sexual	18,8 b

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Concerniente a los métodos de propagación, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que hubo un mayor promedio de 20,0 número de hojas en las plantas a través de la propagación asexual; mientras que el menor promedio fue 18,8 número de ramas en las plantas fue a través de la propagación sexual (Tabla 21).

Tabla 22. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para el número de hojas, evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Consorcio	Número de hojas
Sin consorcio	15,3 d
C1-Mo	25,4 a
C2-Do	20,0 b
C3-Hu	16,9 c

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Lo que se refiere a los consorcios, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, se puede apreciar que las hubo con un mayor promedio en el número de hojas de las plantas asociadas con el consorcio C1-Mo con 25,4; mientras que el promedio más bajo en número de hojas es 15,3 la cual no se aplicó consorcio a estas plantas (Tabla 22).

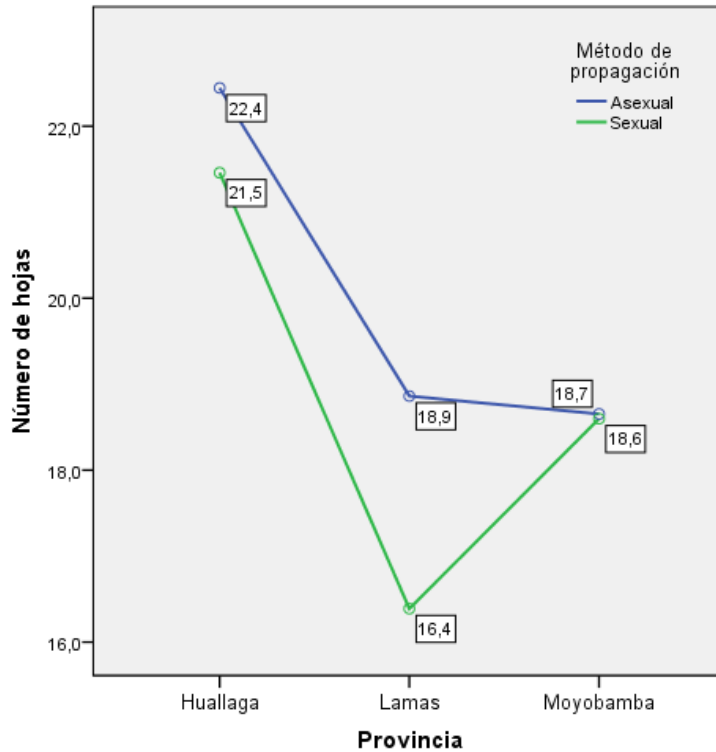


Figura 31. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para el número de hojas, evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre provincia y método de propagación para el número de hojas planta (Fig. 31) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga registra un mayor promedio (22,4) a través del método asexual siguiendo la provincia de Lamas, presentando un promedio (18,9) a través del método asexual y por último en la provincia de Moyobamba a través del método asexual se presentó mayor promedio (18,7), finalmente el menor promedio de número de hojas fue en la provincia de Lamas a través del método sexual, alcanzando sólo 16,4.

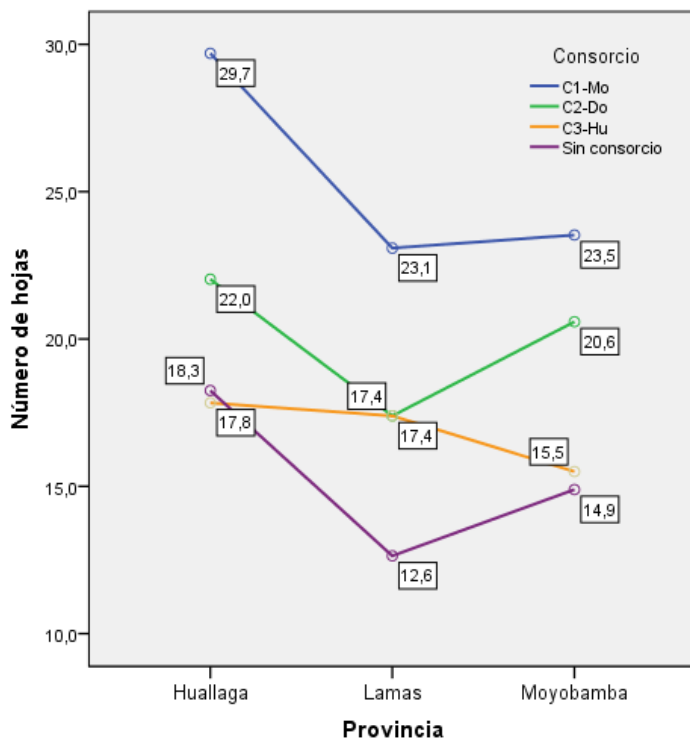


Figura 32. Efecto de interacción entre provincia y consorcio para el número de hojas, evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre provincia y consorcio para el número de hojas de la planta (Fig. 32) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio (29,7) y en la provincia de Lamas asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio (23,1), sin embargo en la provincia de Moyobamba se aprecia un promedio mayor en número de hojas de las plantas asociados al consorcio C1-Mo (23,5), y por último el menor promedio de número de hojas fue sin aplicar consorcio en la provincia de Lamas con un valor de (12,6).

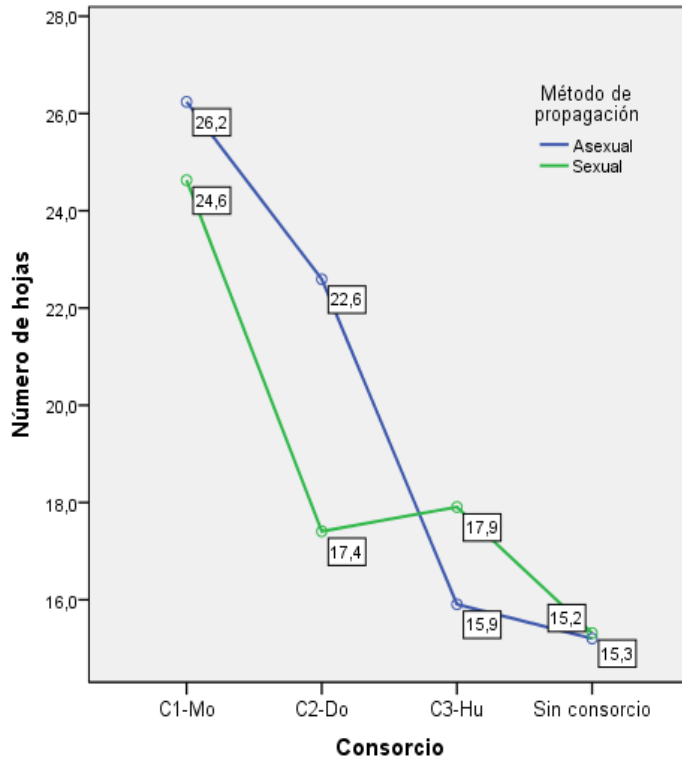


Figura 33. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para el número de hojas, evaluados a los 210 días.

Para el efecto de interacción entre método de propagación y consorcio en el número de hojas de planta (Fig. 33) se encontró diferencias significativas, en la propagación asexual asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio en el número de hojas (26,2) y de la misma propagación asociado al consorcio C2-Do, registra un promedio mayores (22,6), seguido el consorcio C3-Hu de propagación sexual se visualiza mayor número de hojas (17,9) y por último el menor promedio de número de hojas fue 15,2 sin aplicar consorcio.

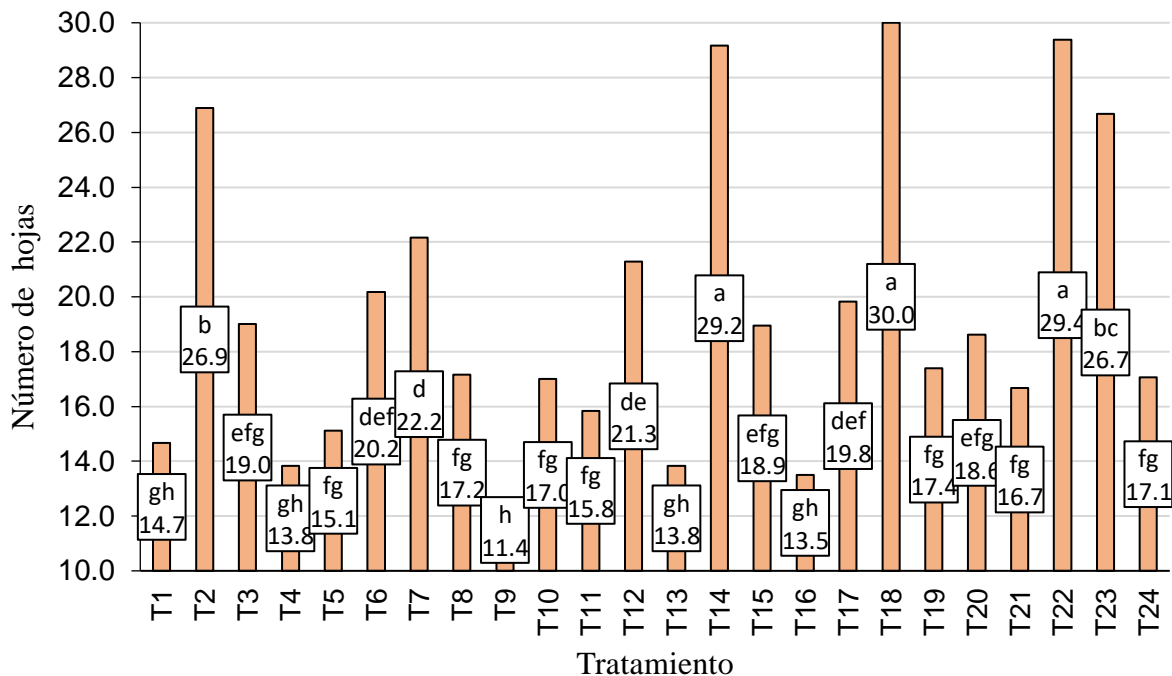


Figura 34. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación al número de hojas de cafeto. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 34 muestra la comparación de medias con la prueba de Tukey con un nivel de confianza al 95 % para la variable en el incremento de número de hojas de planta. Se observa que los mayores promedios de número de hojas es el tratamiento T18 de propagación sexual alcanzando (30,0) perteneciente a la Provincia de Huallaga con consorcio (C1-Mo), con diferencias significativas del tratamiento T22 (29,4) (Lamas y C1-Mo) de propagación sexual seguidas la provincia de Huallaga con el tratamiento T14 (29,2) (C1-Mo) que fue de propagación asexual. Así mismo el tratamiento T9 (C3-Hu) de la provincia de Lamas con propagación sexual sin aplicar ningún consorcio, presento el menor número de hojas con (11,4).

