

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



**“HONGOS MICORRÍZICOS ASOCIADOS ALGARROBO (*Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth) EN EL SANTUARIO HISTÓRICO BOSQUE DE POMAC LAMBAYEQUE – PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. ROBINSON DANIEL TORRES BECERRA**

**ASESORA**

**BLGA. MCBLGA.M.C. MARCELA NANCY ARTEAGA CUBA**

**JAÉN- PERÚ**

**2023**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
Robinson Daniel Torres Becerra.  
DNI: 73880240.  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
Ingeniería Forestal
2. Asesor:  
BLGA.MCBLGA.M.C. Marcela Nancy Arteaga Cuba.  
  
Facultad/Unidad UNC:  
Ingeniería Forestal
3. Grado académico o título profesional  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:  
"HONGOS MICORRÍZICOS ASOCIADOS ALGARROBO (*Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth) EN EL SANTUARIO HISTÓRICO BOSQUE DE POMAC LAMBAYEQUE – PERÚ"
6. Fecha de evaluación: 05/03/2023
7. Software antiplagio:  TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 18 %
9. Código Documento: D165773403
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 04 / 09 /2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 _____ Blga.Mcblga.M.C. Marcela Nancy Arteaga Cuba. DNI: 27672665



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
Fundada por Ley N° 14015 del 13 de febrero de 1,962  
"Norte de la Universidad Peruana"  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**  
**FILIAL JAÉN**  
Bolívar N° 1342 - Plaza de Armas  
JAÉN - PERÚ



En la ciudad de Jaén, a los **dieciocho** días del mes de **enero** del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el **Ambiente de la Sala de Docentes de Ingeniería Forestal- Filial Jaén**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N°308- 2023-FCA-UNC, de fecha 27 de junio 2023, con el objeto, de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**HONGOS MICORRÍZICOS ASOCIADOS A ALGARROBO (*Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Will.) Kunth) EN EL SANTUARIO HISTÓRICO BOSQUE DE POMAC LAMBAYEQUE - PERÚ**", ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Don ROBINSON DANIEL TORRES BECERRA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las **dieciséis** horas y **treinta** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **dieciséis (16)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para el inicio de los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las **diecisiete** horas y **treinta y cinco** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 18 de enero de 2024.

  
Ing. M. Sc. Segundo M. Tafur Santillán  
PRESIDENTE

  
Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado  
SECRETARIO

  
Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo  
VOCAL

  
Blga. M. C. Marcela N. Arteaga Cuba  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A mi amado Espíritu Santo, con la gratitud de un hijo; por nunca dejarme solo en el camino y en el secreto de los días alentaba mi corazón a no renunciar jamás.

En el cielo; a mi hermana Milagros R. Requejo Becerra; por mostrarme lo maravilloso que es el amor de hermanos desde aquí hasta lo más alto este logro es de ambos. Te amaré siempre mi MILY.

A mis cuatro mujercitas que jamás dejan de creer y confiar en mí, gracias por cada día de sus vidas que se disponen a alentar mi corazón, a no desanimarme y a seguir adelante con el orgullo de una abuela, una madre, una hermana y una sobrina. Gracias Mamá Hilda F. Torres Arévalo, Gracias Mamá María S. Becerra Torres, Gracias Hermana Mariela Sandoval Becerra y Gracias Hijita Fiorella Bravo Requejo siempre serás mi primer amorcito.

## **AGRADECIMIENTOS**

A cada uno de los docentes de la Escuela de Ingeniería Forestal de la UNC - Filial Jaén; por contribuir en el proceso de mi formación académica durante mi estancia universitaria.

A la Lic. Nancy Marcela Arteaga Cuba; por su decidido apoyo en la asesoría para el desarrollo del presente trabajo de tesis, mi gratitud siempre.

A la Especialista en Áreas Naturales Protegidas – Recursos Naturales. Del santuario Histórico Bosque de Pómac; Julia Inés Lazo Clemente. Por su disponibilidad y apoyo desinteresado para el desarrollo del presente trabajo de tesis en esta ANP.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRAT.....	9
CAPÍTULO I.....	10
INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II.....	12
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. Antecedentes de la investigación.....	12
2.2. Bases teóricos.....	13
2.2.2. Santuario Histórico Bosque de Pomac – SHBP.....	13
2.2.3. El algarrobo ( <i>Prosopis pallida</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth).....	14
2.2.4. Micorrizas.....	16
2.2.5. Hongos Micorrízicos Arbusculares.....	17
2.2.6. Descripción de género de HMA.....	18
2.2.7. Factores que afectan la formación y funcionamiento de las micorrizas arbusculares.....	19
2.3. Definición de términos básicos.....	20
CAPÍTULO III.....	22
MARCO METODOLÓGICO.....	22
3.1. Descripción del área de obtención de muestras.....	22
3.2. Tipo y diseño de la investigación.....	24
3.2.1. Matriz de operacionalización de variables.....	24
3.2.2. Población, muestra y unidad de análisis.....	24
3.2.3. Fuentes técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25

3.2.4. Validación por expertos y prueba de confiabilidad de los instrumentos.....	25
3.2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos (indicar tipo de análisis y software/programa estadístico a usar) .....	25
3.2.6. Aspectos éticos .....	25
3.3. Materiales y procedimiento.....	26
3.3.1. Materiales.....	26
3.3.2. Procedimiento .....	27
CAPÍTULO IV .....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
4.1. Número de esporas de micorrizas por 100 gramos de suelo .....	32
4.2. Porcentaje de colonización .....	33
4.3. Determinación de géneros y especies de hongos micorrizicos .....	37
CAPÍTULO V.....	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
5.1. Conclusiones .....	42
5.2. Recomendaciones .....	42
CAPÍTULO VI .....	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Georreferenciación del área muestral .....	27
Tabla 2 Punto de muestreo .....	27
Tabla 3 Número de esporas en 100 g de suelo .....	32
Tabla 4 Porcentaje de colonización presentes de los HMA en raíces de algarrobo .....	33
Tabla 5 Comparación de la densidad de esporas y porcentaje de colonización de hongos micorrízicos en algarrobo .....	36
Tabla 6 Especies de endomicorrizas identificadas al nivel de género.....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación de los puntos de muestreo – Bosque de Pomac .....	23
Figura 2 Esporas promedio en 1 g de suelo .....	33
Figura 3 Porcentaje de colonización de hongos micorrízicos en algarrobo .....	34
Figura 4 Estructuras de los HMA en raíces de algarrobo .....	35
Figura 5 Número de esporas promedio en 1 g de suelo y % colonización en raíces.....	37
Figura 6 Descripción de morfotipos de hongos micorrízicos de los géneros identificados .	39

## RESUMEN

Los hongos micorrícicos arbusculares en bosques secos o ecosistemas áridos y semiáridos conforman asociaciones micorrícicas, que ayudan, en la captación de nutrientes en el suelo, adaptabilidad y crecimiento de la planta bajo condiciones edáficas extremas. El objetivo de la investigación fue evaluar los hongos micorrícicos arbusculares presentes en la rizosfera, de *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth, en el Santuario histórico Bosque de Pomac. Se evaluó el porcentaje de colonización micorrícica realizando la metodología de tinción de raíces propuesta por (Philips & Hayman, 1970), en las raíces de la especie en estudio; para la cuantificación de las esporas y su identificación; se utilizó el tamaño de las esporas encontradas en las muestras de suelo de rizosfera. Se obtuvieron como resultados 10 morfotipos de los cuales 06 morfotipos del género *Glomus*, 02 morfotipos del género *Acaulospora* y 02 morfotipos del género *Entrophospora*. Concluyendo que el punto más alto de colonización es de 80.29 %, y con un promedio de esporas en la rizosfera, de 8040 en 100g de suelo, el género *Glomus* fue el más predominante.

**Palabras clave:** Hongos micorrícicos, bosque seco.

## ABSTRAT

Arbuscular mycorrhizal fungi in dry forests or arid and semiarid ecosystems form mycorrhizal associations, which help in soil nutrient uptake, adaptability and plant growth under extreme edaphic conditions. The objective of the research was to evaluate the arbuscular mycorrhizal fungi present in the rhizosphere of *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth, in the Bosque de Pomac historical sanctuary. The percentage of mycorrhizal colonization was evaluated using the root staining methodology proposed by (Philips & Hayman, 1970), in the roots of the species under study; for the quantification of the spores and their identification; the size of the spores found in the rhizosphere soil samples was used. The results obtained were 10 morphotypes of which 06 morphotypes of the genus *Glomus*, 02 morphotypes of the genus *Acaulospora* and 02 morphotypes of the genus *Entrophospora*. Concluding that the highest colonization point is 80.29 %, and with an average of 8040 spores in the rhizosphere in 100g of soil, the genus *Glomus* was the most predominant.

**Keywords:** Mycorrhizal fungi, dry forest.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El bosque seco tropical se distribuye en diferentes zonas geográficas las cuales presentan gran diversidad de flora y fauna, sin embargo estas zonas son alteradas constantemente por el hombre, debido a sus distintas actividades agrícolas y/o comerciales (Vera-morales et al., 2021, Pág.1). En el Perú la problemática que presentan los bosques secos es la pérdida de su cobertura vegetal debido a la tala ilegal, al exceso de pastoreo, y sobre todo a la falta de políticas para manejo de bosques secos ya que la ley forestal y de fauna silvestre está más orientada al manejo de bosques húmedos tropicales y genera vacíos que no aportan a la sostenibilidad de los bosques secos tropicales (Aguilera, 2014, pag.5; Otivo, 2015, Pág.4).

En estos ecosistemas al igual que en otros el suelo es uno de los principales reservorios de biodiversidad de la Tierra, y en particular el de las comunidades microbianas debido a la gran heterogeneidad física, química y micro climática que implica la existencia de un gran número de nichos (Cofré, 2014, Pág.8). Dentro de los microorganismos que se encuentran en el suelo, se destacan los hongos micorrícicos, estos hongos son los simbioses de plantas que se encuentran ampliamente distribuidos y tienen distintas funciones en ecosistemas naturales y agrícolas, estos forman un tipo de asociación simbiótica obligada con aproximadamente el 80 % de las familias de plantas terrestres conocidas como micorrizas arbusculares y se agrupan dentro del filium Glomeromycota (Ferrario, 2019, Pág.2).

Los hongos micorrícicos se encuentran ampliamente distribuidos en diversos hábitats naturales relacionándose con la mayoría de las especies vegetales (Sagadin, 2019, Pág.29). Los hongos micorrícicos colonizan la raíz, generando estructuras de reserva (vesículas) y estructuras de intercambio de nutrientes entre la planta y el hongo (arbusculos) (Druille et al., 2017, Pág.198). Estos hongos establecen una asociación simbiótica con las raíces de las plantas, lo cual ayuda a que la obtención de minerales y agua del suelo, además brindan mejora de las relaciones hídricas o la resistencia a microorganismos patógenos, con lo cual se considera a los hongos micorrícicos como una herramienta de utilidad en la supervivencia y adaptación de las especies vegetales (Sagadin, 2019, Pág.27; Salto et al., 2015, Pág.1). Estas asociaciones plantas-hongos micorrícicos forman comunidades que presentan cambios a través del espacio y del tiempo, que pueden estar determinados por distintos factores en los ecosistemas (Shi, et al., 2007, Pág.10).

Los bosques estacionalmente secos de nuestro país son perturbados por factores antropogénicas; sin embargo, los ecosistemas tienen una gran capacidad para su regeneración, es así que algunos estudios consideran la presencia de hongos micorrízicos en los suelos como indicadores del éxito de la restauración, debido a que ellas afectan significativamente el crecimiento de las plantas y los patrones de sucesión luego de una perturbación (Fajardo et al., 2011, Pág.932), además la presencia y conservación de las micorrizas es vital para mantener la fertilidad natural de los suelos (Arévalo, 2018, Pág.2).

En los bosques estacionalmente secos de nuestro país, se encuentra a la especie *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth la cual es una de las especies más representativas de este tipo de ecosistemas, es así que se cree de gran importancia conocer el tipo de hongos micorrízicos que se encuentran asociados a la mencionada especie y de esta forma poder brindar un conocimiento técnico sobre el tema, todo esto a la vez que el estudio de la diversidad de los HMA en las comunidades rizosféricas es importante debido a que estos se les atribuye en gran medida en la dinámica de los ecosistemas, ya que promueven la diversidad de las plantas y el mantenimiento de la productividad (Hiiesalu, et al., 2014). El objetivo de la investigación es de evaluar los hongos micorrízicos arbusculares que se encuentran asociados a la especie *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth, presentes en la rizósfera en el Santuario histórico Bosque de Pomac. Los objetivos específicos fueron:

- Identificar la presencia de esporas de micorrizas en suelos rizosféricos de *Prosopis pallida* H.B.K. en el Santuario Histórico Bosque de Pomac Lambayeque – Perú.
- Cuantificar el porcentaje de colonización de HMA, presentes en raíces de *Prosopis pallida* H.B.K. en el Santuario Histórico Bosque de Pomac Lambayeque – Perú.
- Determinar a nivel de género de los hongos micorrízicos asociados a *Prosopis pallida* H.B.K. en el Santuario Histórico Bosque de Pomac Lambayeque – Perú.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

La formación de asociaciones micorrícicas (AM) es una estrategia adaptativa que le proporciona a la planta mayor capacidad para captar nutrientes en suelos donde la disponibilidad de los mismos es restrictiva, particularmente en ecosistemas áridos y semiáridos (Allen, 2007, citado por Barea et al., 2011, Pág.1).

Martin y Stutz (1994, Pág.3), evaluando el efecto de la inoculación con *Glomus* intraradices en *Prosopis alba* producido en contenedor, encontraron que el aislamiento del HMA empleado redujo el largo total y la abundancia radicular pero no afectó el crecimiento del tallo o el peso seco radicular; sugiriendo que la infección por el HMA en el algarrobo, bajo condiciones óptimas de producción (riego y fertilización), modificó la morfología radicular obteniéndose raíces más cortas, más gruesas y menos ramificadas.

Félix de Aguiar et al. (2004, Pág.35), Trabajando con *Prosopis juliflora* inoculado con HMA bajo distintas dosis de P(0, 20 y 40 mg de P.kg<sup>1</sup> de suelo), atribuye la similitud de crecimiento en altura entre las plantas inoculadas y las no inoculadas en la dosis más alta de P, a que la cantidad de P adicionado puede haber sido suficiente para satisfacer las necesidades nutricionales y con ello los HMA no han promovido un crecimiento adicional.

Barragán (2003, Pág.1) realizó la inoculación micorrícica de *Prosopis laevigata* en condiciones de invernadero y estudió su efecto al trasplante en condiciones de campo en un matorral xerófilo del Valle de Actopan, Hidalgo. Reportando porcentajes mayores de supervivencia de plantas micorrizadas (83.33 %) en comparación con las plantas no micorrizadas (11.66 %).

Posteriormente, Monroy et al. (2007, Pág.1), realizaron un estudio donde se evaluó el establecimiento vegetal de plantas de *Prosopis laevigata* y *Acacia farnesiana* mediante el uso de micorrizas y de islas de recursos en un matorral xerófilo deteriorado, encontrando como resultados que las plantas micorrizadas presentan un mayor porcentaje de supervivencia y desarrollan un mayor número de pinnas con relación a sus testigos, sin encontrar diferencias significativas en la supervivencia de mezquite y huizache, trasplantadas bajo el dosel de las especies vegetales formadoras de islas de recursos.

Bashan et al. (2009), evaluando tres especies, entre ellas *Prosopis articulata*, inoculadas con HMA, obtuvieron respuestas positivas para altura total, número de ramas, grosor de tallo, entre otras variables.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.2. Santuario Histórico Bosque de Pomac – SHBP**

Estudiar la dinámica forestal de los bosques secos no es una tarea fácil, por la intensa intervención del hombre sobre el recurso forestal, pero siendo el Santuario Histórico Bosque de Pomac-SHBP un área de especial interés, con formaciones boscosas influidas por gradientes ambientales, climáticos: temperatura, y precipitación, factores limitantes, que permiten que las especies se desarrollen en cierta medida al límite de su capacidad de adaptación. Por este motivo, estos bosques son potencialmente muy sensibles a sufrir modificaciones estructurales en crecimiento, balances de mortalidad, establecimiento, densidad y formas de incremento, entre otras, forzadas por variaciones ambientales y de intervención del hombre (Espinosa et al., 2012, Pág.171).

El Santuario Histórico Bosque de Pomac fue establecido el 01 de junio de 2001, por Decreto Supremo N° 034-2001-AG, donde se desarrolló este trabajo de investigación, que representa el 0,03 por ciento del total de Área Natural Protegida en el Perú, y que en la actualidad contribuye con el logro de los objetivos del Sistema Nacional de Áreas 2 Naturales protegidas por el Estado-SINANPE, de conservar el área más representativa de la eco región de Bosque Seco Ecuatorial Estacional-“BSEE”, cuya formación típica es la de algarrobal, en el que habitan 16 especies de aves endémicas de la Región Tumbesina (PROFONANPE, 2009).

Los beneficiarios de los algarrobales del Santuario Histórico Bosque de Pomac, son los pobladores que habitan en la Zona de Amortiguamiento en 13 caseríos: Ojo de Toro, Pómac III, Huaca Rivera, La Curva, Huaca Partida, La Zaranda, Culpon Alto, Santa Rosa De Las Salinas, Sapame, El Verde, Santa Clara, Matriz Comunidad, Cerro Escute, que representa un total de 10,598 pobladores, que se benefician del autoconsumo de frutos y leña de “algarrobo” y frutos de “sapote” (SERNANP, 2011).

En abril del 2015, la cobertura vegetal del SHBP se encontró afectada por los rezagos de la invasión de casi una década (2000 – 2009) en la que destruyó 1706 Hectáreas, 29 % de

la extensión (Lazo, 2018, Pág.6), por la presencia de una enfermedad que causa la muerte de las plantas de algarrobo, la sequía extrema de los últimos 18 años y por el aprovechamiento desordenado de los recursos por la actividad ganadera, apícola y turística (Tafur, 2017, Pág.3).

### **Fisiografía**

La fisiografía del Santuario Histórico Bosque de Pomac, es principalmente plana ondulada, con una pendiente aproximada de ocho por ciento. Es frecuente encontrar pequeñas elevaciones las que corresponden a las “huacas” de la cultura Sicán. Existen en la parte sureste, estribaciones de los cerros Las Salinas, Gigante y El Mauro, que llegan hasta 300 m.s.n.m. (Ruiz, 2018, Pág.75).

### **Clima**

El Santuario se caracteriza por tener clima seco-cálido, la mayor parte del año; las lluvias son esporádicas y solamente abundantes, durante la Oscilación Sureña del Niño-ENSO, en su fase caliente, comúnmente conocido como Fenómeno de El Niño. La temporada más cálida es de diciembre a mayo. Las máximas temperaturas se registran en los meses de febrero y marzo con 33,1 °C en promedio, pudiendo llegar a 34,4 °C como máximo. La temperatura mínima se registra entre los meses de julio y agosto con 11,5 °C en promedio. Las escasas lluvias se concentran, entre los meses de marzo y abril que, en conjunto suman el 66 por ciento de la precipitación anual, como corresponde a una de las regiones más áridas del planeta; la precipitación anual total es de 107,8 mm (Ruiz, 2018, Pág.74).

### **Suelo**

Suelos profundos, con textura media a pesada, son francos y arenos limosos con materiales cálcicos o de yeso perteneciente a yermosoles o xerosoles existen también fluviosoles en las 7 tierras influenciadas por el río La Leche hacia los cerros Las Salinas, Gigante y El Mauro. (Ruiz, 2018, Pág.75).

#### **2.2.3. El algarrobo (*Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth)**

El “algarrobo” es un árbol de áreas tropicales, que crece en zonas áridas y se encuentra distribuido a lo largo de la costa del océano pacífico. Nativa de Perú, Colombia y Ecuador; naturalizada en Hawái, Puerto Rico y cultivado en la India y Australia. Además, se encuentra distribuido en Bolivia, Chile y Brasil. En Perú, está presente en la parte norte de la costa,

predominando en las regiones de Piura, Tumbes, Lambayeque y La Libertad. El origen del nombre se remonta desde épocas coloniales cuando los españoles observaron este árbol, llamado “Tacco”, que era usado por los indígenas para la fabricación de una bebida llamada “jupisin”, que se prepara adicionando agua a los frutos molidos. Este árbol, era parecido al algarrobo europeo (*Ceratonia siliqua* Linnaeus), debido a idénticas características que poseían (Chipana, 2019, Pág.4).

#### **Clasificación taxonómica según APG IV (Trópicos.org, 2022).**

Reino	: Plantae
División	: Plantae
Clase	: Equisetopsida C. Agardh.
Subclase	: Magnoliidae Novák ex Takht.
Orden	: Fabales Bromhead
Familia	: Fabaceae Lindl.
Género	: <i>Prosopis</i> L.
Especie	: <i>Prosopis pallida</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth.
Nombre común	: Algarrobo

#### **Descripción botánica**

##### **Tallo y ramas**

El algarrobo es un árbol con una altura de 5 a 10m. Posee una copa amplia y densa. Su fuste es tortuoso y con un diámetro promedio de más de 50cm. Su corteza es rugosa de color grisáceo y tiene ramas gruesas (Rivera, 2018, Pág.4).

##### **Hojas**

Las hojas son bipinnadas y alternas cuando son jóvenes. Es común ver en los nudos de plantas adultas de 2 a 10 hojas que nacen en ramitas muy cortas y juntas, semejantes a braquiblastos, de 2 a 8 cm de longitud, falcadas dorsalmente. Pero lo más frecuente es

encontrar hojas con 2 a 3 pares de pinnas, de 2 a 6 cm de longitud, los folíolos opuestos a lo largo de un raquis, en número de 11 a 14 pares, distanciados de 2 a 3 mm, entre cada par. Los folíolos son lineales, obtusos, mucronados, regularmente pubescentes, de 8 mm de longitud por 1 a 3 mm de ancho (Rivera, 2018, Pág.4).

### **Inflorescencia y flores**

La inflorescencia es 2 a 3 veces más larga que las hojas, con 200 a 300 flores cortamente pedunculadas que forman una inflorescencia racemosa cilíndrica; raquis y pedúnculos finamente pubescentes. Las flores son pentámeras, actinomorfas, hermafroditas (a veces estériles), verde amarillentas y con 4 a 6 mm de largo; el cáliz es ciliado, de 0,5 a 1,5 mm de largo; pétalos de 2,5 a 3 mm de largo; los estambres son de 5 a 7 mm de largo y con ovario estipitado (Rivera, 2018, Pág.4).

### **Frutos y semillas**

El fruto de algarrobo es una legumbre indehiscente, alargada, comprimida y coriácea, rellena de una pulpa dulce. Esta vaina permanece verde cuando es joven y durante el invierno no muestra actividad. El fruto es recto o algo curvado y apiculado, con márgenes paralelos en sus bordes, de 10 a 28 cm de longitud, 11 a 13 mm de ancho, 5 a 8 mm de espesor. Las legumbres crecen rápido entre febrero y finales de mayo, en esta época alcanzan su máximo tamaño. En 5 julio su coloración verdosa cambia a chocolate oscuro para alcanzar la madurez final en el mes de setiembre (Dostert et al., 2012; Galera, 2000; Tous, 1984). Las semillas del algarrobo son cuadrangulares de color café de 6,5 mm de largo y pesan aproximadamente entre 0,25 a 0,3 gramos (Rivera, 2018, Pág.4).

### **Importancia y usos**

En nuestro país el principal uso del algarrobo es la madera como fuente de energía; hojas, ramas y frutos para alimento del ganado y para la producción de algarrobina. La principal producción de carbón en el Perú proviene de esta especie y el principal producto que se exporta es la algarrobina proveniente de sus legumbres (Rivera, 2018, Pág.4).

#### **2.2.4. Micorrizas**

La micorriza es una simbiosis mutualista que tiene como función aumentar la superficie de absorción de la raíz, por medio de un sistema de hifas extra radicales (Castro, 2009, Pág.

28). La planta puede absorber y asimilar más agua, minerales (nitrógeno y fósforo) e iones poco móviles (ácido fosfórico, amoníaco, zinc, cobre), favoreciéndose su balance hídrico y nutrición (Gazón,2016, Pág.218). Son considerados los componentes más activos de los órganos de absorción de los nutrientes de la planta, la que a su vez provee al hongo simbiote de nutrientes orgánicos y de un nicho protector (Noda, 2009, Pág.2).

Actualmente son bien conocidos los efectos beneficios de las MA, los cuales comprenden una mayor absorción de elementos poco móviles en el suelo como el fósforo P, cobre Cu y Zinc, por parte de las plantas micorrizadas en comparación con las no micorrizadas (Cuenca et al., 2007, Pág.23).

### **2.2.5. Hongos Micorrízicos Arbusculares.**

El Glomeromycota, el filo de hongos que contiene todos los conocidos Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), han co-evolucionado con sus anfitriones ya que las plantas conquistaron el medio terrestre durante el Período Ordovícico más de 430 millones de años atrás. Los HMA benefician a los ecosistemas terrestres en todo el mundo mediante el establecimiento de una asociación íntima con las raíces en la mayoría de las plantas: la simbiosis micorrízica (Calderón, 2019, Pág.3). Crean la simbiosis fúngica más exitosa en las plantas, y en términos generales se caracteriza por la penetración del hongo en las células corticales de la raíz o la parte subterránea de la planta, siendo cada vez más reconocida como una parte importante e integral de los ecosistemas terrestres naturales del mundo. Esta asociación depende de tres pasos principales que son a) germinación de esporas, b) crecimiento de hifas y c) reconocimiento de acogida y formación de estructuras. Esta relación resulta en una mejora de la adquisición de nutrientes (por ejemplo, el fosfato, nitrógeno orgánico, Calcio, Magnesio, Zinco, Cobre y Potasio) en el suelo por los socios de la planta, que permite obtener las fuentes de carbono (por ejemplo, los azúcares) que son necesarios para la supervivencia y propagación (Rodríguez, 2012, Pág.12).

Los HMA son tan antiguos como las propias plantas que se conoce su existencia por más de 400 millones de años, estimándose un 95 % de especies vegetales asociadas de una forma natural de tipo simbiosis con hongos del suelo que ha sido reconocida a nivel mundial, existiendo aspectos sobre la estructura y función de las comunidades en Agro ecosistemas que no han sido estudiados (Rodríguez, 2012, Pág.13).

## 2.2.6. Descripción de género de HMA

La taxonomía de los Glomales, así como la de otros grupos de hongos, se han basado en el estudio de las características morfológicas a partir del color, forma y tamaño; lo cual ha permitido agrupar los diferentes hongos de la naturaleza (Peña- Venegas et al., 2006, Pág.23).

*Glomus*: Las hifas fúngicas se diferencian dando lugar a los arbuscúlos, formaciones dicotómicas con apariencia de un pequeño árbol, con troncos cilíndricos, los cuales se afilan hacia las extremidades, las vesículas, son generalmente de paredes delgadas y elipsoides. Las hifas que son constituidas superficialmente en la raíz son las hifas supraradical, las hifas que se extienden de manera radial alrededor de la raíz hospedera son hifas extraradicales pues dan al suelo estabilidad física, química y biológica, los puntos de entrada que es el lugar origen de donde parte una hifa para colonizar la célula, tras la formación de una estructura, el hongo penetra en la raíz y se extiende en la misma, estos se encuentran en la superficie de la raíz, generalmente, la colonización más vieja consta de una hifa principal y presenta abundantes vesículas, la tinción con azul de metileno es muy intensa (Castillo, 2009, Pág.26).