4.1.5. Frecuencia micorrízica (%)

Tabla 23. *Análisis de varianza de la frecuencia micorrízica (%). Datos convertidos arcsen $\sqrt{\%}$.*

FV	SCT	GL	SCM	F	Sig.
Provincia	1000,332	2	500,166	52,334	0,000*
Método	863,321	1	863,321	90,332	0,000*
Consortio	268,467	3	89,489	9,364	0,000*
Provincia * Método	1301,764	2	650,882	68,104	0,000*
Provincia * Consortio	442,650	6	73,775	7,719	0,000*
Método * Consortio	61,843	3	20,614	2,157	0,093 N.S.
Provincia * Método * Consortio	3021,184	6	503,531	52,686	0,000*
Error	3899,334	408	9,557		
Total	10858,895	431			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

a. R^2 (%) = 62,1 b.CV (%)= 10,9

En la tabla 23 se puede observar que los resultados de la provincia, método de propagación y consorcio, respecto a la frecuencia micorrízica (%) de las plantas alcanzados a los 210 días de establecimiento en campo, en el análisis de varianza determinó significancia estadística entre los tratamientos, aceptándose por lo tanto la frecuencia micorrízica (%) en los plantones de la variedad pache.

El coeficiente de determinación (R^2) fue de 62,1 % y el coeficiente de variabilidad (C.V.) de 10,9 %; demostrando que existe un alto grado de significancia entre los tratamientos

estudiados y la frecuencia micorrízica (%) de las plantas; estos valores se encuentran dentro del rango de aceptación para trabajos realizados en campo, corroborado a lo expuesto por Calzada (1982).

Tabla 24. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal provincia para la frecuencia micorrízica (%), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Provincia	Frecuencia micorrízica (%)
Huallaga	21,9 b
Lamas	21,4 b
Moyobamba	25,9 a

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Respecto a las provincias, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que las hubo mayor promedio en frecuencia micorrízica (25,9 %) de las plantas en la provincia de Moyobamba; mientras que el menor promedio (21,4 %) de las plantas fue en la provincia de Lamas (Tabla 24).

Tabla 25. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para la frecuencia micorrízica (%), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Método de propagación	Frecuencia micorrízica (%)
Asexual	25,1 a
Sexual	21,8 b

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Concerniente a los métodos de propagación relacionado a la frecuencia micorrízica (%), se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que hubo un mayor promedio de 25,1 % en la propagación asexual; mientras que el menor promedio 21,0 % en las plantas fue a través de la propagación sexual (Tabla 15).

Tabla 26. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para la frecuencia micorrízica (%), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Consorcio	Frecuencia micorrízica (%)
Sin consorcio	22,9 bc
C1-Mo	23,2 ab
C2-Do	24,6 a
C3-Hu	21,5 c

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Lo que se refiere a los consorcios, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, se puede apreciar que las hubo con un mayor promedio en frecuencia micorrízica (24,6 %) de las plantas asociadas con el consorcio C2-Do; mientras que el promedio más bajo es (21,5 %) del consorcio C3-Hu (Tabla 26).

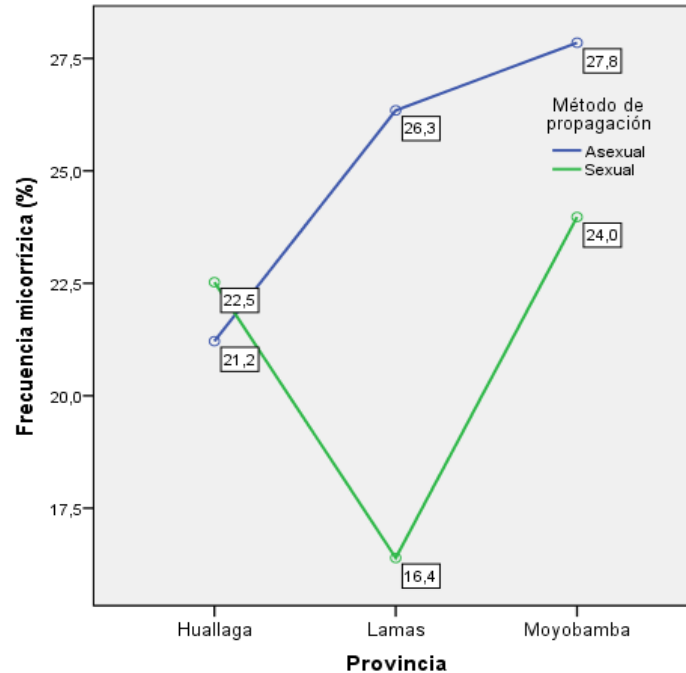


Figura 35. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para la frecuencia micorrízica (%), evaluados a los 210 días.

Para el efecto de interacción entre provincia y método de propagación para frecuencia micorrízica (%) de planta (Fig. 35) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga registra un mayor promedio (22,5 %) a través del método sexual, en cambio en la provincia de Lamas, presenta un promedio (26,3 %) a través del método asexual. Del mismo modo en la provincia de Moyobamba a través del método asexual presentó mayor promedio (27,8 %), finalmente el menor promedio (16,4 %) en la provincia de Lamas a través del método sexual.

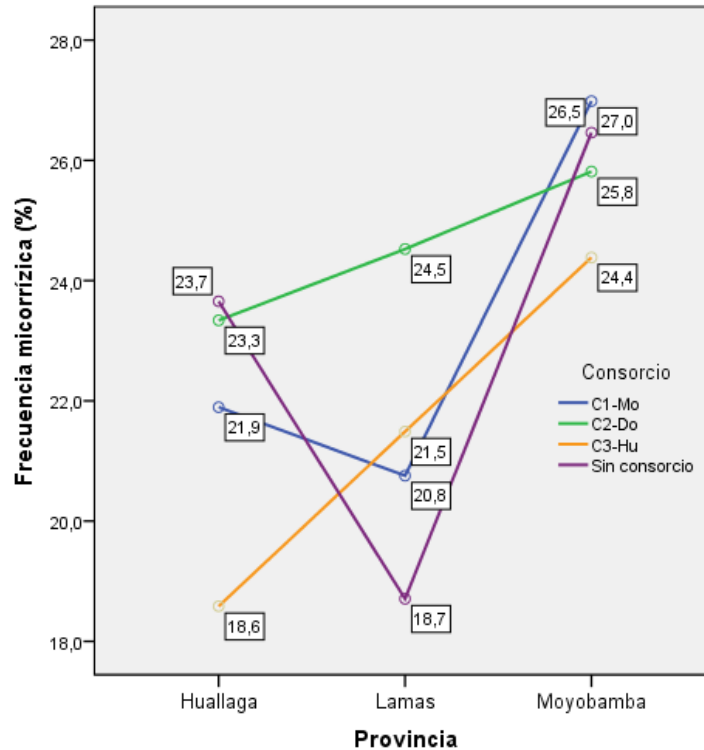


Figura 36. Efecto de interacción entre provincia y consorcio para la frecuencia micorrízica (%), evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre provincia y consorcio para la frecuencia micorrízica (%) de la planta (Fig. 36) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga sin aplicación de consorcio, registra mayor promedio (23,7 %) y en la provincia de Lamas asociado al consorcio C2-Do, registra mayor promedio (24,5 %), sin embargo en la provincia de Moyobamba se aprecia un promedio mayor de las plantas asociados al consorcio C1-Mo (26,5 %), y finalizando con un promedio menor (18,6 %) relacionado al C3-Hu en la provincia de Huallaga.

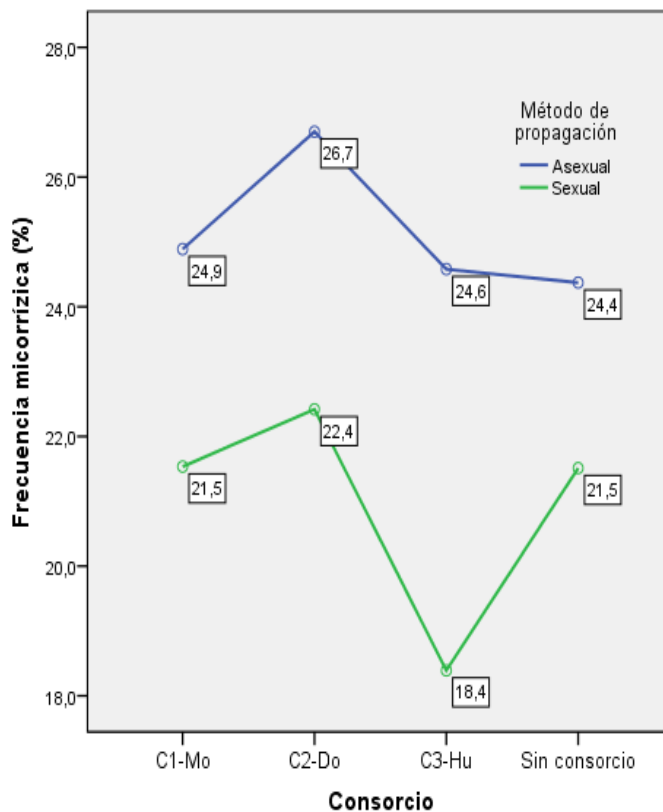


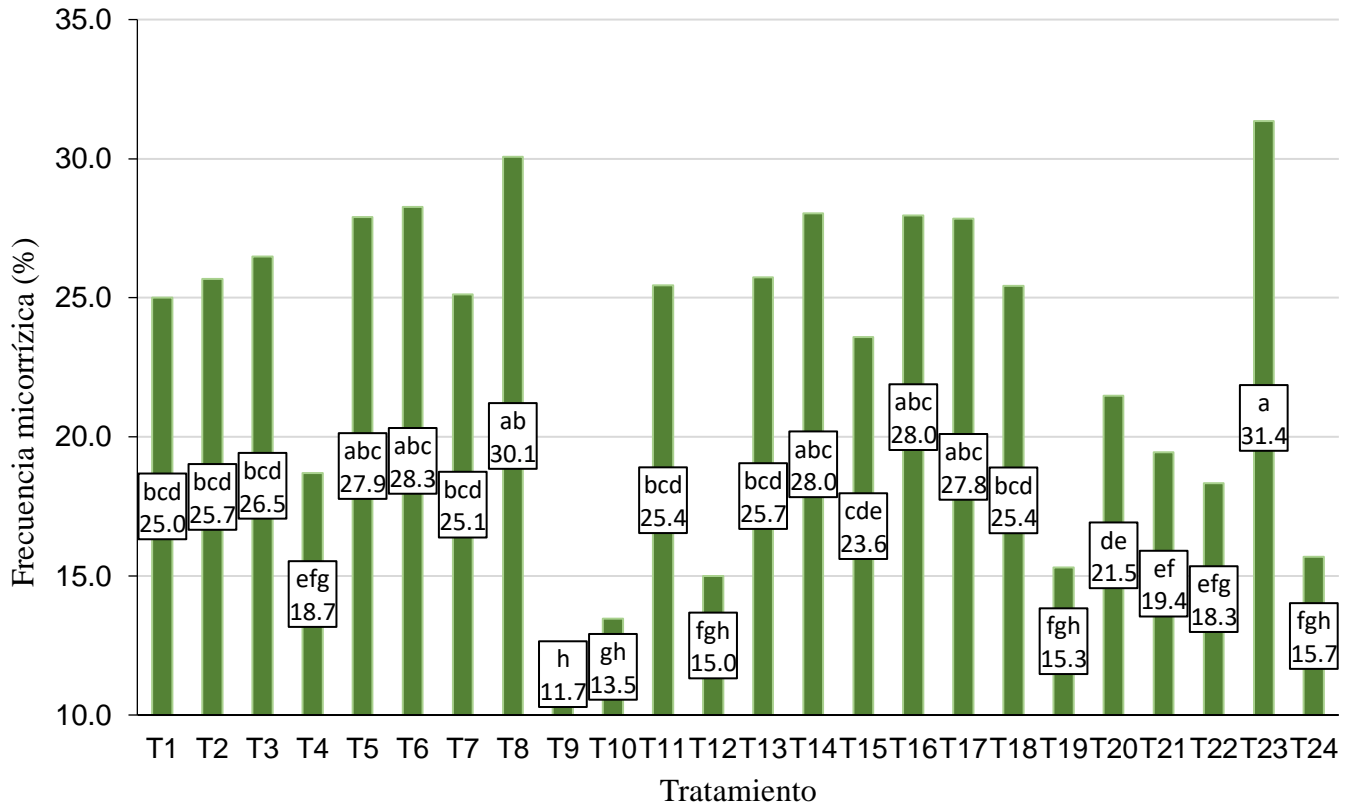
Figura 37.