*Entrophospora: Globosa*, opaca, de superficie lisa, entre 90-120 micras de diámetro, de color oliva pálido al estereoscopio, y amarillo-oliva al microscopio. Posee tres grupos de paredes: La más externa es membranosa, transparente, de menos de 1 micra de espesor. Se continúa con el sáculo, por lo que es más evidente verla cuando se aísla la espora con este. La segunda pared es laminada, de 2 a 4 micras de espesor, de color amarillo. La pared más interna es transparente, delgada y se aprecia cuando se desprende de la laminada al escachar la espora (Peña-Venegas, Cordona et al. 2006, Pág.35).

*Acaulospora*: (Del griego “sin cauda”) estas se forman en una hifa suspensoria de un saco esporógeno que es una hifa terminal dilatada dos veces más grande que la espora y con una pared relativamente delgada. Las esporas se encuentran solitarias en el suelo o algunas veces con las raíces, o en esporocarpios que pueden alcanzar hasta varios centímetros de longitud. Las esporas son compuestas por distintos grupos de paredes separables; la externa es continua con la pared de la columna suspensoria, puede estar pigmentada, laminada con diversas ornamentaciones; la interna puede estar compuesta por una o más capas membranosas, hilianas, puede ser laminada, ornamentada con poros, espinas, papilas o retículas que se tiñen de color rosado, rojo o púrpura al ser trasladada respectivamente al reactivo de Melzer (López, 1998, Pág.16).

*Archaeospora*: Fácilmente se observan cuatro paredes: una pared externa, de superficie irregular, mayor de 6 micras de espesor. Existe una segunda pared, que no se diferencia claramente de la pared externa, pero que se evidencia por ser la que se extiende hacia el pedicelo, ornamentada con una superficie de protuberancias convexas como pequeñas ampollas. La pared interna es, laminada, de color hialino, ornamentada con depresiones cóncavas redondas de 2 micras que se distinguen más fácilmente que las protuberancias de la pared anterior, seguida de una pared más interna (Peña- Venegas et al., 2006, Pág.46).

*Gigaspora*: Globosa, grande, de 200 a 240 micras de diámetro, opaca, de color amarillo pálido a amarillo. Paredes de la espora: se distinguen dos paredes que forman un único grupo: una externa, laminada con color de 5 micras de espesor, y una pared interna más clara, rígida de 2 micras de espesor. Célula suspensoria: con forma de perilla, de 60 micras de largo por 40 de su parte más ancha. El punto de conexión con la espora es de 8 micras. La pared de la célula suspensoria está formada por la continuación de las dos paredes de la espora. Hacia la parte más distal la pared interna se adelgaza, quedando solo la externa que se prolonga hacia la hifa. La pared de la hifa es de 2 micras de espesor. El ancho total de la hifa es de 14 micras de espesor (Peña-Venegas et al., 2006, Pág.31).

*Scutellospora*: Espora: Globosa, de 120 a 280 micras de diámetro, transparente a amarillo pálido. Paredes de la espora: Presenta dos grupos de paredes: el grupo externo está formado por una pared hiliar externa, seguida por una pared laminada, transparente a amarillo pálido, de 4 micras de espesor. Al microscopio con contraste de interferencia, aparece la superficie levemente ondulada, simulando una ornamentación muy sutil. Sin embargo, esta característica no ha podido ser verificada como una ornamentación verdadera, pudiendo ser el efecto del juego de lentes y luz. El grupo de paredes internas está formado por aproximadamente 3 capas de paredes membranosas, transparentes, delgada, que tienden a arrugarse. Célula suspensoria: En forma de perilla, de 25-35 micras de ancho, pared delgada, transparente, que se continúa con una hifa igualmente transparente y delgada que puede o no presentar septos (Peña-Venegas et al., 2006, Pág.26).

### **2.2.7. Factores que afectan la formación y funcionamiento de las micorrizas arbusculares**

Los cambios permanentes en el ambiente edáfico son un reflejo del dinamismo existente y se observa en parámetros como humedad, temperatura y disponibilidad de nutrientes, debido a condiciones naturales o al efecto de las prácticas culturales para mejorar la productividad de los cultivos. Adicionalmente el suelo puede sufrir procesos de degradación y contaminación

con sustancias químicas tóxicas para las plantas y los organismos presentes en él, entre ellos los HMA (Pérez et al., 2011, Pág.171).

Los cambios antropogénicos inducidos por la aplicación de diferentes enmiendas como fertilizantes, agroquímicos, pesticidas y agua residual pueden cambiar las condiciones del suelo causando toxicidad y un desequilibrio de nutrientes en las plantas (Sánchez, 2015, Pág.11).

La presencia de uno u otro tipo de micorriza en una determinada área, parece estar relacionada en todo caso con la latitud, altitud, la composición florística y el tipo de suelo en particular, en lo relativo a pH, fósforo, materia orgánica y disponibilidad de nutrientes. Por lo tanto, el desarrollo de la micorriza se puede ver afectado por el comportamiento de variables ambientales como los factores abióticos (propiedades físico-químicas del suelo, variaciones climáticas) y factores bióticos (tipo de comunidad vegetal, condiciones fisiológicas de las plantas hospedera, interacciones con otros organismos, prácticas antrópicas). De igual manera, las interacciones entre las micorizas arbusculares (MA) y la fauna del suelo también afectan de manera importante el comportamiento ecológico de la micorriza, donde micro artrópodos y nemátodos fungívoros se alimentan de las hifas externas del micelio micorrícico (Molina et al., 2016, Pág.3)

### **2.3. Definición de términos básicos**

**Micorrizas.** La micorriza es una simbiosis mutualista que tiene como función aumentar la superficie de absorción de la raíz, por medio de un sistema de hifas extrarradicales (Castro, 2009, Pág.28). La planta puede absorber y asimilar más agua, minerales (nitrógeno y fósforo) e iones poco móviles (ácido fosfórico, amoníaco, zinc, cobre), favoreciéndose su balance hídrico y nutrición (Garzón et al., 2016, Pág.218). Son considerados los componentes más activos de los órganos de absorción de los nutrientes de la planta, la que a su vez provee al hongo simbionte de nutrientes orgánicos y de un nicho protector (Noda, 2009, Pág.2).

**Vesícula.** Se forman posteriormente a los arbusculos y son estructuras ovoides que contienen material lipídico. Estos son órganos de reserva, se forman intra o intercelularmente en el sistema radical y fuera de él. Durante situaciones de estrés estas reservas se utilizan y las vesículas se degeneran. Ellas funcionan como esporas para algunas endomicorizas, y no están presentes en todos los géneros de HMA (Gutiérrez, 2015, Pág.8).

**Hifas.** Son estructuras filamentosas que en conjunto forman un micelio. Los HMA poseen dos sistemas de hifas, uno interno y otro externo. El primero se desarrolla intercelularmente (crecen dentro de la pared de las células de la raíz) o intracelularmente (crecen entre la pared de las células de la raíz) en las células corticales de la raíz; el segundo emerge de la raíz y se extiende por el suelo varios centímetros, dando lugar al micelio externo que constituye el sistema de absorción de nutrientes (Gutiérrez, 2015, Pág.7)

**Arbúsculos.** El hongo que coloniza la raíz desarrolla una estructura en forma de un diminuto arbolillo en las células del parénquima radical, estructura llamada arbúsculo que es el sitio de intercambio entre la planta y el hongo, además el sistema micorrízico está formado por un conjunto de hifas (micelio) que están conectadas con el tejido de la raíz y que salen de ella ramificándose en el suelo (Gutiérrez, 2015, Pág.8)

**Endomicorrizas.** Se encuentran en el grupo de las Chytridiomycetos y se caracterizan por un manto muy reducido o ausente, red de Hartig bien desarrollada y penetración de las hifas en las células del huésped. Además, son las más abundantes en la naturaleza y se asocian principalmente a plantas herbáceas y arbustivas, desde cultivos agrícolas hasta árboles frutales (Camey, 2014, Pág.15).

**Ectomicorrizas.** Están formadas por casi todos los grupos de Basidiomicetos, Ascomicetos, Zigomicetos y Ficomicetos. Estas micorrizas se caracterizan por la formación de una estructura denominada manto, compuesta por hifas del hongo densamente agrupadas que envuelven las raicillas finas del huésped (Camey, 2014, Pág.15).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Descripción del área de obtención de muestras**

##### **Ubicación y localización**

La obtención de muestras se realizó en el Santuario histórico Bosques de Pomac ubicado en las siguientes coordenadas UTM 637858 este y 9282868 norte, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, el ámbito de intervención de este proyecto de investigación se encuentra a una altitud 80 m s. n. m. (Figura 1).

##### **Características climáticas**

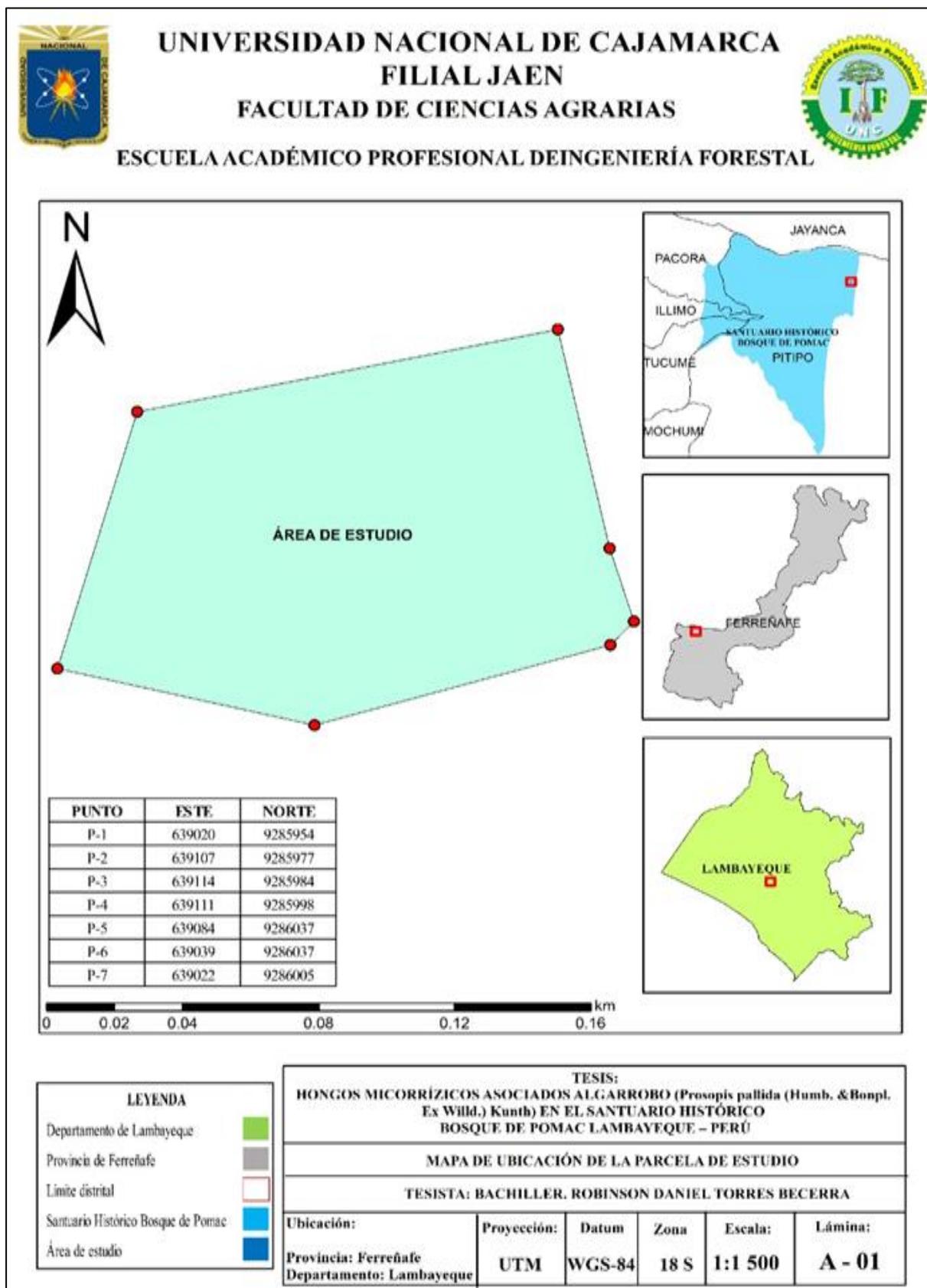
Presenta un clima seco y cálido por la mañana y soleado y fresco por la tarde, la temporada más cálida es de diciembre a mayo. Las máximas temperaturas se registran en los meses de febrero y marzo con 33,1 °C en promedio, pudiendo llegar a 34,4 °C como máximo. La temperatura mínima se registra entre los meses de julio y agosto con 11,5 °C en promedio. Las escasas lluvias se concentran, entre los meses de marzo y abril que, en conjunto suman el 66 por ciento de la precipitación anual, como corresponde a una de las regiones más áridas del planeta; la precipitación anual total es de 107,8 mm (SERNANP, 2011, Pág.4).

##### **Fisiografía y suelos**

Suelos profundos, con textura media a pesada, son francos y areno limosos con materiales cálcicos o de yeso perteneciente a yermosoles o xerosoles existen también fluviosoles en las 7 tierras influenciadas por el río La Leche hacia los cerros Las Salinas, Gigante y El Mauro (SERNANP, 2011, Pág.62).