Efecto de

interacción entre método de propagación y consorcio para la frecuencia micorrízica (%), evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para el frecuencia micorrízica de planta (Fig. 37) se encontró diferencias significativas, método asexual asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio (24,9 %) de frecuencia micorrízica. Del mismo modo, el uso del método asexual asociado al consorcio C2-Do, registra un mayor promedio de (26,7 %), seguido en el consorcio C3-Hu se observa que mayor promedio de plantas a través del método asexual es (24,6%), finalmente el menor promedio alcanzó solo 18,4%.

Figura 38. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación a la frecuencia micorrízica. Medias con letras diferentes difieren



estadísticamente entre sí.

La figura 38 muestra la comparación de medias con la prueba de Tukey con un nivel de confianza al 95 % para la variable de frecuencia micorrízica de planta. Se puede apreciar que el T23 (31,4 %) (C2-Do) es el tratamiento con mayor promedio en frecuencia micorrízica de propagación asexual perteneciente a la Provincia de Huallaga; asimismo continua la provincia de Moyobamba con el tratamiento T08 (30,1%) con el consorcio (C3-Hu) de propagación asexual, seguidas con diferencia significativa por el tratamiento T06 (28,3 %) (Lamas y C1-Mo) de propagación asexual. Así mismo el que presenta menor promedio fue del tratamiento T09 (11,7 %) (C3-Hu) de la provincia de Lamas con propagación sexual sin aplicar ningún consorcio.

4.1.6. Intensidad micorrízica (%)

Tabla 27. Análisis de varianza de la intensidad micorrízica (%). Datos convertidos $\arcsen \sqrt{\%}$.

FV	SCT	GL	SCM	F	Sig.
Provincia	107,182	2	53,591	15,175	0,000*
Método	867,283	1	867,283	245,582	0,000*
Consortio	273,729	3	91,243	25,837	0,000*
Provincia * Método	2663,742	2	1331,871	377,136	0,000*
Provincia * Consortio	287,761	6	47,960	13,581	0,000*
Método * Consortio	350,122	3	116,707	33,047	0,000*
Provincia * Método * Consortio	1138,049	6	189,675	53,709	0,000*
Error	1440,869	408	3,532		
Total	7128,738	431			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

a. R^2 (%) = 78,6 b.CV (%)= 13,3

En la tabla 27 se puede observar que los resultados de la provincia, método de propagación y consorcio, respecto a la intensidad micorrízica (%) de las plantas alcanzados a los 210 días de establecimiento en campo, en el análisis de varianza determinó significancia estadística entre los tratamientos, aceptándose por lo tanto la intensidad micorrízica (%) en los plantones de la variedad pache.

El coeficiente de determinación (R^2) fue de 78,6 % y el coeficiente de variabilidad (C.V.) de 13,3 %; demostrando que existe un alto grado de significancia entre los tratamientos estudiados y la intensidad micorrízica (%) de las plantas; estos valores se encuentran dentro del

rango de aceptación para trabajos realizados en campo, corroborado a lo expuesto por Calzada (1982).

Tabla 28. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal provincia para la intensidad micorrízica (%), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Provincia	Intensidad micorrízica (%)
Huallaga	5,7 b
Lamas	6,9 a
Moyobamba	6,5 a

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Respecto a las provincias, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que las hubo mayor promedio de intensidad micorrízica (6,9 %) de las plantas en la provincia de Lamas; mientras que el menor promedio (5,7 %) de las plantas fue en la provincia de Huallaga (Tabla 28).

Tabla 29. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para la intensidad micorrízica (%), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Método de propagación	Intensidad micorrízica (%)
Asexual	7,5 a
Sexual	5,2 b

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Concerniente a los métodos de propagación relacionado a la intensidad micorrízica (%), se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que hubo un mayor

promedio de 7,5 % en la propagación asexual; mientras que el menor promedio 5,2 % en las plantas fue a través de la propagación sexual (Tabla 29).

Tabla 30. *Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para la intensidad micorrízica (%), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.*

Consorcio	Intensidad micorrízica (%)
Sin consorcio	6,5 b
C1-Mo	6,2 bc
C2-Do	7,1 a
C3-Hu	5,7 c

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Lo que se refiere a los consorcios, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, se puede apreciar que las hubo con un mayor promedio en intensidad micorrízica (7,1 %) de las plantas asociadas con el consorcio C2-Do; mientras que el promedio más bajo es (5,7 %) del consorcio C3-Hu (Tabla 30).

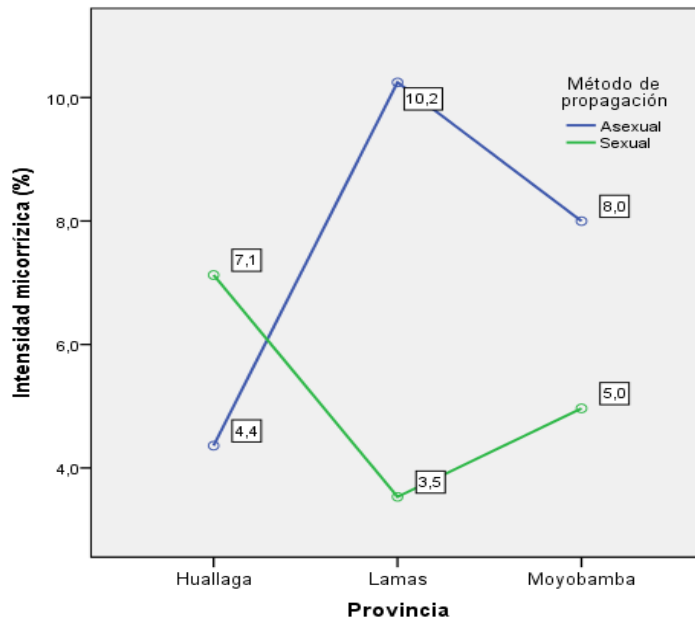


Figura 39. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para la intensidad micorrízica (%), evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre provincia y método de propagación para intensidad micorrízica (%) de planta (Fig. 39) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga registra un mayor promedio (7,1 %) a través del método sexual y en la provincia de Lamas presentando un promedio (10,2 %) a través del método asexual. Del mismo modo en la provincia de Moyobamba con un mayor promedio de (8,0 %), finalmente el menor promedio (3,5 %) en la provincia de Lamas a través del método sexual.

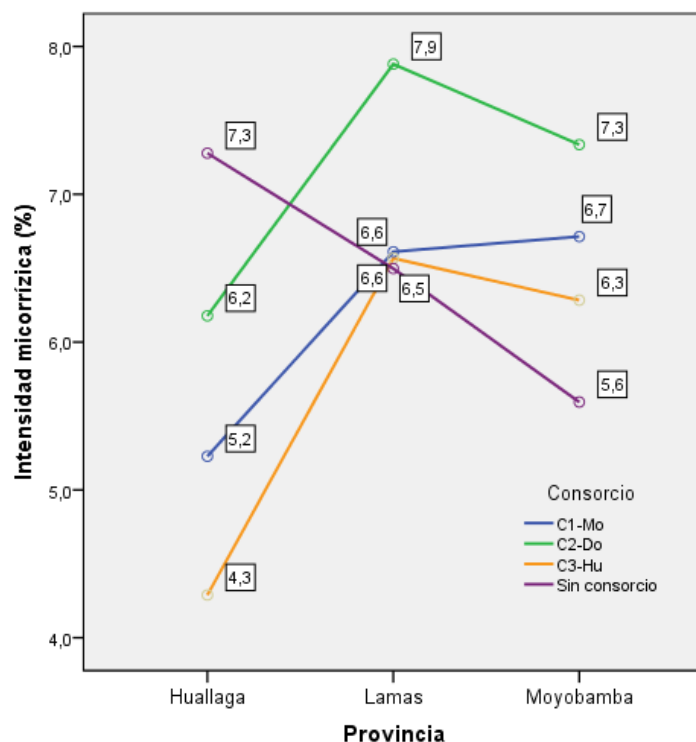


Figura 40. Efecto de interacción entre provincia y consorcio para la intensidad micorrizica (%), evaluados a los 210 días

Para efecto de interacción entre provincia y consorcio para intensidad micorrizica (%) de la planta (Fig. 40) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga sin aplicación de consorcio, registra mayor promedio (7,3 %) y en la provincia de Lamas asociado al consorcio C2-Do, registra mayor promedio (7,9 %), del mismo modo en la provincia de Moyobamba se aprecia un promedio mayor de las plantas asociados al consorcio C2-Do (7,3 %), y finalizando con un promedio menor (4,3 %) relacionado al C3-Hu en la provincia de Huallaga.

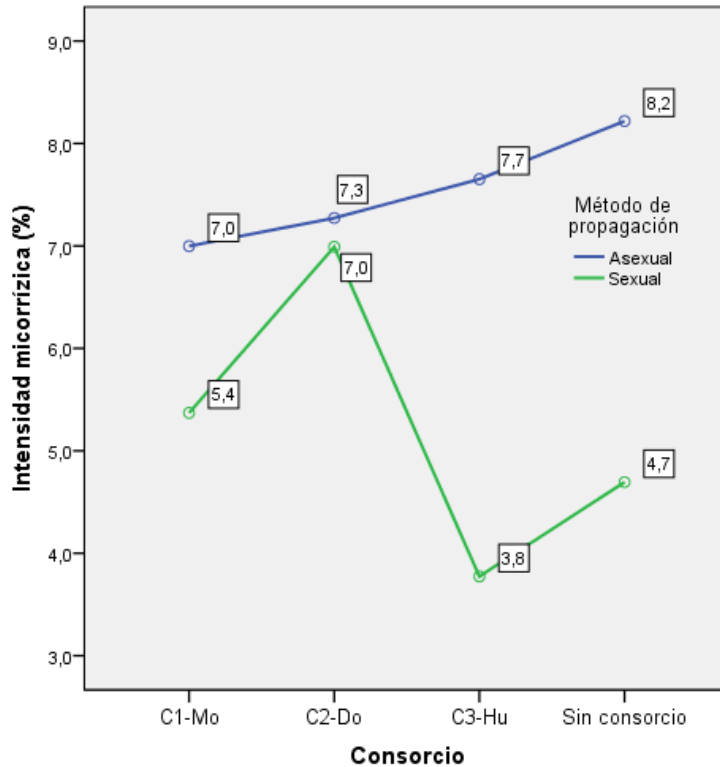


Figura 41. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para la intensidad micorrízica (%), evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para el intensidad micorrízica de planta (Fig. 41) se encontró diferencias significativas, método asexual asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio (7,0 %) de intensidad micorrízica. Del mismo modo, el uso del método asexual asociado al consorcio C2-Do, registra un mayor promedio de (7,3 %), seguido en el consorcio C3-Hu se observa que mayor promedio de plantas a través del método asexual es (7,7%), finalmente el C3-Hu con menor promedio alcanzó solo 3,8%.

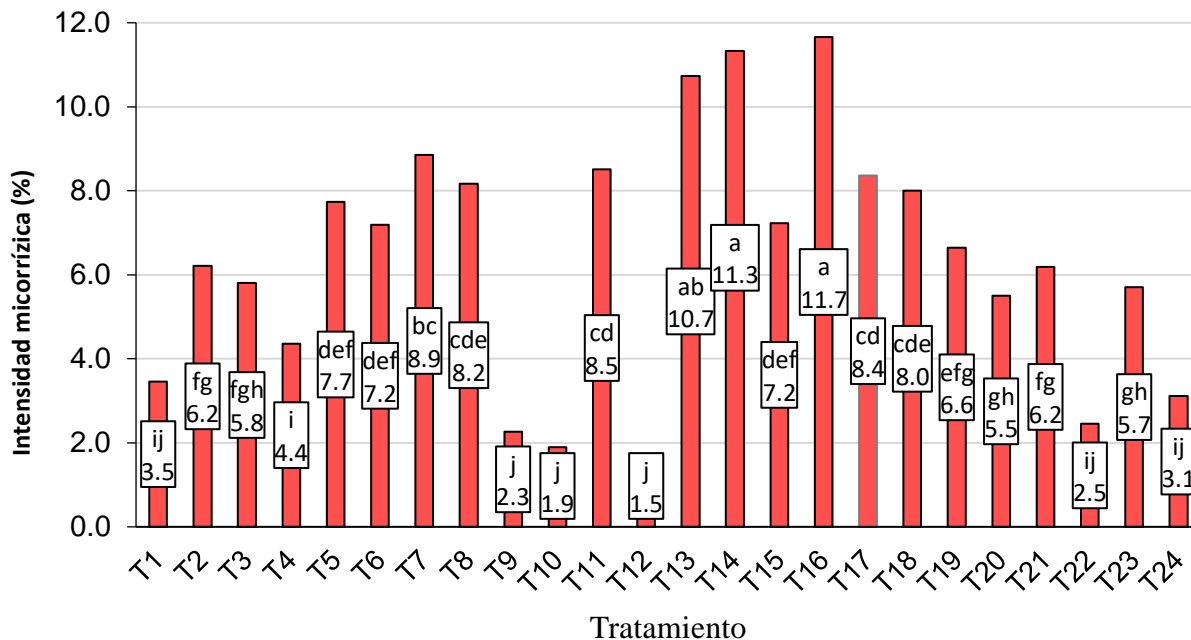


Figura 42. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación a la intensidad micorrízica. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 42 muestra la comparación de medias con la prueba de Tukey con un nivel de confianza al 95 % para la variable de frecuencia micorrízica de planta. Se puede apreciar que el T16 (11,7 %) con el consorcio (C3-Hu) es el tratamiento con mayor promedio en frecuencia micorrízica de propagación asexual perteneciente a la Provincia de Lamas; asimismo continua el tratamiento T14 (11,3 %) (C1-Mo) de propagación asexual, seguidas por el tratamiento T13 (10,7 %) (Lamas y sin consorcio) de propagación asexual. Así mismo el que presentó menor promedio fue del tratamiento T12 (1,5%) (C3-Hu) de la provincia de Lamas con propagación sexual sin aplicar ningún consorcio.

4.1.7. Longitud de micelio extraradicular (cm).

Tabla 31. *Análisis de varianza de la longitud de micelio extraradicular (cm).*

FV	SCT	GL	SCM	F	Sig.
Provincia	1106,893	2	553,446	7,072	0,001*
Método	1989,188	1	1989,188	25,417	0,000*
Consortio	15034,348	3	5011,449	64,033	0,000*
Provincia * Método	13843,043	2	6921,522	88,439	0,000*
Provincia * Consortio	11213,120	6	1868,853	23,879	0,000*
Método * Consortio	13744,377	3	4581,459	58,539	0,000*
Provincia * Método * Consortio	8355,323	6	1392,554	17,793	0,000*
Error	31931,414	408	78,263		
Total	97217,707	431			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

a. R^2 (%) = 65,3 b.CV (%)= 19,3

En la tabla 31 se puede observar que los resultados de la provincia, método de propagación y consorcio, respecto a la longitud de micelio extraradicular (cm) de las plantas alcanzados a los 210 días de establecimiento en campo, en el análisis de varianza determinó significancia estadística entre los tratamientos, aceptándose por lo tanto la intensidad micorrízica (cm) en los plantones de la variedad pache.

El coeficiente de determinación (R^2) fue de 65,3 % y el coeficiente de variabilidad (C.V.) de 19,3 %; demostrando que existe un alto grado de significancia entre los tratamientos estudiados y longitud de micelio extraradicular (cm) de las plantas; estos valores se encuentran

dentro del rango de aceptación para trabajos realizados en campo, corroborado a lo expuesto por Calzada (1982).

Tabla 32. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal provincia para la longitud de micelio extraradicular (cm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Provincia	Longitud de micelio extraradicular (cm)
Huallaga	46,6 a
Lamas	47,4 a
Moyobamba	43,7 b

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Respecto a las provincias, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia que en la provincia de Lamas hubo mayor promedio (47,4 %) en longitud de micelio extraradicular de las plantas, en cambio la provincia de Moyobamba obtuvo el menor promedio (43,7 %) en la (Tabla 32).

Tabla 33. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal método de propagación para la longitud de micelio extraradicular (cm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Método de propagación	Longitud de micelio extraradicular (cm)
Asexual	48,0 a
Sexual	43,7 b

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Concerniente a los métodos de propagación relacionada a la longitud de micelio extraradicular (cm), se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, además se aprecia

que hubo un mayor promedio de 48,0 % en la propagación asexual; mientras que el menor promedio 43,7 % en las plantas fue a través de la propagación sexual (Tabla 33).

Tabla 34. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el efecto principal consorcio para la longitud de micelio extraradicular (cm), evaluados a los 210 días. Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Consorcio	Longitud de micelio extraradicular (cm)
Sin consorcio	36,4 c
C1-Mo	47,6 b
C2-Do	52,6 a
C3-Hu	47,0 b

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Lo que se refiere a los consorcios, se confirma la diferencia significativa entre sus niveles, se puede apreciar que las hubo con un mayor promedio en longitud de micelio extraradicular (52,6 cm) de las plantas asociadas con el consorcio C2-Do; mientras que el promedio más bajo es (36,4 %) sin consorcio (Tabla 34).

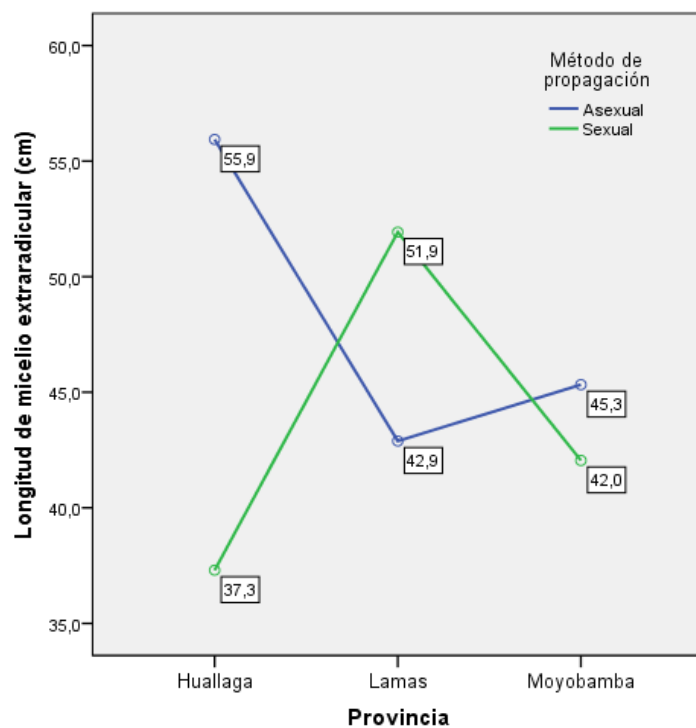


Figura 43. Efecto de interacción entre provincia y método de propagación para la longitud de micelio extraradicular (cm), evaluado a los 210 días.

Para efecto de interacción entre provincia y método de propagación en la longitud de micelio extraradicular (cm) de planta (Fig. 43) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga registra un mayor promedio (55,9 cm) a través del método asexual, pero en la provincia de Lamas, presento un promedio (51,9 cm) a través del método sexual; sin embargo en la provincia de Moyobamba a través del método asexual se presentó mayor promedio (45,3 cm), finalmente el promedio menor (37,3 cm) en la provincia de Huallaga a través del método sexual.

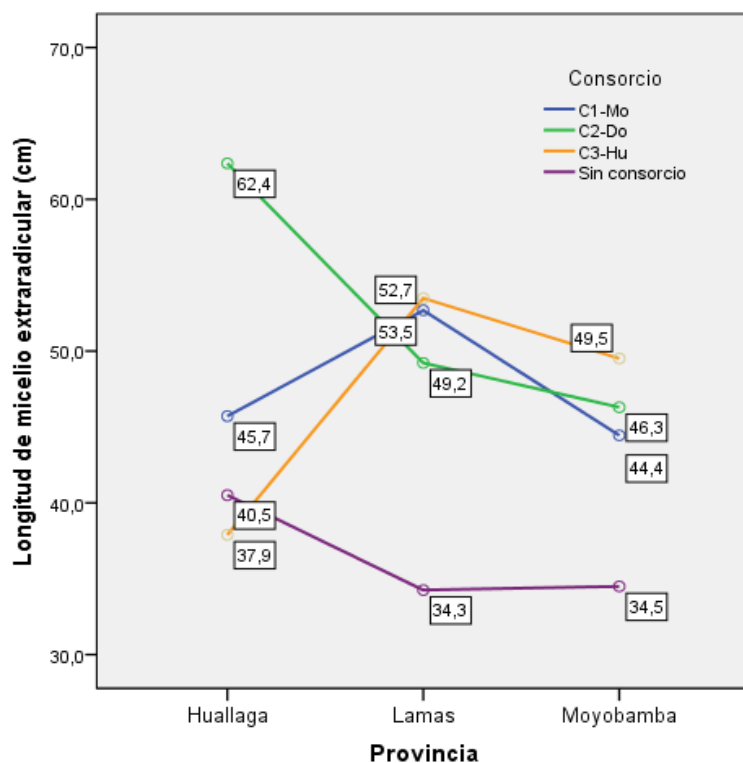


Figura 44. Efecto de interacción entre provincia y consorcio para la longitud de micelio extraradicular (cm), evaluado a los 210 días.