**Figura 1**

*Mapa de ubicación de los puntos de muestreo – Bosque de Pomac*



### 3.2. Tipo y diseño de la investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo de diseño no experimental ya que no se manipularon las variables en estudio, si no que tan solo se hizo la recolección de información a partir de las muestras recolectadas.

#### 3.2.1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Hongos micorrícicos	Los hongos micorrícicos son microorganismos rizosféricos cosmopolitas entre hongos del phylum Glomeromycota y la inmensa mayoría de plantas cultivadas y silvestres; siendo biotróficos obligados, por lo cual son incapaces de crecer y completar su ciclo de vida en la ausencia de una asociación con una raíz viva (Medina, 2017).	Morfotipos Colonización	Especie Porcentaje	Nominal

#### 3.2.2. Población, muestra y unidad de análisis

##### Población

Para esta investigación la población estuvo constituida por todos individuos de *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth presentes en el Santuario histórico Bosque de Pomac en el departamento de Lambayeque.

##### Muestra

La obtención de la muestra se realizó según la metodología de Gómez et al., (2019) quien indica la recolección al azar de 5 muestras de 250 g de suelo y raicillas provenientes de 5 individuos de *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth en el área de estudio las cuales fueron tomadas a una profundidad de 20 cm.

### **Unidad de análisis**

La unidad de análisis estuvo conformada por una parcela demostrativa del área de estudio con presencia de *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth.

### **3.2.3. Fuentes técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Fuente de los datos:**

Los datos empleados en esta investigación fueron recolectados partir del análisis realizado en laboratorio por el tesista.

#### **Técnicas de recolección de datos:**

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó como técnica la observación directa con presencia del investigador porque estuvo presente durante las mediciones.

#### **Instrumentos de recolección de datos:**

Para la presente investigación se emplearon dos instrumentos para la recolección de información de datos en campo y en laboratorio.

### **3.2.4. Validación por expertos y prueba de confiabilidad de los instrumentos**

Los instrumentos empleados para la recolección de información fueron validados por un experto en el tema de estudio, el cual certificó que el instrumento cumple con la finalidad de estudio.

### **3.2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos (indicar tipo de análisis y software/programa estadístico a usar)**

El procesamiento y análisis de los datos generados en esta investigación se fundamentó a través de estadística básica, con la cual los datos fueron presentados mediante gráficos y tablas.

### **3.2.6. Aspectos éticos**

La presente investigación cumple con criterios éticos estipulados por la Universidad Nacional de Cajamarca y el método de investigación científica, además se contempló temas como el cuidado al medio ambiente, ya que para la extracción de las muestras de suelo se

cuidó de no atentar contra el ecosistema ni con los individuos de *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth), por otra parte, cumple con criterios de originalidad ya que todos los resultados obtenidos son generados durante el proceso de la investigación. Por otra parte, la literatura empleada en la presente investigación fue citada según las normas American Psychological Society (APA) 7th edition.

### **3.3. Materiales y procedimiento**

#### **3.3.1. Materiales**

##### **a) Material biológico**

Muestras de suelo rizosférico de la especie forestal *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth).

##### **b) Equipo de campo**

GPS, cámara fotográfica, libreta de campo

##### **c) Material de laboratorio**

**Insumos.** Agua oxigenada (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (50 ml), azul de tripano, azúcar, hidróxido de potasio, ácido clorhídrico, agua destilada.

**Material de vidrio.** Laminillas porta y cubre objetos, cajas Petri, agujas de disección, tubos de ensayo, tamiz, vasos de precipitados.

**Equipo de laboratorio.** Refrigeradora, cocina eléctrica, estufa, horno, balanza analítica, microscopio compuesto, estereoscopio, centrifuga.

##### **d) Material de escritorio**

Lapiceros, computadora e impresora y cámara digital.

##### **e) Otros**

Machete, pala, bolsas plásticas.

### 3.3.2. Procedimiento

#### a. Trabajo de campo

##### Establecimiento y delimitación de la parcela de evaluación

Se estableció una parcela de evaluación en el Santuario Nacional Bosque de Pomac, la parcela fue georreferenciada en cada uno de sus vértices obteniendo sus coordenadas UTM, luego se seleccionaron 5 árboles de la especie forestal *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth de cada uno de los árboles seleccionados su ubicación espacial; así mismo, de cada árbol se recolectaron muestras botánicas, que fueron identificadas a nivel de género o especie en el laboratorio de Dendrología de la Universidad Nacional de Cajamarca – Filial Jaén.

**Tabla 1**

*Georreferenciación del área muestral*

Vértice	Este	Norte
V-1	639020	9285954
V-2	639107	9285977
V-3	639114	9285984
V-4	639111	9285998
V-5	639084	9286037
V-6	639039	9286037
V-7	639022	9286005

**Tabla 2**

*Punto de muestreo*

Punto	Este	Norte
P-1	638980.134	9286034.39
P-2	639075.344	9286046.56
P-3	639096.854	9285991.92
P-4	639002.488	9285982.96
P-5	639039.496	9286012.74

##### Obtención de muestras de suelos y raíces

Las muestras de suelo y raíces fueron tomadas de la rizosfera de los cinco árboles de *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth, la muestra fue mezclada homogéneamente y guardadas en bolsas de polietileno aproximadamente 1000 g de suelo y una porción de raíces, la profundidad de muestreo fue de 0 – 20 cm; estas muestras cuando no se procesaron inmediatamente fueron conservadas en refrigeración a temperaturas menores a 10 °C, (Anexo 2).

### **b. Trabajo de laboratorio**

Las muestras se procesaron siguiendo la metodología propuesta por Sieverding (1983) y efectuando algunas variaciones que se describen a lo largo de los procedimientos.

#### **Separación de esporas de hongos micorrízicos**

Las muestras de suelo obtenidos de cada punto de muestreo se homogenizaron individualmente quitando todo material grueso (raíces, piedras y terrones); de ella se tomó muestra de 100 g que fue colocado en un frasco Erlenmeyer de 500 ml de capacidad, agregándose 400 ml de agua destilada, luego se agitó por 10 minutos. Se filtró a través de un juego tamices de 4000, 500, 250, 125 y 63  $\mu\text{m}$  (ordenada y verticalmente en forma descendente); se repitió el procedimiento por dos veces en cada muestra; después de la última repetición se aplica un fuerte chorro de agua sobre el tamiz superior (4000  $\mu\text{m}$ ). El contenido del tamiz de 63  $\mu\text{m}$  fue lavado con agua destilada y colocado en unas placas Petri para su posterior secado (Anexo 3).

#### **Centrifugación, decantación y extracción para concentrar las esporas**

Se pesa 1 g de suelo seco obtenido de las placas Petri, para ser depositado en los tubos de centrifugación por lo que se adiciona 15 ml de solución de sacarosa a 70 %, luego se centrifuga a 2500 revoluciones por minutos durante 10 minutos, sacamos cuidadosamente los tubos de la centrifuga, cuidando de no romper la interfase agua-sacarosa. Con la ayuda de una pipeta tipo gotero de 30 cm, recorremos toda la superficie de la interfase, y pasar todo el contenido de la pipeta de plástico sobre un papel filtro con ayuda de un embudo, luego pasar a lavar con agua destilada para eliminar la azúcar y ver la concentración de las esporas en el papel filtro, (Anexo 4).

## **Identificación de morfotipos, conteo y caracterización de esporas**

### **Reconocimientos de morfotipos**

En un microscopio compuesto se observó las estructuras con el fin de establecer morfotipos. Los morfotipos fueron clasificados por color, tamaño y forma de accesorios. A cada morfotipo se le asignó un número y se registraron sus principales características.

### **Conteo**

La determinación del número de esporas, se realizó en el microscopio compuesto, haciendo un recorrido en zig zag por todo el papel filtro que tenía un 65mm diámetro registrando la información con un controlador manual.

### **Identificación**

Para este proceso se ha empleado Lámina porta objetos con medición realizando el siguiente procedimiento:

Se adicionaron 0.1 ml de la solución sacarosa más suelo seco centrifugado disuelto con un asa bacteriológica o Koll sobre la Lámina porta objeto con medición, cubriendo con una laminilla y luego se observó al microscopio compuesto a objetivo de (10x) y (40x). Por cada observación se tomó una fotografía para la descripción de las principales características de los morfotipos.

## **Determinación del porcentaje de colonización de raíces**

### **A. Tinción de raíces**

La tinción de raíces se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por (Philips & Hayman, 1970) (Anexo 5), de la siguiente manera:

- Las raíces recolectadas fueron lavadas con abundante agua corriente, para eliminar todo el suelo e impurezas, teniendo mucho cuidado para evitar que dañe la estructura radical.
- Se toman las raíces más finas menores a 1 mm de diámetro y 1 cm o más de longitud, para facilitar la penetración de los reactivos, las raíces deben colocarse en potes de vidrio pequeños para que puedan extenderse y no queden apretadas.

- Una vez colocadas las raíces en los potes de vidrio se cubren con KOH 10 % durante 5 minutos. Deben quedar totalmente cubiertas para que el aclaramiento sea homogéneo.
- Los potes de vidrio y las muestras se someten a baño maría (90° C) durante 15 minutos dependiendo del tipo de raíces.
- Seguidamente lavamos las raíces en el chorro de agua utilizando un tamiz adecuado para evitar pérdidas durante el enjuague.
- Para avanzar con el blanqueamiento las muestras se cubren con una solución fresca de KOH al 10 % y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 10 % combinado en proporción de 1:1(V/V), dependiendo del tipo de raíz, por un tiempo de 15 minutos y finalmente lavamos las raíces con agua corriente.
- Acidificamos con una solución de HCl al 1N durante 10 minutos para corregir el pH, decantamos el HCl sin lavar y agregamos el Azul de Tripiano al 0.05 % y colocamos las raíces a baño maría por 10 minutos, a una temperatura de 90 °C.
- Retiramos el colorante, lavamos con agua destilada, dejamos reposar por 12 horas para eliminar el exceso de colorante, para su observación al microscopio compuesto, una vez registradas las observaciones se procede a tomar diferentes fragmentos de raíz de 1 cm o más y se depositan en la porta objetos y se coloca el cubre objeto para realizar las observaciones al microscopio.

## **B. Cuantificación del porcentaje de colonización (Anexo 6)**

Se realizó el siguiente procedimiento, por muestra:

- Se tomaron 10 segmentos de raíces de 1.0 cm de largo cada uno y se ubicaron en la lámina de portaobjetos de forma paralela, con el fin de obtener un total de 10 muestras por lámina cubre objetos.
- Se efectuó la observación de estructuras del hongo en el microscopio compuesto entre los objetos de (10x) y (40x), utilizando la técnica de determinación de colonización por campos de infección, en el cual se realizaron barridos de cada segmento de raíz, registrando la presencia de estructuras de HMA.

Para determinar el porcentaje de colonización de cada muestra se utilizó la fórmula siguiente propuesta por Sieverding (1983).

$$\% \text{ de colonización total} = \frac{\# \text{ de campos infectados } ***}{\# \text{ total de campos observados}} * 100$$

\* Presencia de estructuras típicas del hongo: hifas, arbusculos y vesículas y/o espora.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Número de esporas de micorrizas por 100 gramos de suelo

A continuación, se presentan los resultados de evaluación del número de esporas en 1 g de suelo seco, tomados de la placa Petri conteniendo 100 g de suelo, provenientes de 5 muestreos de suelo de un área muestral.

**Tabla 3**

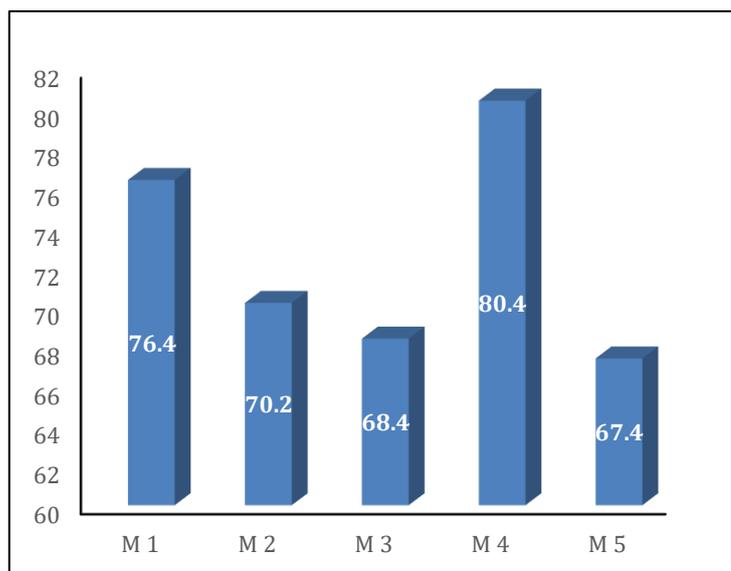
*Número de esporas en 100 g de suelo*

Lugar de Muestreo	Especie	Muestra	Recuento de esporas en 1g de suelo					Promedio de esporas en 1g de suelo	Total, de esporas en 100 g de suelo
			1	2	3	4	5		
		M 1	66	75	86	75	80	76.4	7640
Santuario Histórico Bosque de Pomac Lambayeque	<i>Prosopis pallida</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth	M 2	55	68	80	76	72	70.2	7020
		M 3	52	63	81	70	76	68.4	6840
		M 4	72	79	87	81	83	80.4	8040
		M 5	54	65	74	78	66	67.4	6740

En la tabla 1 se observa las cinco muestras de suelo, obtenidas en *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth, presentando propágulos infectivos de micorrizas; evidenciándose un mayor número de esporas en la muestra “M 4”, con un total de 80.4 esporas en 100 g de suelo, seguido de las muestras 1, 2, y 3, con un total de 7640, 7020 y 6840 esporas en 100 g de suelo, la muestra 5 presenta menor número de esporas con un total de 6740 esporas en 100 g de suelo. Estos resultados son bastantes altos en comparación con los que se obtienen en otros tipos de ecosistemas como por ejemplo Gómez et al. (2019, Pág.4) en su estudio identificó que en suelos riparios que la cantidad de esporas en 100 g de suelo asciende a 203 esporas; por su parte, Sandoval (2018, Pág.14) en zonas de leguminosas la cantidad de esporas puede variar entre 1000 y 7100 esporas en cada 100 g de suelo; uno de los principales factores que afecta la cantidad de esporas tiene que ver con el ph del suelo, ya que es un factor bastante importante (Fajardo, et al. 2015, Pág.863).