Para efecto de interacción entre provincia y consorcio en la longitud del micelio extraradicular (cm) de la planta (Fig. 44) se encontró diferencias significativas, la provincia de Huallaga sin aplicación de consorcio, registra mayor promedio (62,4 cm) y en la provincia de Lamas asociado al consorcio C3-Hu registra mayor promedio (52,7 cm), y concerniente a la provincia de Moyobamba se aprecia un promedio mayor de las plantas asociados al consorcio C3-Hu (49,5 cm), y finalizando con un promedio menor (34,3 cm) sin consorcio en la provincia de Lamas.

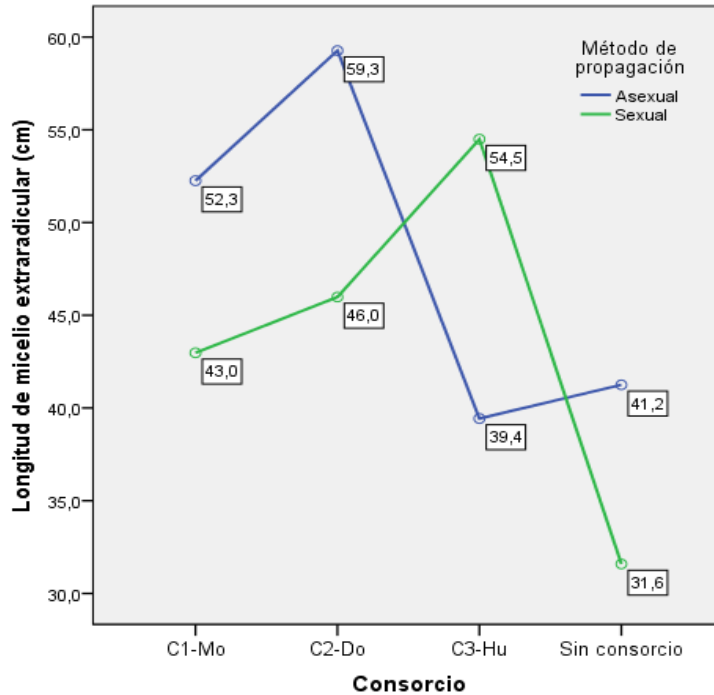


Figura 45. Efecto de interacción entre método de propagación y consorcio para la longitud de micelio extraradicular (cm), evaluados a los 210 días.

Para efecto de interacción entre método de propagación y consorcio la longitud del micelio extraradicular de planta (Fig. 45) se encontró diferencias significativas, propagación asexual asociado al consorcio C1-Mo, registra mayor promedio (52,3 cm) de longitud de micelio. Del mismo modo, el uso de propagación asexual asociado al consorcio C2-Do, registra un mayor promedio de (59,3 cm), sin embargo en el consorcio C3-Hu se observa que mayor promedio de plantas a través de propagación sexual es (54,5 cm), finalmente el menor promedio sin consorcio alcanzó solo 31,6 cm.

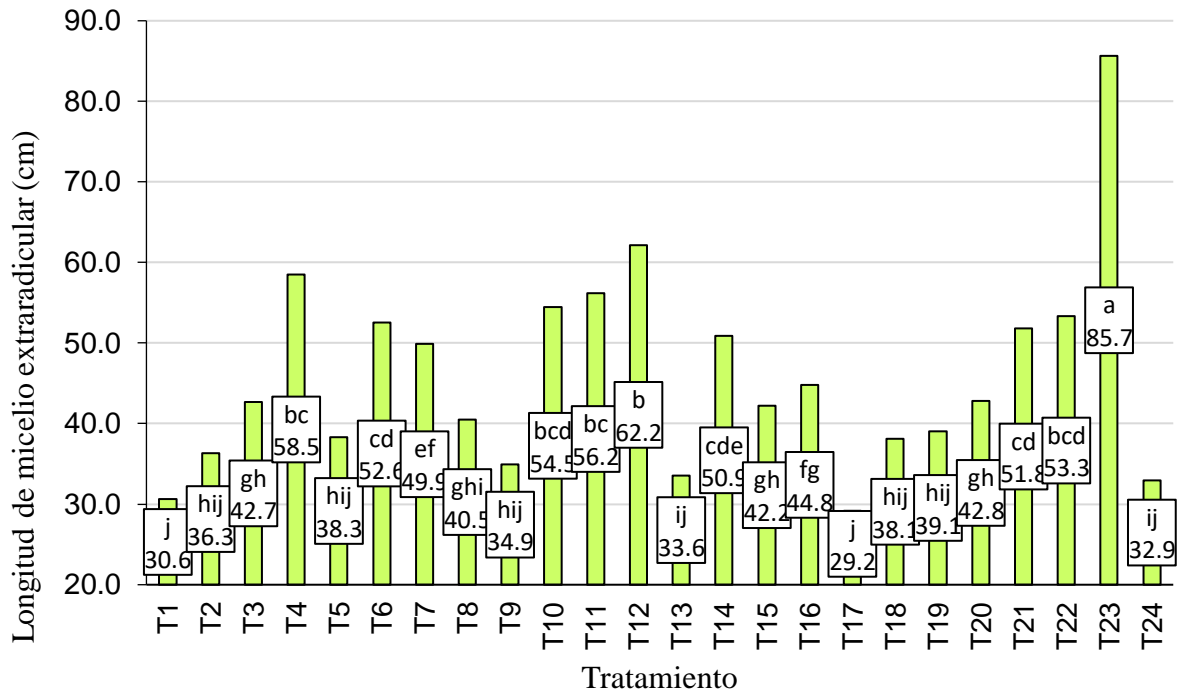


Figura 46. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción provincia, método de propagación y consorcio en relación a la longitud de micelio extraradicular (cm). Medias con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 46 muestra la comparación de medias con la prueba de Tukey con un nivel de confianza al 95 % para la variable de la longitud de micelio extraradicular (cm) de planta correspondiente a las plantas de café de variedad pache. Se puede apreciar que el T23 (85,7 cm) del consorcio (C2-Do) es el tratamiento con mayor promedio en la propagación asexual perteneciente a las parcelas experimentales de la Provincia de Huallaga; asimismo continua la provincia de Lamas con el tratamiento T12 (62,2 cm) (C3-Hu) de propagación sexual, seguidas la provincia de Moyobamba por el tratamiento T04 (58,5 cm) (C3-Hu) de propagación sexual. Así mismo el que presenta menor promedio fue del tratamiento T17 (29,2 cm) sin consorcio de la provincia de Huallaga con propagación sexual.

4.2. Discusión

4.2.1. Altura de la planta

Los resultados obtenidos en el estudio indican que en la altura de la planta dependen de la provincia dónde se implantó el ensayo, el método de propagación, y el origen del consorcio, (Carreón, 2001) indicó que las variable altura se incrementó a partir de los 45 días de iniciado el experimento en plantas de zarzamora (*Rubus fruticosus* var. brazos).

En un estudio (Pulido, *et al*, 2003) en un estudio de biofertilización con 4 y 5 especies respectivamente de rizobacterias RPCM y HMA en la producción de tomate y cebolla, crecimiento vegetativo, los resultados indicaron que, para el tomate, en relación con la inoculación con HMA, las especies *Glomus clarum*, *G. fasciculatum* y *G. mosseae*, para ambos cultivos, produjeron posturas con valores de altura y longitud radical considerados óptimos; incluso con las coinoculaciones de RPCV + HMA se lograron posturas de calidad superior a la alcanzada con las mejores variantes de inoculación simple, destacándose las combinaciones de *G. clarum* y *G. fasciculatum* con *A. brasilense* para el tomate y de *G. clarum* y *G. fasciculatum* con *A. chroococcum* para la cebolla.

En el presente estudio los resultados indican que en la provincia de Huallaga las plantas de cafeto se adaptaron mejor a comparación de las plantas de las provincias de Lamas y Moyobamba, teniendo el mayor promedio de altura con 23, 9 cm; con respecto al método de propagación presentó mayor índice de altura con la reproducción asexual 21,4 cm, siguiendo la provincia de Lamas con 18,8 cm de altura y la provincia de Huallaga con 18,6 cm de altura; por otro lado, relacionado al origen de las micorrizas (consorcio) las plantas de cafeto demostraron mayor efectividad con el C1-Mo (consorcio extraído de la provincia de Moyobamba) con un altura promedio de 24, 6 cm, seguido por la provincia de Lamas que demostró mayor promedio

de altura con el C1.Mo, sin embargo en la provincia de Moyobamba se registró mayor índice de altura con el C2-Do (consorcio extraído del dorado), cabe destacar que en cada provincia las condiciones climáticas difieren en un menor porcentaje, así que no se podría considerar el factor climático como un indicador predominante.

En otro estudio en especie gramínea (Ordoñez, 2015) que estudió los efectos de inóculos de HMA en el rendimiento de caña de azúcar, los resultados mostraron un efecto positivo en el rendimiento de caña en toneladas por hectárea, concentración de sacarosa, rendimiento de azúcar en toneladas por hectárea, altura y población.

(Escalona, 2002) Indica que la interacción de café (*coffea arabica* L.) con HMA en vivero el cual indicó una tendencia a disminuir los efectos de las enfermedades, debido a que las plantas inoculadas con HMA mejoran la eficiencia respiratoria de la planta, adicional a ello un buen crecimiento explican la tolerancia a los patógenos, por lo tanto se considera un indicador importante la altura de la planta esto indicará el ritmo de crecimiento de la planta que se debe fortalecer frente a la presencia de patógenos.

4.2.2. Diámetro de la planta

El diámetro del tallo de las plantas alcanzados a los 210 días de establecido el ensayo en campo según los resultados dependen de la procedencia de HMA nativos, independientemente de la provincia donde se estableció y método de propagación que se aplicó, tal y como las plantas de café presentaron mayor altura en la provincia de Huallaga, así también el mayor promedio de diámetro se desarrolló en esta provincia, siendo en menor promedio en la provincia de Lamas, alcanzando los 4,9 mm, esto indica que la altura no es determinante para el diámetro del tallo de las plantas de café, puesto que en la provincia de Moyobamba se obtuvo la menor altura pero está en segundo lugar en diámetro del tallo, esto puede deberse a la calidad de suelo de cada

provincia; las plantas de café que fueron propagadas por el método asexual mostraron mayor índice de diámetro, teniendo como promedio 5,6 mm a 210 de establecido el ensayo a diferencia del método de propagación asexual que se registró un promedio de 4,8 mm de diámetro del tallo; con respecto al consorcio hubo mayor promedio de diámetro en las plantas asociadas con el C1-Mo con 6,3 mm de diámetro el cual representa un 40 % de crecimiento mayor en relación al testigo que no fue inoculado con HMA y el menor promedio de diámetro en el tallo fue presentado por el C3-Hu el cuál no demostró ninguna diferencia con el promedio del diámetro del consorcio testigo, indicando que el C3-Hu no tuvo ninguna influencia en el diámetro del tallo del café.