**Figura 2**

*Esporas promedio en 1 g de suelo*



En la figura 2 se aprecia que dentro del área muestral de *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth, la muestra “M4” presenta mayor cantidad de individuos dentro del área aportando mayores propágulos infectivos de hongos micorrícicos a diferencia de la muestra “M5” que presenta menor cantidad de esporas.

#### 4.2. Porcentaje de colonización

**Tabla 4**

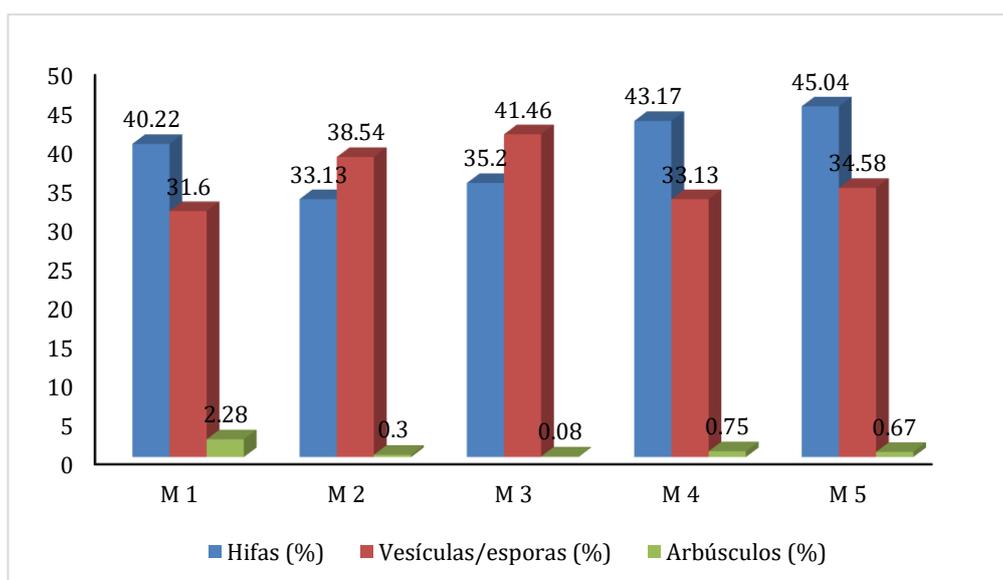
*Porcentaje de colonización presentes de los HMA en raíces de algarrobo*

Sector de Muestreo	Especie	Muestra	Hifas (%)	Colonización		
				Vesículas/esporas (%)	Arbúsculos (%)	Total (%)
Santuario Histórico Bosque de Pomac-Lambayeque	<i>Prosopis pallida</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth	M 1	40.22	31.60	2.28	74.10
		M 2	33.13	38.54	0.3	71.97
		M 3	35.2	41.46	0.08	76.74
		M 4	43.17	33.13	0.75	77.05
		M 5	45.04	34.58	0.67	80.29

En la tabla 4 se presenta el porcentaje de colonización de los hongos micorrízicos, en las raíces de *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth, evidenciando que la colonización de hifas la muestra “M 5” tiene el mayor porcentaje con 45.04 % y la muestra “M 2” tiene el menor porcentaje de colonización con 33.13 %. La colonización por vesículas es la muestra “M3” la que presenta el mayor porcentaje de colonización con 41.46 % y la muestra “M 4” es la que presenta el mejor porcentaje de colonización con 33.13 %. La colonización por arbusculos la muestra “M 1” presenta el mayor porcentaje de colonización con 2.28 % y la muestra “M2” tiene el menor porcentaje de colonización con 0.3 %.

**Figura 3**

*Porcentaje de colonización de hongos micorrízicos en algarrobo*



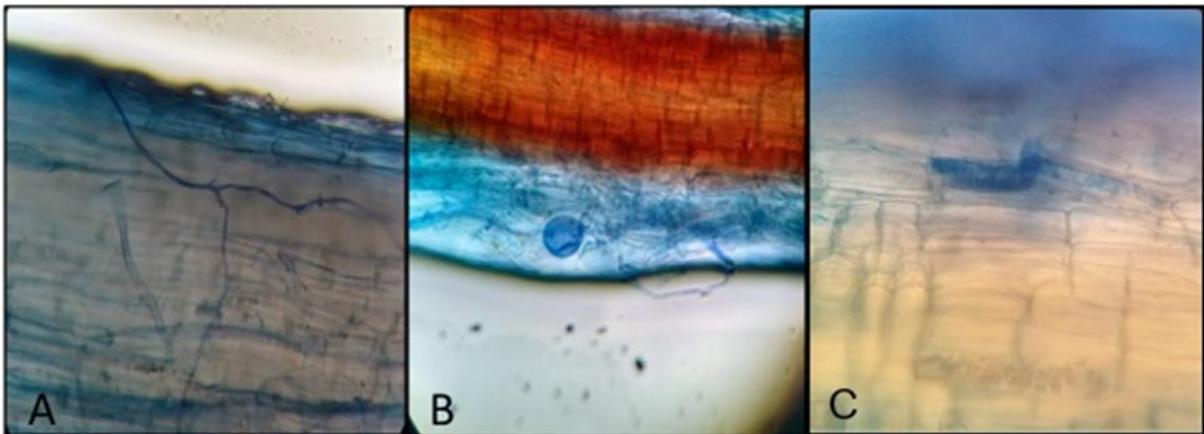
En la figura 3 se aprecia que, en cuanto a la colonización, se aprecia que las hifas tienen mayor preponderancia en la colonización de las muestras “M5”, “M4” y “M1” con 45.04 %, 43.17 % y 40.22 % respectivamente, por otra parte las vesículas/esporas tienen mayor preponderancia en las muestras “M 3” y “M 2” con 41.46 % y 38.54 % respectivamente, además se puede apreciar que la colonización por arbusculos es la que tuvo el valor más bajo en todas las muestras.

La evaluación determinó un alto porcentaje de colonización radicular por hongos micorrízicos que varía entre 71.97 % y 80.29 % lo cual es un indicador alto teniendo en cuenta que el área de estudio es de condiciones de baja precipitación y temperatura alta, estos resultados son superiores a los reportes de otros estudios como el de Mekahlia et al. (2013, Pág.2169) quienes encontraron que el porcentaje de colonización total puede variar entre

57,04 % y 72,50 %, en este sentido los autores indican que la cantidad de micorrizas se ve influenciada por factores climáticos; sin embargo, la cantidad de hongos pueden ser abundantes en suelo seco porque ayudan en la toma de agua ya que ayudan al aumento de la longitud y tamaño de los pelos radiculares (Correa, 2008, Pág.98). Por otra parte, la alta cantidad de hongos micorrícicos se debe a que el suelo evaluado en esta investigación proviene de un bosque que no ha sufrido alteraciones notorias, esto es corroborado por (Álvarez y Naranjo, 2003, Pág.108) quienes mencionan que modificaciones drásticas en algún sistema de uso del suelo, como lo es la tala o cambio de uso de suelo produce que las poblaciones de hongos sean en menor diversidad y la colonización de especies puede ser más lenta

#### **Figura 4**

*Estructuras de los HMA en raíces de algarrobo*



En la Figura 4, se muestran las estructuras de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en *Prosopis pallida* (Humb. &Bonpl. Ex Willd.) Kunth, observadas con el objetivo a 40x: A) Hifas de micorriza; B) Vesícula de micorriza; C) Arbúsculos de micorriza.

**Tabla 5**

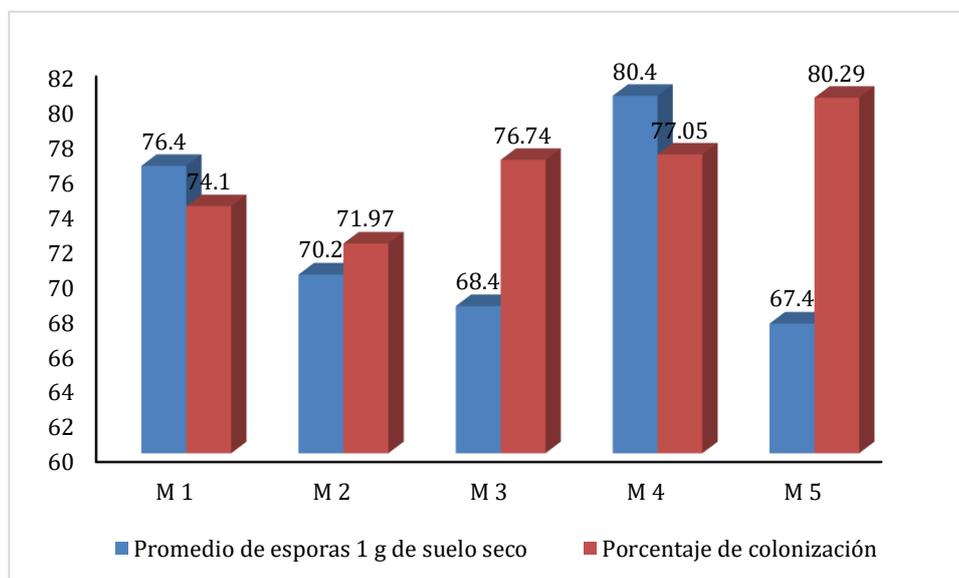
*Comparación de la densidad de esporas y porcentaje de colonización de hongos micorrízicos en algarrobo*

Lugar de Muestreo	Especie	Muestra	Promedio de esporas 1 g de suelo seco	Porcentaje de colonización
		M 1	76.4	74.1
Santuario Histórico	<i>Prosopis pallida</i>	M 2	70.2	71.97
Bosque de Pomac-	(Humb. & Bonpl. Ex	M 3	68.4	76.74
Lambayeque	Willd.) Kunth	M 4	80.4	77.05
		M 5	67.4	80.29

Como se aprecia en la tabla 5 y figura 5, la especie *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth, presenta alto porcentaje de colonización, además en la muestra 2 con 71.97 %, muestra 1 con 74.1, muestra 3 con 76.74, muestra 4 con 77.05 y con mayor colonización la muestra 5 con 80.29. Con respecto al promedio del número esporas, presentó mayor densidad la muestra 4 con 80.4 esporas en 1 g de suelo; sin embargo, cuando se habla de colonización se observó una buena colonización ya que Cano (2006, Pág.35) considera una buena colonización un poco más del 40 %. Por su parte, Bashan et al. (2000, Pág.660) Mencionaron que, el potencial de inóculo de hongos micorrízicos en áreas desérticas es bajo y que este inóculo consta relativamente de mayor cantidad de fragmentos hifales que, de esporas, los cuales están localizados en las capas más superficiales, si bien es cierto como detalla la gráfica 3, el número de esporas promedio en 1 g de suelo fue menor que el porcentaje de colonización en raíces.

**Figura 5**

*Número de esporas promedio en 1 g de suelo y % colonización en raíces*



La relación promedio de esporas y el porcentaje de colonización se observó que el recuento de esporas más altos, se obtuvieron en la rizósfera de la muestra 4 con un total de 80.4 esporas; sin embargo, no en todas las muestras en las que se presentó una mayor colonización hubo mayor número de esporas. El recuento más bajo fue en la muestra 5 con un total de 67.4 esporas. Cuando se producen modificaciones drásticas en algún sistema de uso del suelo, como lo es la tala, las poblaciones de hongos presentan una menor diversidad y la colonización de especies de plantas puede ser más lenta (Álvarez y Naranjo, 2003, Pág.92).

#### **4.3. Determinación de géneros y especies de hongos micorrícicos**

Para la identificación taxonómica a nivel de género, se realizó usando la metodología de Sanchez de Prager et al. (2010), titulado Metodologías Básicas para el Trabajo con Micorriza Arbuscular y Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular (Pág. 88-119).

Para la identificación de los morfotipos de micorrizas, se hicieron observaciones al microscopio compuesto con los objetivos de 10 x y 40 x. La lámina porta objetos con medición, presenta líneas graduadas que permite medir las esporas, para luego determinar

géneros y/o especies. De los morfotipos determinados se identificaron a nivel géneros diez especies como se aprecia en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Especies de endomicorrizas identificadas al nivel de género*

Clase	Familia	Género	Especie
<i>Glomeromycetes</i>	<i>Acaulosporaceae</i>	<i>Acaulospora</i>	<i>Acaulospora</i> sp.1
		<i>Acaulospora</i>	<i>Acaulospora</i> sp.2
	<i>Entrophosporaceae</i>	<i>Entrophospora</i>	<i>Entrophospora</i> sp.1
		<i>Entrophospora</i>	<i>Entrophospora</i> sp.2
	<i>Glomerales</i>	<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i> sp.1
		<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i> sp.2
		<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i> sp.3
		<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i> sp.4
		<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i> sp.5
		<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i> sp.6

La identificación taxonómica de género y especies se determinó de acuerdo a las características morfológicas de las esporas de los hongos micorrízicos obtenidos de las muestras de suelo, es así que en este tipo de suelo se identificaron los géneros *Acaulospora*, *Entrophospora* y *Glomus*. Peña et al. (2006, Pág.35) menciona que dentro de los caracteres importantes para la determinación taxonómica de especies de HMA están la conexión hifal y tipo de agrupación para *Glomus*; las paredes y ornamentaciones para *Acaulospora*; la presencia de las dos cicatrices para *Entrophospora*. En este estudio se observaron 06 morfotipos del género *Glomus*, 02 morfotipos del género *Acaulospora* y 02 morfotipos del género *Entrophospora*. Todos los morfotipos fueron identificados a nivel de género, como se aprecia en la tabla 6.