(Sánchez, *et al.*, 2000) En el estudio de inoculación de HMA sobre producción de posturas de cafetos, se evaluó la altura, diámetro del tallo, pares de hojas, área foliar, masa seca aérea, masa seca raíz, masa seca total y concluyó que los mayores efectos se generó en la masa seca, el área foliar, y la altura de las plantas, con cepas *Glomus manihotis*, *Glomus intraradices* y *Acaulospora. Scrobiculata*.

4.2.3. Número de ramas

En el provincia de Lamas se encontró el mayor promedio de número de ramas 4,0; lo cual indica mayor vigorosidad frente a los tratamientos de las provincias de Huallaga con promedio 3,8 y Moyobamba con promedio 3,3; esto indica el número de ramas es independiente de la altura y diámetro de la planta; asimismo tenemos mayor índice de ramas por reproducción sexual, con 3,8 frente a la asexual 3,7 que presenta una mínima diferencia, esto quiere decir que el número de ramas es independiente del método de reproducción que se emplee, sin embargo ambos métodos son recomendables para esta variable; con relación al consorcio el mayor número de ramas los presentaron las plantas inoculadas con el C1-Mo con un promedio de 5.3

ramas por plantas y frente al testigo que no fue inoculado presenta un 83% más de incremento de número de ramas por planta, sin embargo el menor índice de ramas por planta lo presentó el consorcio C3-Hu con un promedio de 2.8 ramas por planta incluso menor que la planta testigo, por lo tanto dicho consorcio no es efectivo para aumentar el número de ramas de las plantas de café. (Falcón, *et al*, 2013) establecieron un estudio en vivero en bolsas de polietileno con la especie forestal *Swietenia mahagoni* L. Jacq. (Caoba del país) y *Lysiloma lastisiliquum* Benth. (Soplillo) con un DBCA, con el objetivo de evaluar los efectos de la aplicación de dos cepas de HMA en dos tipos de suelo, se aplicó 10 g de HMA, se midió altura, diámetro del tallo, conteo del número de hojas, ancho de copa, por ciento de infección micorrízico, densidad visual y masa del endófito arbuscular. Los resultados evidenciaron una respuesta positiva a la inoculación al existir diferencias con el testigo no inoculado. En menor o en mayor incidencia en otros estudios se ha demostrado que si influencia la inoculación de HMA en el suelo para las variables, altura, diámetro, número de hojas, de las plantas.

4.2.4. Número de hojas

El número de hojas presentó mayor aumento en los plantones de la variedad de café pache, en relación a la provincia, las plantas que presentaron mayor número de hojas fueron en la provincia de Huallaga, con 22 hojas promedio por planta de café pache, seguido de la provincia de Moyobamba con 18,6 hojas promedio por planta de café pache, siendo el menor promedio en la provincia de Lamas, se relaciona el número de hojas con la altura y el diámetro de la planta, en este caso las plantas que presentaron mayor promedio de hojas por planta fueron los que se reprodujeron por método asexual, respecto al consorcio se obtuvo mayor promedio de número de hojas con el C1-Mo con un promedio de 25,4 de hojas por planta de café pache, demostrando un 66% más de hojas por planta frente al testigo que tiene un promedio de 15,3 de

hojas por planta y el consorcio C3-Hu presenta el menor promedio de hojas por planta con 16,9, es decir, sólo un 10,5 % más hojas por planta frente al testigo.

(Falcón, *et al*, 2013) en un estudio en especies forestales demostraron también que si existe influencia por la inoculación de HMA en el suelo para la variable número de hojas, de las plantas.

4.2.5. Frecuencia micorrízica (%), intensidad micorrízica (%), longitud de micelio extraradicular (cm).

Se obtuvo mayor porcentaje de frecuencia micorrizica en la provincia de Moyobamba con 25,9 %, quiere decir que en esa condiciones ecológicas los HMA se presentan con mayor frecuencia en el conteo lineal en las raíces a nivel microscópico, y menor frecuencia micorrizica en la provincia de Lamas con 21,4% lo cual, indica que en estas condiciones ecológicas es menor la frecuencia de los HMA; sin embargo en un estudio de la diversidad de HMA nativos y su potencial micorrizico en el cultivo de café en diferentes condiciones agroecológicas de la región San Martín, se concluyó que el consorcio de la provincia de Lamas presentó el valor más alto para densidad de esporas (2055 esporas/10 g de suelo) y riqueza morfológica (27 morfotipos/muestra evaluada, luego el consorcio de la provincia de Moyobamba, seguido de el Dorado, además en este estudio se determinó que las variables de altitud y variedad, no mostraron influencia significativa en la colonización micorrizica en el cultivo de café y que su desarrollo es directamente proporcional con las características físico-químicas (pH, N, P y % arena) del suelo y parámetros ecológicos de las zonas de estudio,

También se evaluó mayor porcentaje de frecuencia micorrizicas en las plantas que fueron reproducidas por el método asexual con un 25,1% y con el método de reproducción sexual hubo un 21% de frecuencia micorrizica, por otro lado, con respecto al consorcio la frecuencia

micorrizica fue mayor en C1-Mo con 23,2% y menor en el consorcio C3-Hu presentando un valor porcentual incluso menor que el testigo.

(Román, 2003) Se estudió la contribución de los HMA en el incremento de la concentración de los reguladores de crecimiento vegetal en plantas de Chile (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de invernadero. Se registró un 44% de colonización micorrízica en chile mirasol y un 42,4% en chile ancho, el cual tuvo un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo, expresado en mayor altura, número de hojas, áreas foliar, peso fresco total y número de frutos, además se incrementó en un 80% la producción de frutos, esto indica que la simbiosis micorrizica tiende a modificar la concentración hormonal en las plantas que favorece el desarrollo y rendimiento de las mismas.

La intensidad micorrízica es un indicador de la abundancia de los HMA en una muestra de portaobjeto, en el conteo se encontró una mayor intensidad en las plantas del ensayo la provincia de Lamas, el cual coincide con el estudio anterior que se realizó en los HMA de Lamas con 6,9% promedio, seguida de Moyobamba 6,5 % promedio, presentando la menor intensidad en la provincia de Huallaga con 5.7%; el cual indica que la intensidad micorrizica es independiente de los factores físicos de la planta; la intensidad micorrizica se presentó en mayor porcentaje en las plantas que fueron reproducidas por método asexual, con un 7.5% promedio de intensidad; la intensidad micorrizica se mostró en mayor porcentaje con 7.1% con el consorcio de el Dorado C2-Do, nuevamente podemos decir que la intensidad micorrizica lo determina la calidad del suelo

(Carreón, 2001) determinó que los experimentos en invernadero presentó mayor producción durante el desarrollo vegetativo de *vicia sativa*, la estructura de hifas y micelio fue la más frecuente encontrada durante el experimento, con la micorrización de plantas

micropropagadas de zarzamora que fueron inoculadas con el complejo de HMA en la fase inicial de trasplante y aclimatación se logró un alto porcentaje de supervivencia (100%) durante 120 días de experimento.

La longitud del micelio extraradicular es un indicador del crecimiento y desarrollo de los HMA, en el estudio podemos resaltar que los HMA que demostraron mayor crecimiento fueron en la provincia de Lamas con un promedio de 47,4 cm por planta, seguido de la provincia de Huallaga con un promedio de 46,6 cm por planta, las diferencias existentes son mínimas, presentan mayor longitud las plantas que fueron propagadas por reproducción asexual; el consorcio C2-Do fue el que mayor longitud promedio del micelio extraradicular con 52,6 cm, el cual es directamente proporcional con la intensidad micorrizica

(Mujica & Fuentes, 2012) En su estudio del efecto de los HMA en la fertilización de tomates frente a estrés abiótico, concluyeron que la inoculación de los HMA a diferentes concentraciones en semillero demostró un rendimiento favorable del cultivo en función de la época de siembra no óptima, quiere decir los HMA inciden directamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los HMA nativos en plantas de café de variedad pache presentaron mayor efecto en las condiciones ecológicas de la provincia de Huallaga con el consorcio C1-Mo (Moyobamba), que fueron propagadas por el método de reproducción asexual, en segundo lugar en las condiciones ecológicas de la provincia de Lamas con el consorcio C1-Mo (Moyobamba) por método de reproducción asexual, en tercer lugar en las condiciones ecológicas de la provincia de Moyobamba con el consorcio C1-Mo (Moyobamba) por método de reproducción asexual.
- Las plantas de café de la variedad de pache presentaron las siguientes características morfológicas después la aplicación del HMA: respecto a la altura promedio fue mayor en la provincia de Huallaga por el método de reproducción asexual con 23,9 cm por planta, y con la aplicación del C1-Mo presentó mayor promedio de altura 24,6 cm por planta; el diámetro promedio mayor fue en la provincia de Huallaga por el método de reproducción asexual con 5,7 mm por planta y con la aplicación del C1-Mo presentó mayor promedio de diámetro por planta 6,3 mm por planta; el número de ramas tuvo mayor promedio en la provincia de Lamas por el método de reproducción sexual con 4 ramas por planta y con la aplicación del C1-Mo presentó mayor promedio con 5,3 ramas por planta; el número de hojas promedio más alto se presentó en la provincia de Huallaga con 17,6 hojas por planta por el método de reproducción asexual y con la aplicación del C1-Mo presentó mayor

promedio con 25,4 hojas por planta; por lo tanto las condiciones ecológicas de la provincia Huallaga sumado a la aplicación de los HMA del consorcio C1-Mo (Moyobamba) influyen en las características morfológicas de las plantas de café de la variedad pache.

- Los HMA nativos se mostraron con mayor capacidad infectiva en la provincia de Moyobamba con una frecuencia micorrízica de 25,9% , con la aplicación del consorcio C2-Do que mostró mayor porcentaje con 24,6% y la intensidad micorrízica en la provincia de Lamas con 6,9% con la aplicación del consorcio C1-Mo con 7,1%; con relación a la longitud de micelio los HMN nativos del C2-Do mostraron mayor porcentaje de longitud con 52,6 cm y en la provincia de Lamas con una longitud con 47,4 cm, entonces el consorcio que demostró mayor capacidad infectiva fue el C2-Do (de el Dorado) en condiciones ecológicas semejantes a las provincias de Moyobamba y Lamas.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios posteriores dónde se aplique una metodología en el que se analice de manera específica la identificación de las esporas de los HMA (Hongos Micorrizicos Arbusculares) por género y especies, para conocer la riqueza específica existente de cada consorcio.
- Se recomienda estudios posteriores relacionados a la influencia de HMA (Hongos Micorrizicos Arbusculares) con respecto a las altitudes de cada provincia, para analizar si el factor ecológico influye de alguna forma en el efecto de las plantas.
- Es importante incluir y hacer partícipe a las diferentes asociaciones cafeteras para la aplicación de estos hongos micorrizicos arbusculares en campo definitivo, para ello se recomienda realizar talleres, cursos dónde se enseñe a los agricultores la aplicación de manera fácil, específica y sencilla de estos HMA en las plantaciones de cafeto y hacer

énfasis en la importancia de un manejo técnico del cultivo de café para mejorar la productividad a nivel de micro y macro región.