#### 4.4. Especies de endomicorrizas analizadas a *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth

##### Figura 6

*Descripción de morfotipos de hongos micorrízicos de los géneros identificados*



Acaulospora sp 1.

Espora de forma globosa, color amarillento o levemente anaranjado, presenta una capa (cutícula), con tamaño de 90  $\mu\text{m}$ . La espora no presenta conexión hifal. Vista al microscopio compuesto (40x).



Acaulospora sp 2.

Espora de forma globosa a subglobosa, color pardo-cremoso, presenta dos capas, con un tamaño de 110  $\mu\text{m}$ . La espora no presenta conexión hifal. Vista al microscopio compuesto (40x).



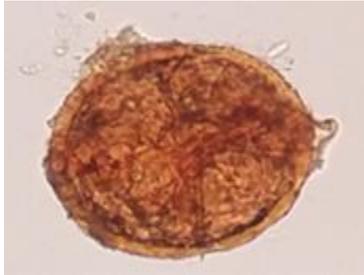
Entrophospora sp.1

Espora de forma globosa a subglobosa, de color amarillo-cristalino, con un tamaño de 130  $\mu\text{m}$ . La espora presenta conexión hifal. Vista al microscopio compuesto (40x).



Entrophospora sp.2

Espora de forma globosa, color amarillo cremoso, presenta dos capas (cutículas), con tamaño de 100  $\mu\text{m}$ . La espora no presenta conexión hifal. Vista al microscopio compuesto (40x).



Glomus sp.1

Espora de forma globosa a subglobosa, color pardo-rojizo, presenta una capa (cutícula), con tamaño de 70  $\mu\text{m}$ . La espora presenta conexión hifal. Vista al microscopio compuesto (40x).



Glomus sp.2

Espora de forma globosa, color pardo-cremoso, presenta dos capas, con un tamaño de 60  $\mu\text{m}$ . La espora no presenta conexión hifal. Vista al microscopio compuesto (40x).



Glomus sp.3

Espora de forma globosa, color plateado, presenta dos capas, con un tamaño de 30  $\mu\text{m}$ . La espora presenta conexión hifal. Vista al microscopio compuesto (40x).



Glomus sp.4

Espora de forma globosa, color negro, presenta una capa muy gruesa, con un tamaño de 40  $\mu\text{m}$ . La espora no presenta conexión hifal. Vista al microscopio compuesto (40x).



Glomus sp.5

Espora de forma globosa, amarillo mostaza, presenta una capa muy gruesa, con un tamaño de 60  $\mu\text{m}$ . La espora presenta conexión hifal. Vista al microscopio compuesto (40x).



Glomus sp.6

Espora de forma globosa, gris cristalino, presenta doble capa, con un tamaño de 25  $\mu\text{m}$ . La espora presenta no conexión hifal. Vista al microscopio compuesto (40x).

De los datos obtenidos del Santuario histórico Bosque de Pomac, se determinó la presencia de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA), por la presencia de estructuras como los arbusculos característica que identifica a las MA, presentando simbioses con una mayor difusión en esta área evaluada de Bosque seco o ecosistema árido y semiárido. Los géneros encontrados en este estudio son *Acaulospora*, *Entrophospora* y *Glomus*, presentando 22 morfotipos de esporas.

La gran predominancia del género *Glomus*, así como de *Acaulospora* y *Entrophospora*, determinada en el presente trabajo, confirma la gran distribución de estos géneros, observados también por otros autores en la zona tropical, en tanto en ecosistemas naturales como en agroecosistemas, citado por Da Silva (2004, Pág.15). El género *Glomus* también ha sido encontrado predominante en suelos convencionalmente cultivados (Jansa et al., 2002, Pág.24; Oehl et al., 2003, Pág.18).

De acuerdo a Márquez y Col. (2002), la predominancia del género *Glomus* en los sistemas radicales de las plantas es común, ya que se ha demostrado que es el género que más resistencia ha presentado durante la evolución de los HMA, ya que se sabe que los *Glomus* fueron los primeros hongos de este tipo que se desarrollaron en el suelo, ya que se han encontrado fósiles de su existencia durante años y siglos atrás, confirmación que guarda concordancia con lo determinado en el presente trabajo cuyos datos se muestra en la tabla 5.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Los morfotipos de Hongos Micorrizicos Arbusculares asociados (HMA) a la especie *Prosopis pallida* H.B.K. en el Santuario Histórico Bosque de Pomac Lambayeque – Perú, son *Glomus*, *Entrophospora* y *Acaulospora*.

El número de esporas de micorrizas arbusculares en 100 g de suelo del área muestral en la especie forestal *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth, provenientes del Santuario Histórico Bosque de Pomac Lambayeque – Perú fue de 8 300 esporas.

El mayor porcentaje de colonización en raíces del área muestral evaluada en la especie forestal *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth, provenientes del Santuario Histórico Bosque de Pomac Lambayeque – Perú fue 80.29 %, encontrando estructuras propias de micorrizas arbusculares.

La riqueza de morfotipos de los géneros *Glomus*, *Entrophospora* y *Acaulospora*; en mayor porcentaje para *Glomus* con 60 %, *Entrophospora* y *Acaulospora* con 20% de colonización.

#### 5.2. Recomendaciones

Realizar investigaciones en su propagación para determinar la dependencia de las micorrizas encontradas.

Complementar la identificación de las especies de Hongos Micorrizicos Arbusculares (HMA) encontradas con la finalidad de realizar aislamiento y ser utilizados como inóculos en la producción de plantones entre otros con especies forestales.

Seguir con los estudios en otras áreas del bosque para determinar la frecuencia de los morfotipos encontrados en este trabajo.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J., & Naranjo, E. (2003). *Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México*. UNAM.
- Arévalo, A. Y. G. (2018). *Evaluación y caracterización de hongos micorrízicos arbusculares en tres agroecosistemas y dos bosques en las provincias de Alto Amazonas y Lamas*.
- Aguilera, R. (2014). Algarrobo tropical (*Prosopis pallida*) recurso biológico estratégico para la sostenibilidad del bosque tropical seco caso: comunas provincia de Santa Elena – Ecuador. *DELOS* 20 (7): 1- 10.
- Aguilera, G. L. I., P. V. Olalde, et al. (2008). Micorrizas Arbusculares. *Ciencia ErgoSum* 14(003): 300-306.
- Barea, J.M. et al. (2011). Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain. *Journal of Arid Environments* 75: 1292-1301.
- Barragán V, E. A. (2003). *Inoculación micorrícica de Prosopis laevigata L. (mezquite) en condiciones de invernadero y su efecto al trasplante en condiciones de campo*. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barrer, S. E. (2009). El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 7(1), 123- 132.
- Bashan Y, EA Davis, A Carrillo-García y RG Linderman. (2000). Assessment of VA mycorrhizal inoculum potential in relation to the establishment of cactus seedlings under mesquite nurse-trees in the Sonoran Desert. *Appl. Soil. Ecol.* 14:165-175.
- Bashan, Y. et al. (2009). Responses of native legume desert tres used for reforestation in the sonoran desert to plant growth-promoting microorganisms in screen house. *Biol. Fertil. Soils* 45: 655-662.
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell B., Grove, T., Malajczuk, N. (1996). *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture*. Australia: ACIAR Monograph.

- Buelvas, O. & Peñates, W. (2008). *Caracterización de géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) y vesículo arbusculares (HMVA) nativas, asociadas con el pasto angleton (Dichanthiu maristatum), bajo diferentes fuentes de abonamiento en la hacienda Casanare, Municipio de Tolú, Sucre. (Tesis de grado)*. Universidad de Sucre, Sucre.
- Camey, C. (2014). *Evaluación de seis dosis de ectomicorrizas sobre la calidad de planta de pino en vivero; San Francisco; Jutiapa* (Doctoral dissertation, Tesis. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Licenciatura en Ciencias Agrícolas. Jutiapa–Guatemala. Pág. 109. 33-38 pp).
- Cano. (2006). *Centro de investigación Palmira Transferencia de Tecnología Jamespa Valle del Cauca 2006*.
- Castillo, G. M. L. (2009). *Caracterización morfológica de micorrizas arbusculares asociadas en raíces de tomate de árbol silvestre (Solanum cajanumensis) y cultivado (Solanum betacea) en dos sectores de la provincia de Loja Escuela de Bioquímica y Farmacia*. Loja, Ecuador. Universidad Técnica particular Loja. Bioquímico-Farmacéutico: 1-73.
- Castro, I. (2009). *Análisis de la estructura y diversidad de las comunidades de hongos formadores de micorrizas asociados a plantas de interés ecológico en ambientes mediterráneos*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada, España.
- Corradi, N. and P. Bonfante (2012). The arbuscular mycorrhizal symbiosis: origin and evolution of a beneficial plant infection. *Plos Pathog* 8(4): e1002600.
- Correa, M.; Morales, M., Coba de G., B y E. Sieverding. (1990). *Presencia de Micorriza vesículo arbuscular (MVA) en un relicto de bosque andino, en la vereda "Alta Charco" departamento de Cundinamarca, Colombia. En: Resúmenes del V Congreso Latinoamericano de Botánica y I Simposio Latinoamericano de Micorrizas*. Impreso Palacio de las comunicaciones. Cuba. 399 p.
- Correa, G. C. (2008). *Evaluación de las micorrizas para la regeneración natural del Nogal (Cordia alliodora), en áreas de bosque seco tropical del valle geográfico del Río Magdalena, en el departamento del Tolima*.
- Cofre, M.N. (2014). *Comunidades nativas de hongos micorrícicos arbusculares: respuesta*

frente a distintas *prácticas* agrícolas y efectos sobre el crecimiento de *Glycine max* (L.) Merrill. Universidad Nacional de Córdoba.

Cuenca, G., Cáceres, A., Oirdobro, G., Hasmy, Z., & Urdaneta, C. (2007). Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia*, 32(1), 23-29.

Chipana, A. K. G. (2019). Ocurrencia estacional de un Cecidomyiidae en algarrobo (*Prosopis pallida*) HBK en Pacasmayo-Perú.

Da silva, J. P. (2004). *Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares asociadas á pupunha e ao cupuaçu cultivados em sistemas agroforestal e em monocultivo na amazônia central*. Tesis de Doctor en agronomía. São Paulo, Brasil, CIP. 35 p.

DECRETO SUPREMO N° 034-2001-AG. (2004). *Creación del Santuario Histórico Bosque de Pomac*. Lima, Lima: El Perú, 2004 de junio de 2001.

Dostert, N; Roque, J; Cano, A; La Torre, M; Weigend, M. (2012). *Hoja botánica: Algarrobo. Proyecto Perú Diverso*. Cooperación Alemana al Desarrollo. Perú.

Druille, M., Acosta, G., Acosta, A., Rossi, J.L., Bailleres, M., Golluscio, R. (2017). Eficiencia de uso de las precipitaciones de cultivares de *Cenchrus ciliaris* bajo dos frecuencias de defoliación . Precipitation use efficiency of *Cenchrus ciliaris* cultivars u ... *Revista Argentina de Producción Animal* 35, 139–257.

Entry, J., Rygiewicz, P., Watrud, L., Donnelly, P. (2002). Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. *Adv. Environ. Res.* 7, 123-138.

Espinosa C.I., De-la-Cruz M., Luzuriaga A.L., Escudero A. (2012). Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. Asociación Española de Ecología Terrestre-AEET. *Ecosistemas* 21 (1-2): 167-179.  
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/35>

Fajardo, L., Lovera, M., Arrindell, P., Aguilar, V. H., Hasmy, Z., & Cuenca, G. (2015). Morphotype-based characterization of arbuscular mycorrhizal fungal communities in a

restored tropical dry forest, Margarita island-Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 63(3), 859-870.

Fajardo, L., Cuenca, G., Arrindell, P., Capote, R., Hasmy, Z. (2011). El uso de los hongos micorrízicos arbusculares en las prácticas de restauración ecológica. *Interciencia* 36, 931–936.

Félix de Aguiar, R.L. et al. (2004). Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e fósforo no desenvolvimento da algaroba (*Prosopis juliflora* Sw DC). *Árvore* 28 (4): 589-598.

Ferrario, M.P., 2019. Las comunidades de hongos micorrízicos arbusculares bajo diferentes usos del suelo en bosques de *Bulnesia sarmientoi*. Universidad Nacional de Córdoba.

Gadkar, V., David-Schwartz, R., Kunik, T., Kapulnik, Y. (2001). Arbuscular mycorrhizal fungal colonization. Factors involved in host recognition. *Plant Physiology* 127, 1493-1499.

Galera, F. (2000). *Los algarrobos: Las especies del género Prosopis de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico*. <http://www.fao.org/docrep/006/AD314S/AD314S00.htm#TOC>.

Garzón, L. P. (2016). Importancia de las Micorrizas Arbusculares (Ma) para un uso sostenible del suelo en la amazonia colombiana. *Luna azul*, (42), 217-234.

González, M. L. C. (2009). “*Caracterización Morfológica De Micorrizas Arbusculares Asociadas En Raíces De Tomate De Árbol Silvestre (Solanum Cajanumensis) Y Cultivado (Solanum Betacea) En Dos Sectores De La Provincia De* (Doctoral Dissertation, Universidad Técnica Particular De Loja).

Gómez, N. U., Zhingre, C. L., Quiñonez, E. C., Armijos, P. L., López, L. P., Cordova, M. E., & Mendoza, N. A. (2019). Aislamiento y caracterización morfológica de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) de zonas riparias del Sur del Ecuador: un enfoque a la producción de biofertilizantes. *CEDAMAZ*, 9(1), 1-7.

Guachón, T. & Prado, M. (2012). *Evaluación del efecto del inóculo Micorrízico arbuscular en el crecimiento de Cinchona pubescens y Cinchona officinalis en condiciones de vivero*. (Tesis de Grado). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.

Guerrero, E. (1996). *Micorriza: fundamentos biológicos y estado del arte*. En: Guerrero E,

Azcón C, Barea J M, Moyersoen B, Orozco C, Cano C, Mejía D, Mayer J, Rivillas C y Rivera de B E L (editores) Micorrizas: recurso biológico del suelo. Bogotá, Fondo FEN, Colombia. p 1.

Gutiérrez, J. (2015) Influencia del tipo de sustrato y planta hospedera en la colonización de *Glomus* sp. Ayacucho-2013.

Guzman, S. & Farías, J. (2005). Biología y regulación molecular de la micorriza Arbuscular. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 9, 17-31.

Hernández, Fernández y Baptista. (2003). *Metodología de la Investigación*. (3 ed.).

Hiiesalu, M. Pärtel, J. Davison, P. Gerhold, M. Metsis, M. Moora, et al. (2014). *Species richness of arbuscular mycorrhizal fungi: associations with grassland plant richness and biomass New Phytol.*, 203, pp. 233-244

Lazo, J. (2014). *Estrategia de Restauración del Santuario Histórico Bosque de Pomac. Recursos Naturales, SERNANP*, Chiclayo: SERNANP. 60 p.

Lazo, C. J. I. (2018). La edad de los árboles de *Prosopis limensis* Benth en el Santuario Histórico Bosque de Pomac-Lambayeque.

Llontop Jorge. (2010). *Causa Biológica y Magnitud de daños de la declinación del algarrobo en las regiones de Lambayeque y Piura, Perú*. Informe Técnico, Chiclayo: SENASA. 120 p.

Manjarrez M., J., Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R. (2000). *Bioteconología de la producción de inóculo micorrízico arbuscular y su control de calidad*. In: Alarcón, A., y Ferrera-Cerrato, R. (ed). *Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular*. Mundi Prensa México, S.A. de C.V. México. pp: 239-250

Márquez A., Pereda V. y Valdés. (2002). Micorrizas, la faceta menos conocida de los hongos. *Conversus*. 10:13-16 p.

Martin, C.A.; Stutz, J.C. (1994). Growth of argentine mesquite inoculated with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Jour. of Arboriculture* 20 (2): 134-139.

Martínez, L. B. y Pugnaire, F. I. (2009). Interacciones entre las comunidades de hongos

formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. *Ecosistemas*, 18(2), 44-54.

Mekahlia, M.N., Beddiar, A. & Chenchouni, H. (2013). Mycorrhizal dependency in the olive tree (*Olea europaea*) across a xeric climatic gradient. *Adv. Environ. Biol.* 7(9): 2166-2174.

Molina, M., Medina, M., & Restrepo, F. (2006). Evaluación de sustratos y cultivos trampa bajo condiciones controladas para la obtención de hongos micorrízogenos de Aliso (*Alnus acuminata* HBK). *Livestock Research for Rural Development*, 18(2), 1-12.

Monroy-Ata A., Estevez-Torres, J., García Sanchez R., Ríos-Gómez R. (2007). Establecimiento de plantas mediante el uso de micorrizas y de islas de recursos en un matorral xerófilo deteriorado. *Restauración ecológica en México*. 80 (Suplemento) 49-57.

Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y forrajes*, 32(2), 1-1.

Otovo, J. (2015). *Aportes para un manejo sostenible del ecosistema bosque tropical seco de Piura*. Piura, PE, Asociación para la investigación y desarrollo integral (AIDER). 66 p.

Peña-vanegas C. P., Cardona G. I, Mazorra, Argelles J. H. y Arcos A. L. (2006). *Micorrizas arbusculares de la Amazônia colombiana*. Catálogo ilustrado.

Pérez, C. A., S. J. Rojas, et al. (2011). Hongos formadores de Micorrizas Arbusculares: Una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el Caribe Colombiano. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.* 3(2): 366-385.

Phillips, J. M; Hayman, S. (1970). Procedimientos y técnicas mejoradas de teñido y tinción de raíces para evaluar hongos parásitos y micorrizas vesícula arbusculares. *Revista Británica de Micología*. 55 p.

PROFONANPE (Fondo de Promoción de las Áreas Naturales Protegidas del Perú). (2009). *Valoración Económica del Turismo en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado: Un estudio de caso en cuatro Áreas Naturales Protegidas del Perú/Plan Maestro del Santuario Histórico Bosque de Pómac 2011-2016*. Conservación

de Bosques Tropicales (ACBT) y el Programa PAN II Componente Bosque Seco. The Nature Conservancy. Lima. 84 p.

Rivera, C. J. C. (2020). Micropropagación de *Prosopis pallida* (Humb & Bonpl. Ex Willd.) Kunth a partir de yemas apicales. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 22(1), 18-26.

Rodríguez, M. J. I. (2012). Determinación de diversidad de esporas de hongos micorrízicos arbusculares en rizófera de orégano silvestre (*Lippia graveolens* HBK) del ejido del Barreal de Guadalupe, Torreón, Coahuila.

Ruiz, E. M. E. (2018). Determinación de la dinámica del uso y cobertura vegetal en los años 2001-2008-2016 en el santuario histórico bosque de Pómac en la provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque.

Salto, C.S., Luna, C., Pedro, G., Oberschelp, J., 2015. Efecto de la fertilización y de hongos micorrízicos. XXIX JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RIOS.

Sagadin, M.B., 2019. Identificación y caracterización de los hongos micorrízicos arbusculares autóctonos en simbiosis con *Prosopis Alba* y los mecanismos fisiológicos / bioquímicos relacionados con la tolerancia a sequía. Universidad Nacional de Córdoba.

Sandoval, F. D. T. (2018). *Caracterización de hongos micorrízicos arbusculares nativos predominantes, provenientes de pasturas de la zona de Cuñumbuque, San Martín y propagados en especies forrajeras.*

Sánchez P., M. (2007). *Las endomicorrizas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.* pp: 134-167.

Sánchez de Prager, M., Posada, R., Velásquez, D., & Narváez, M. (2010). Metodologías básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular. *Universidad Nacional de Colombia sed Palmira.*

Sánchez, A. (2015). Variación de la población de hongos micorrízicos arbusculares en un suelo agrícola por efecto de la aplicación de vinazas de la industria del tequila. *Centro de investigación y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco, AC, Guadalajara, JAL. Recuperado de: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/87/1/Ana%20Lorena%20S%C3%A1nchez%20Lizarraga.pdf>.*

- Schenck N. & Pérez. (1991). *Manual for the identification of VA micorrhizal fungi*. Plant Pathology Department. Institute of food and agricultural Science. University of Florida. 3rd. Edition 286 p.
- SERNANP- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2011). *Plan Maestro Santuario Histórico Bosque de Pómac-Perú 2011-2016*. 1era ed. Lima, SERNANP-Lima. 171 p.
- Sieverding, E. (1983). *Manual de métodos para investigación de la micorriza vesículo-arbuscular en el laboratorio de CIAT. Palmira-Cali. Colombia*. 120 p.
- Simon, L., Bousquet, J., Lévesque, R., Lalonde, M. (1993). Origin and diversification of endomy- corrhizal fungi and coincidence with vascular plants, *Nature*, 363, 67-69.
- Smith, S y Read, D. (1997). *Mycorrhizal Symbiosis*. Reino Unido: Academic Press.
- Sturmer, S. L. (2012). A history of the taxonomy and systematics of arbuscular mycorrhizal fungi belonging to the phylum Glomeromycota. *Mycorrhiza* 22(4): 247-258.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*, Tercera ed, USA.
- Tapía, G. J. J. (2003). *Identificación de Hongos Micorrízicos Arbusculares aislados de suelos salinos y su eficiencia en plantas de lechuga (Lactuca sativa L.)*. Biotecnología. Tecmán, Colima, Universidad de Colima. Doctorado en Ciencias: 1-137.
- Tafur, M. (2018). *Variación de la cobertura vegetal boscosa del Santuario Histórico Bosque de Pomac-SHBP del año 2008 al Año 2015* (Doctoral dissertation, Tesis maestría, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque-Perú).
- Tous, J. (1984). Cultivo de Algarrobo. Hojas Divulgadoras 10. ES, Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Recuperado de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/327003.pdf>
- Tungui, C. K. A. (2016). Evaluación de la diversidad morfológica de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y porcentaje de micorrización presentes en la Rizósfera de *Lippia graveolens* HBK.
- Tropicos.org. (2021). Tropicos Name-! *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth. <http://www.tropicos.org/Name/13032112>.

- Van der Heijden, M., Bardgett, R. D. y Van Straalen, N. M. (2008). The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11(3), 296-310.
- Vera-morales, M., Barcos-arias, M.S., Pino-acosta, A.Y., Oviedo-anchundia, R.J., 2021. Dispersión y transporte de propágulos micorrícicos en el bosque seco tropical 30, 1–12.
- Z.Y. Shi, L.Y. Zhang, X.L. Li, G. Feng, C.Y. Tian, P. Christie. (2007). Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with desert ephemerals in plant communities of Junggar Basin, northwest *China Appl Soil Ecol.*, 35, pp. 10-20

## CAPÍTULO VII

### ANEXO I: PANEL FOTOGRÁFICO.

Paso 1; Foto de ubicación de la parcela de muestreo



Paso 2; Georreferenciación, establecimiento del área y obtención de muestras

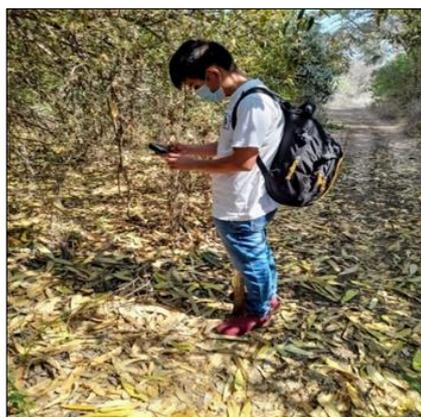


Foto 1. Georreferenciación del área muestral

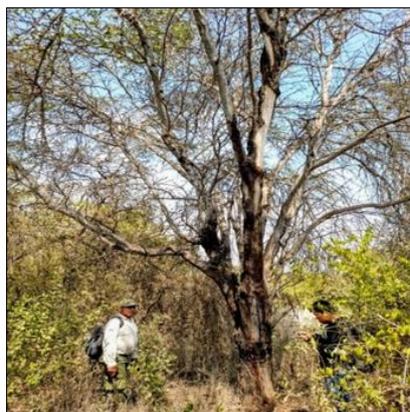


Foto 2. Georreferenciación de *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.)