- Si se quiere aplicar los HMA en plantaciones de café de variedad pache a partir de los resultados de este estudio, se recomienda aplicar los HMA extraídos de Moyobamba del consorcio C1-Mo en condiciones ecológicas parecidas a la provincia de Huallaga, si se quiere identificar mayor incidencia de frecuencia, intensidad micorrízica, longitud de micelio extraradicular, es decir la riqueza específica de los HMA, se recomienda el C2-Do en condiciones parecidas a la provincia de Huallaga.
- Se recomienda hacer estudios de la aplicación de los consorcios C2-Do y C3-Mo que presentaron menor efectividad en otras condiciones edafológicas y ecológicas.
- Se recomienda utilizar este biofertilizante natural para disminuir el uso de fertilizantes químicos que alteran y degradan los suelos, además de disminuir el uso de envases de plásticos que también alteran la belleza paisajística y el suelo.

REFERENCIAS

- Acuña, O. (2011). El uso de biofertilizantes en la agricultura. Centro de Investigaciones, 39 pág. <https://doi.org/2511-3062>
- Aguilar-Ruiz, R. (1999). Tomando café. Manual del catador. Litográfica Dorantes. México. 116 pp.
- Alvarado, M. y Rojas, G. (2007). El cultivo y beneficios del café. Universidad Nacional a Distancia (EUNED). San José, Costa Rica, 184 p.
- Barea, J., Pozo, M., Azcón, C., & Aguilar. (2016). Significado y Aplicación de las Micorrizas en Agricultura. Agricultura.
- Barrer, S. (2009). El Uso De Hongos Micorrizicos Arbusculares Como Una Alternativa Para La Agricultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 7(Nº1), Pág 124-132. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(83\)80219-8](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(83)80219-8)
- Barrera; citado por Osorio, M. (2011). PRODUCCIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE HMA PARA EL CULTIVO DE MAÍZ EN SUELOS DE SABANA. Institución de Enseñanza e Investigación En Ciencias Agrícolas Campus., 77 pág. Basurto, M.,
- Boisson-Dernier, A., Chabaud, M., García, F., Bécard, G., Rosenberg, C., Y Barker, D. G. (2001). “Agrobacterium rhizogenes-transformed roots of Medicago truncatula for the study of nitrogen-fixing and endomycorrhizal symbiotic associations”. Molecular Plant-Microbe Interact. pp. 695-700.

- Box, G; Hunter, W. 1989. Estadística para investigadores. Introducción al diseño de experimentos, análisis de los datos y construcción de modelos. Ed. Reverté S.A. 675 p. Estados Unidos.
- Calzada, B. 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación. Quinta Edición. Editorial Milagros S.A. Lima-Perú. 643 p.
- Díaz, M.E. 1991. Técnicas de Enraizamiento de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. y *Gmelina arborea* Linn. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica CATIE. 93 p.
- Diz, R. 2008. Métodos para evaluar normalidad y homogeneidad de varianza. Relación con el tamaño de muestra. Universidad de Granma. Bayamo. Cuba. 44p.
- Font, H. 2007. Estudio de precisión en la variable producción de huevos en gallinas White Leghorn. Tesis al título de Máster en Producción Animal. 84 p
- Núñez, A., Pérez, R., & Hernández, O. (2012). Fisiología del estrés ambiental en plantas. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente, Pág 8. <https://doi.org/v150806>
- CEFP. (2011). Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. Disponible en: www.cefp.gob.mx.Accesado:03/11/2010.
- Cinza-Berrolli, R., Visconti, A., Mennella, C., Anese, M., Fogliano, V. (2002). Chemical characterization and antioxidant propierties of coffe melanoidins. Journal of agricultural and food Chemistry. 50:6527-6533.
- Clarke, R. J., Macrae, R. (1985). Coffee. Volume 1: Chemistry. Eds. Clarke, R.J., Macrae, RELSERVIER. EUA. 306.
- Clay, J. (2004). Coffee. In World Agriculture and the Environment. Washington, DC: Island Press. p. 69-91.

- Coral, L. (2015). Estudio de la densidad de hongos micorrízicos arbusculares nativos y su potencial micorrizico en el cultivo de café (coffe arabica L.) en diferentes condiciones agroecológicas de la región San Martin.
- Daft, M. J. y El-Giahmi, A. A. (1974). "Effects of Glomus infection on three legumes". En: Endomycorrhizas (Sanders, Mosse y Tinker, eds.), Academic Press, London. 580- 590.
- Doyle, M. P., Beuchat, L. R., Montville, T. J. (2001). Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. ASM. Press. E.E.U.U. 768 p.
- Escalona, M. (2002). Interacción de plantas de café micorrizadas con fosforo e inoculadas con hongos micorrizico arbusculares y Phoma constarricensis Echandi. Universidad de Colombia. Tecomán, Colombia.
- Estrada-Luna, A., Davies, F. & Egilla, J. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (2001) 66: 17.
<https://doi.org/10.1023/A:1010606430060>
- Ezawa, T., Yamamoto, K., y Yoshida, S. (2000). "Species composition and spore density of indigenous vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi under different conditions of P-fertility as revealed by soybean trap culture". Soil Sci. Plant Nutr. 46: 291-297.
- Franco, J. (2004). Efectos Beneficiosos De Las Micorrizas Sobre Las Plantas.
https://www.ciaorganico.net/documypublic/200_infoagronomo.net_Micorrizas-beneficios.pdf. 1-27 págs.
- Gañán, L., Bolaños, M. y Asakawa, N. (2011). Efecto de la micorrización sobre el crecimiento de plántulas de plátano en sustrato con y sin la presencia de nematodos.

- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Palmira, Colombia. 9 págs.
- Gianinazzi S y Schüepph. (1994). "Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems. Birkhäuser Verlag, Basel. 226 pp.
- Gonzales, L. (2014). La roya (*Hemileia vastatrix*), una problemática para los cafetaleros en el Alto Mayo [Palabras del supervisor del Proyecto Café, de la Dirección Regional de Agricultura de San Martín]. http://conacin.upeu.edu.pe/wp-content/uploads/2014/10/CIn_3395.pdf
- Guerra, B. (2008). Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1352
- Guerra, S. B. (2008). Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. P. 191-201.
- Guerrero, E. (1996). "Micorrizas Recurso Biológico del Suelo" Fondo Fen. Bogotá, Colombia, pp. 6-50.
- Harrison, M. J. (1997). The arbuscular mycorrhizal symbiosis. Academic Press Inc. England. ISBN 0-12-325560-0.
- Hayman, D.S. (1987). "VA mycorrhizas in field crop systems". In: *Ecophysiology of VA mycorrhizal Plants*. (G. R, ed) pp 171-192 CRC Press, Boca raton, Florida.
- ICO (International Coffee Organization). (2007). The history of coffee (en línea). London, GB. Consultado 2 jun. 2007. Disponible en http://www.ico.org/coffee_story.asp.
- Inforegión. (2017). San Martín: Producción del café experimenta mayor crecimiento desde 2015. Agencia de Prensa Ambiental, <http://www.inforegion.pe/246140/san-martín-produccion-del-cafe-experimenta-mayor-crecimiento-desde-2015/>.

- Jackson, R. M. y P. A. Mason, Edward Arnold, Mycorrhiza Ltd., London, pp: 60. ISBN 0-7131-2876-3. (1984).
- Jeffrey, P. (2003). Depressed coffee prices yield suffering in poor countries. *National Catholic Reporter* 39:12-14.
- Jiménez, J.L. (1989). Las micorrizas. Asociación Nacional de Cafeticultores (ANACAFE) 305. Guatemala, C.A. 25-28 p.
- Leiva, J. (2009). “Evaluación del hongo nematófago *Pochonia Chlamydosporia*, en el control del nematodo del nudo *Meloidogyne Sp*, en el cultivo de sachá inchi *Plukenetia Volubilis* bajo condiciones de vivero”. Universidad Nacional de San Martín (UNSM). Tarapoto, Perú. 136 págs.
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. 3 ed. aum. y rev. San José, CR, IICA. p. 350-364.
- Le Tacon, F. (1985). “Las micorrizas: una cooperación entre plantas y Hongos”. *Mundo Científico*, 49(5): 776.784.
- Montilla, E. (2010). Caracterización de las micorrización “nativa” en plantaciones de caféto en diferentes condiciones edafoclimáticas. Disponible, Septiembre 2010.
- Nelson, P.E., Toussoun, T.A., Cook, R.J. (1981). *Fusarium: Diseases, Biology, and Taxonomy*. Pennsylvania State University Press; University Park, Pennsylvania, USA.
- Onzima, JR; Coulibaly, N; Montagnon, C. (2002). The role of the African Coffee Research Network in developing sustainable coffee production and quality. In CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) ed. *Recherche et caféiculture*. Montpellier Cedex, FR. p. 75-83.

- Osonubi, O., K. Mulongoy, O.O. Awotoye, M.O. Atayese y D.U. Okali, (1991). "Effects of ectomycorrhizal and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of four leguminous woody seedlings". *Plant and Soil* 136:131-143.
- PADRON, E. 1996. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. 1a Ed. Trillas. México. 215 p.
- Plenchette, C., J. A. Fortin., y V. Furlan. (1983). "Growth response of several plants species to mycorrhizal in a soil of moderate Pfertility". *Plant Soil*. 70:199- 209.
- Renard, C. (1993). La comercialización internacional del café, Universidad Autónoma de Chapingo, Colección Cuadernos Universitarios, Serie Ciencias Sociales (11):11:12. México.
- Rivera, R., Fernandez, F., Sanchez, C., Bustamante, C., Herrera R., y Ochoa, M. (1997). Efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos VA y bacterias rizosféricas sobre el crecimiento de las posturas de cafeto. *Cultivos Tropicales*, 18(3,) 15-23.
- SAGARPA y SE. (2004). PC-010-2004. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad selecta en café verde. Certificación México Calidad Suprema para Café-verde.
- Saggin-Junior, O.J., e Siqueira, J.O. (1995). Avalicao da eficiencia simbótica de fungos endomicorrizicos para o cafeeiro. *Revista Brasileira do Ciencia do Solo*. 20, 222-228.
- Saggin-Junior, O.J., Siqueira, J.O., Guimaraes, P.T.G., e Oliveira E. (1995). Colonizao do cafeeiro por diferentes fungos micorrizicos: efeitos na formacao das mudas en crecimiento em solo fumigado. *Revista Brasileira do Ciencia do Solo*. 19,213-220.