Foto 3. Obtención de 1kg. de muestra de suelo



Foto 4. Obtención de raicillas



Foto 5. Obtención de muestras de suelo y raicillas

### Paso 3; Separación de esporas de hongos micorrízicos



Foto 1. Peso de 100 g de suelo



Foto 2. Frasco de Erlenmeyer con agua



Foto 3. Homogenización de agua destilada más suelo rizosférico



Foto 4. Tamizado de suelo



Foto 5. Muestras del tamizado

Paso 4; Centrifugación, decantación y extracción para concentrar las esporas



Foto 1. Solución de sacarosa al 70%



Foto 2. Centrifugando



Foto 3. Interfase en los tubos de centrifuga



Foto 4. Concentración de esporas



Foto 5. Conteo de esporas

Paso 5; Tinción de raíces y Cuantificación del porcentaje de colonización



Foto 1. Raíz de *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth



Foto 2. KOH al 10% en raicillas



Foto 3. KOH al 10% + baño Maria



Foto 4. Lavado de raicillas



Foto 5. KOH al 10% + H2O2 al 10%



Foto 6. HCl al 1N



Foto 7. Tinción con azul de tripano



Foto 8. Raicillas tenidas

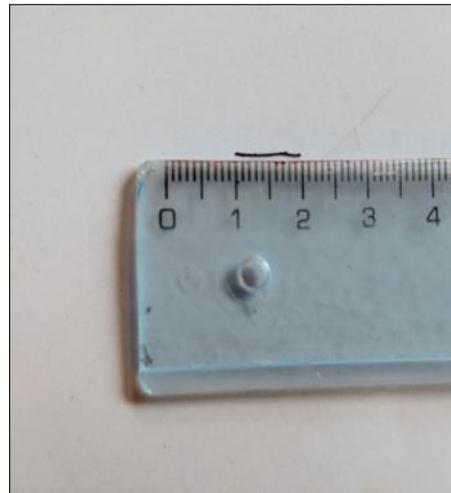


Foto 9. Medición de raicillas a 1cm de longitud

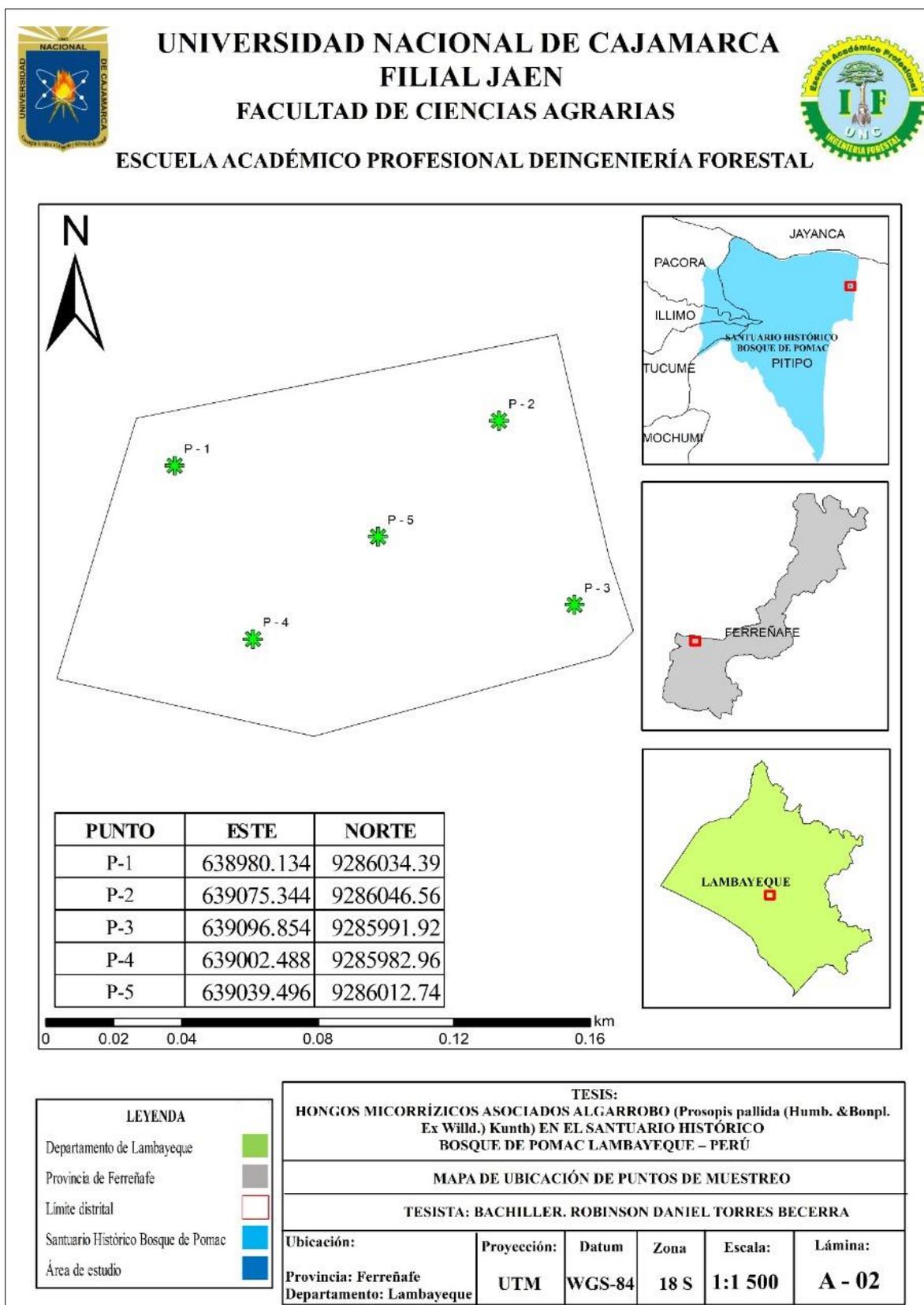


Foto 10. Montaje de raicillas



Foto 4. Observación de campos infestados

ANEXO II: Mapa de dispersión de especies inventariadas.



**ANEXO III:**

RESOLUCIÓN JEFATURAL DEL SANTUARIO HISTÓRICO BOSQUE DE PÓMAC N°004-2020-SERNANP-JEF.

Que Resuelve: Autorizar el desarrollo de la investigación científica denominada: “Evaluación de Hongos micorrízicos arbusculares asociados a *Prosopis pallida* H.B.K, en el Santuario Histórico Bosque de Pómac Lambayeque - Perú” a favor de ROBINSON DANIEL TORRES BECERRA, a ser realizada en el Santuario Histórico Bosque de Pómac por el periodo de DOS (02) AÑOS.



## RESOLUCIÓN JEFATURAL DEL SANTUARIO HISTÓRICO BOSQUE DE PÓMAC

N° 004-2020-SERNANP-JEF

Chiclayo, 28 de setiembre de 2020

### VISTO:

El Informe N° 055– 2020 -SERNANP-DGANP-SHBP-E/JILC, de fecha del 21 de setiembre 2020 que evalúa la solicitud inicial presentada e Informe N° 056– 2020 -SERNANP-DGANP-SHBP-E/JILC de fecha 28 de setiembre 2020, evalúa el levantamiento de observaciones por el Sr. Robinson Daniel Torres Becerra para realizar la investigación científica que incluye la colecta o extracción de muestras biológicas, y suelo en el marco del proyecto denominado: “Evaluación de Hongos micorrízicos arbusculares asociados a *Prosopis pallida* H.B.K, en el Santuario Histórico Bosque de Pómac Lambayeque – Perú”, en el ámbito del Santuario Histórico Bosque de Pómac, por el periodo de DOS (02) AÑOS.

### CONSIDERANDO:

Que, según lo previsto en los incisos g) e i) del artículo 2° de la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, unos de sus principales objetivos de protección es servir de sustento y proporcionar medios y oportunidades para el desarrollo de la investigación científica;

Que, en concordancia con ello, en el artículo 29° de la precitada Ley, se establece que el Estado reconoce la importancia de las Áreas Naturales Protegidas para el desarrollo de la investigación científica básica y aplicada, siempre que no afecte los objetivos de conservación, se respete la zonificación y las condiciones establecidas en el Plan Maestro;

Que, la actualización del Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas, aprobada por Decreto Supremo N° 016-2009-MINAM, refiere que la investigación científica constituye una herramienta básica para la generación de información que permita mejorar el conocimiento sobre la diversidad biológica, así como para el manejo de recursos naturales y la gestión de riesgos y amenazas;

Que, mediante Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, publicado el 23 de setiembre de 2015, se declara de interés nacional el desarrollo de investigaciones al interior de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional, determinándose su gratuidad, así como los procedimientos de aprobación automática y evaluación previa para su otorgamiento;

Que, en el artículo 4° del mencionado Decreto Supremo, se prevé cinco supuestos en los que la autorización de investigación requiere de evaluación previa: a) ingreso a ámbitos de acceso restringido, b) la colecta o extracción de muestras biológicas, c) se prevea la alteración

del entorno o instalación de infraestructura en el caso de áreas naturales protegidas de administración nacional, d) el uso de equipo o infraestructura perteneciente a las ANP de administración nacional, e) investigación en predios privados;

Que, mediante Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP, publicada el 20 de enero de 2016, se aprueban las Disposiciones Complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación, las mismas que establecen las normas y lineamientos que regulan las investigaciones realizadas al interior de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional;

Que, en el artículo 23° de las precitadas Disposiciones Complementarias se establecen los criterios de evaluación del Plan de Investigación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 35-2017-MINAM del 03 de febrero del 2017, modifica, entre otros, el Procedimiento N° 4 del Texto Único de Procedimientos Administrativos – TUPA del SERNANP, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2012-MINAM y modificado por Resolución Ministerial N° 152-2016-MINAM y Resolución Ministerial N° 315-2016-MINAM;

Que, mediante la Resolución Presidencial N° 099-2017-SERNANP, publicado el 18 de abril de 2017, se modifica el proceso GAN-01-10-Otorgamiento de Certificado de Procedencia, asimismo deja sin efecto la Resolución Presidencial N° 250-2013-SERNANP que aprobó el Certificado de Procedencia de los recursos naturales renovables forestales, flora y/o fauna silvestre provenientes de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional;

Que, mediante Resolución Presidencial N° 169-2019-SERNANP, que aprueba la modificación del mapa de Procesos de Gestión de Áreas Naturales Protegidas, en base a la aplicación de la mejora continua, para el control de ingreso a las Áreas Naturales Protegidas para realizar Investigación y Evaluación de recursos naturales y medio ambiente;

Resolución Presidencial N° 114-2020-SERNANP, que Aprueba el “Plan para la Vigilancia, Prevención y Control de COVID-19 en el Trabajo del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SERNANP”.

Que, a través del documento del visto, el Sr. Robinson Daniel Torres Becerra, solicita autorización para realizar investigación científica que incluye la colecta o extracción de muestras biológicas; en el marco del proyecto denominado: “Evaluación de Hongos micorrízicos arbusculares asociados a *Prosopis pallida* H.B.K, en el Santuario Histórico Bosque de Pómac Lambayeque - Perú” en el ámbito del Santuario Histórico Bosque de Pómac, por el periodo de DOS (02) AÑOS;

Que, mediante Informe N° 055 - 2020-SERNANP-DGANP-SHBP-E/JILC de fecha 21 de setiembre del 2020, se evalúa la solicitud presentada, concluyendo que esta no cumple con los requisitos establecidos en la Resolución presidencial N° 287-2015-SERNANP; y el TUPA 4 del SERNANP (Resolución Ministerial N° 35-2017-MINAM), presentando tres observaciones y mediante Informe N° 056 - 2020-SERNANP-DGANP-SHBP-E/JILC de fecha 28 de setiembre del 2020, se tiene por subsanada en su totalidad las observaciones y recomienda a la jefatura otorgar la autorización de ingreso al Santuario Histórico Bosque de Pómac.

En uso de las atribuciones conferidas por el numeral 2.1 del artículo 2° del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, el artículo 14° de las Disposiciones Complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación, aprobadas por Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP, y el artículo 27° del Reglamento de Organización y Funciones del SERNANP, aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2008-MINAM.

## SE RESUELVE:

**Artículo 1°.** - Autorizar el desarrollo de la investigación científica denominada: "Evaluación de Hongos micorrízicos arbusculares asociados a *Prosopis pallida* H.B.K, en el Santuario Histórico Bosque de Pómac Lambayeque - Perú" a favor de **ROBINSON DANIEL TORRES BECERRA**, a ser realizada en el Santuario Histórico Bosque de Pómac por el periodo de DOS (02) AÑOS.

**Artículo 2°.**- Autorizar el ingreso a **ROBINSON DANIEL TORRES BECERRA** y a las siguientes personas, integrantes del equipo de investigación

Apellidos y Nombres	Documento de identidad	País de Procedencia	Cargo	Institución
Marcela Nancy Arteaga Cuba	27671665	Peruana	Colaborador	Universidad Nacional de Cajamarca
Jean Carlo Toro Niño	45311299	Peruana	Colaborador	-----

**Artículo 3°.**- Los integrantes del equipo de investigación son responsables de conocer y cumplir las disposiciones contenidas en la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, y su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 038-2001-AG, modificado por Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, así como en la Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP. Asimismo, los investigadores deberán cumplir con las normas que la Jefatura y su personal dispongan durante el desarrollo de la investigación.

**Artículo 5°.** - El señor ROBINSON DANIEL TORRES BECERRA, autorizado en el artículo 1° de la presente Resolución, en su calidad de investigador principal asume las siguientes obligaciones y compromisos:

- a. Presentar copia de la presente autorización al personal del ANP que lo solicite.
- b. Solo investigadores autorizados, pueden ingresar al ANP, para hacer trabajo en el campo.
- c. No extraer muestras biológicas diferentes a las autorizadas.
- d. Tramitar el certificado de procedencia, cuando se requiera trasladar muestras de material biológico colectado fuera del ámbito del ANP.
- e. Comunicar al SERNANP cualquier descubrimiento nuevo para la ciencia, además de entregar una copia del depósito del holotipo del nuevo taxón en una institución científica nacional autorizada por SERFOR.
- f. Gestionar los permisos de exportación ante el SERFOR cuando se requiera enviar al extranjero muestras del material biológico colectado
- g. Confidencialidad; El Titular de la autorización de la investigación se compromete a guardar la confidencialidad sobre la ubicación específica de los recursos, especies amenazadas o de distribución restringida, así como áreas biológicas sensibles del ANP.
- h. Entregar una vez publicado los resultados de la investigación, una copia digital del informe o la publicación al SERNANP y autorizar su registro en la biblioteca digital del SERNANP.
- i. Entregar a la jefatura del ANP un informe final de la investigación.
- j. Cumplir con la normativa de Áreas Naturales Protegidas, así como el "Plan para la Vigilancia, Prevención y Control de COVID-19 en el Trabajo del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SERNANP"
- k. El Equipo de investigación deberá presentar Declaración Jurada de Salud para el ingreso al área natural protegida.

El incumplimiento injustificado de estas obligaciones y compromisos producirá el ingreso del investigador en la lista de investigadores inhabilitados para próximas autorizaciones emitidas por el SERNANP.

**Artículo 6º.-** La autorización a la que se refiere el Artículo 1º caducará automáticamente al vencer el plazo concedido, por el incumplimiento injustificado de los compromisos adquiridos o por cualquier daño al patrimonio natural, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas, civiles o penales que pudieran originarse.

**Artículo 7º.-** El SERNANP se abstiene de toda responsabilidad por los accidentes o daños que puedan sufrir los integrantes del equipo de investigación durante el desarrollo del proyecto de investigación científica.

**Artículo 8º.-** Regístrese la presente Resolución en el Módulo de Seguimiento a las autorizaciones de investigación del SERNANP, en el archivo de autorizaciones del Santuario Histórico Bosque de Pómac y publíquese en la página web del SERNANP [www.sernanp.gob.pe](http://www.sernanp.gob.pe).

Regístrese y comuníquese.

MTRA. ING.SIRLEY MEDALIT BERNABE ORELLANO  
Jefe del Santuario Histórico Bosque de Pómac  
Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado  
SERNANP