- Schüler, A., Schwarzott, D., y Walker, C.A. (2001) "New fungal phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and evolution", *Mycological Research*, vol. 105, pp. 1413- 1421.
- SIEVERDING, E. (1983). Manual de métodos para la investigación de las micorrizas arbusculares en el laboratorioñ Centro de Agricultura Tropical, CIAT. Cali
- Silva, M.C., Nicole, M.; Rijo, L.; Geiger, J.P.; Rodrigues, C.J. Jr. (1999). Cytochemical aspects of the plant-rust fungus interface during the compatible interaction *Coffea arabica* (cv. Caturra)-*Hemileia vastatrix* (Race III). *International Journal of Plant Sciences* 60(1):79-91.
- Subramanian, K.S., Charest, C. (1998). "Arbuscular mycorrhizae and nitrogen assimilation maize after drought and recovery". *Physiologia plantarum*.120:285-296.
- Taylor, T. N., Remy, W., Hass, H., y Kerp, H. (1995). Fossil arbuscular mycorrhizae from the Early Devonian. *Am. J. Bot.*
- Wetterauer, D.G. and R.J. Killorn. (1996). Fallow- and flooded-soil syndromes: effects on crop production. *Journal of production Agriculture* 9:39-41.

Anexo 2. Análisis de suelos de la parcela de café de la provincia de Moyobamba.

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante :		INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA - IIAP																		
Departamento :		SAN MARTIN												Provincia :		MOYOBAMBA				
Distrito :		JEPELACIO												Predio :						
Referencia :		H.R. 63518-063C-18						Fact.: Pendiente						Fecha :		25/05/18				
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	Lim o	Arcilla	Textura l	Ca ⁺²	Mg ⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺	de	de	Sat. De	
		(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%		meq/100g					Cationes	Bases	Bases	
5987	M-B(BI), Bloque I	5.38	0.59	0.00	5.19	11.7	345	42	30	28	Fr.Ar.	20.48	14.10	2.68	0.74	0.10	0.05	17.67	17.62	86
5988	M-B(BII), Bloque II	5.67	0.64	0.00	6.36	22.2	372	38	28	34	Fr.Ar.	23.52	16.50	2.87	0.89	0.08	0.20	20.53	20.33	86
5989	M-B(BIII), Bloque II	5.40	0.70	0.00	8.26	30.5	506	46	22	32	Fr.Ar.A.	27.20	15.90	2.78	1.05	0.09	0.10	19.92	19.82	73
<p>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;</p> <p>Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso</p>																				
																		<i>Dr. Sady García Bendezú</i>		
																		<i>Jefe del Laboratorio</i>		

Anexo 3. Análisis de suelos de la parcela de café de la provincia de Lamas.**ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**

Solicitante : INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA - IIAP

Departamento : SAN MARTIN

Provincia : LAMAS

Distrito : ALONSO ALVARADO

Predio :

Referencia : H.R. 63519-063C-18

Fact.: Pendiente

Fecha : 25/05/18

Número de Muestra		pH	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
		(1:1)						%	%	%		meq/100g								
5990	L-VH-(BI), Bloque I	5.75	0.27	0.00	6.18	8.1	286	26	36	38	Fr.Ar.	24.80	16.50	2.07	0.73	0.11	0.10	19.51	19.41	78
5991	L-VH-(BII), Bloque II	5.58	1.15	0.00	4.58	10.1	438	36	32	32	Fr.Ar.	21.12	11.10	2.23	1.01	0.11	0.50	14.95	14.45	68
5992	L-VH-(BIII), Bloque III	4.97	0.95	0.00	2.87	3.8	357	36	32	32	Fr.Ar.	20.80	8.04	2.18	0.68	0.11	0.40	11.41	11.01	53

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. = Arcilloso

Dr. Sady García Bendezú
Jefe del Laboratorio

Anexo 4. Análisis de suelos de la parcela de café de la provincia de Huallaga.**ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**

Solicitante :	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA - IIAP															
Departamento :	SAN MARTIN										Provincia :	HUALLAGA				
Distrito :	SAPOSOA										Predio :					
Referencia :	H.R. 63611-067C-18					Fact.: Pendiente					Fecha :	31/05/18				

Número de Muestra		pH	C.E. (1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma de	Suma de	%
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
		(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%		meq/100 g								
7235	Parcela Centropoblado agua azul,Bloque I	5.53	0.72	0.00	3.34	4.3	304	40	29	28	Fr.Ar.	18.56	8.80	2.07	1.41	0.37	0.40	13.05	12.65	68
7234	Parcela Centropoblado agua azul,Bloque II	6.05	1.00	0.00	9.23	9.7	545	40	23	34	Fr	24.00	12.20	2.18	1.69	0.25	0.00	16.33	16.32	68
7236	Parcela Centropoblado agua azul,Bloque III	4.69	0.17	0.00	2.87	3.3	279	42	33	32	Fr.Ar.	19.20	9.39	2.18	1.33	0.21	1.30	14.42	13.12	68

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. = Arcilloso

Dr. Sady García Bendezú
Jefe del Laboratorio

Anexo 5. Mapa de ubicación de la parcela en la provincia de Moyobamba.



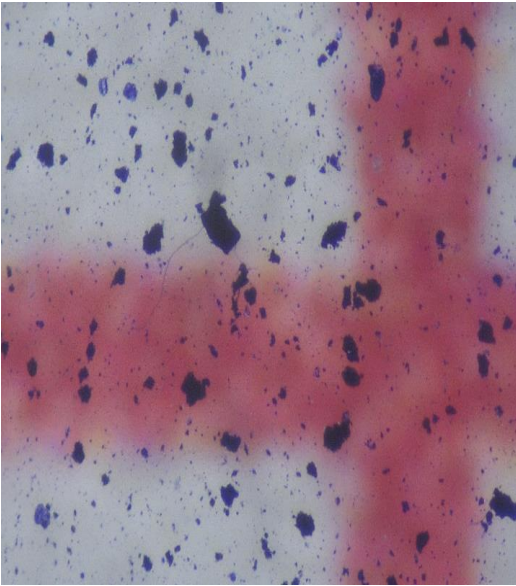
Anexo 6. Mapa de ubicación de la parcela en la provincia de Lamas.



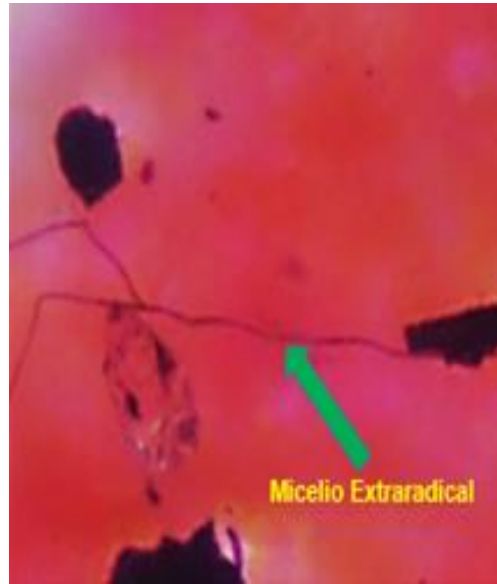
Anexo 7. Mapa de ubicación de la parcela en la provincia de Huallaga.



Anexo 8. Panel fotográfico.



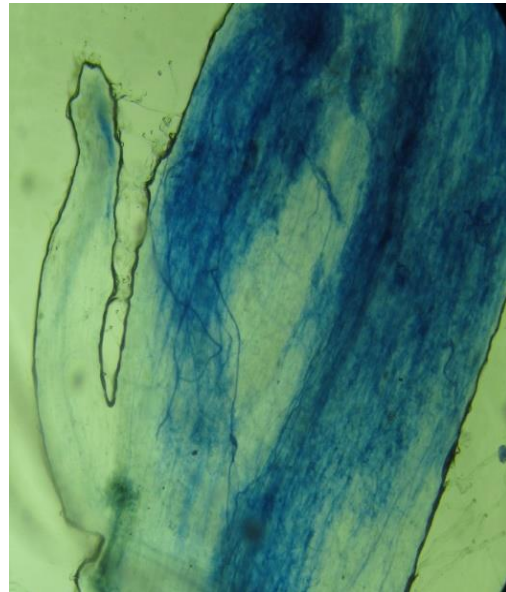
Segmentos de micelio extraradical en una placa petri



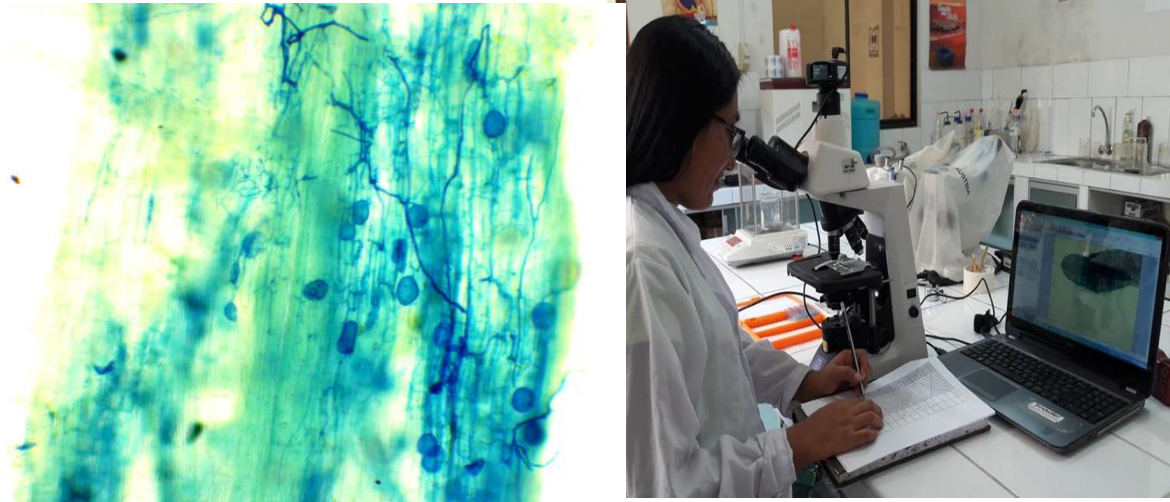
Se puede Observar el micelio extraradical.



Arbusculos en medio de la raíz



Hifas de los HMA



Determinación del porcentaje de colonización a 40x (A), Hifas de los HMA (color azul) en un segmento de raíz de café (B).

Anexo 9. Cartilla de evaluación para colonización micorrízica y Longitud de micelio en laboratorio.

			COLONIZACIÓN MICORRIZICA-PACHE											Longitud de micelio (Hifa-linea) (Cm)				
			I.M (%) (Prom. 30 segmentos de raíces)										F.M (%)					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	# raíces colonizados					
TT	Repeticiones	# Planta																
MOYOBAMBA	T1	BI																
		BII																
		BIII																
	T2	BI																
		BII																
		BIII																
	T3	BI																
		BII																
		BIII																
	T4	BI																
		BII																
		BIII																
	T5	BI																

Anexo 10. Cartilla de evaluación para las plantas en campo.

TRATAMIENTOS		Nº DE PLANTAS	ALTURA	RAMAS	HOJAS	DIAMETRO DE TALLO
R 1	T1					
	T2					
	T3					
	T4					
	T5					
	T6					
	T7					
	T8					
R 2	T4					
	T3					
	T2					
	T1					
	T5					
	T6					
	T7					
	T8					
R 3	T1					
	T2					
	T3					
	T4					
	T5					
	T6					
	T7					
	T8					