

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Inoculantes micorrícicos, sustratos y contenedores en la  
producción de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.) en Vivero  
de Alta Tecnología de Canaán 2750 msnm, Ayacucho**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**PRESENTADO POR:  
Delia Fernández Huamán**

**ASESOR:  
Dr. Yuri Gálvez Gastelú**

**Ayacucho – Perú**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGROMOMÍA**  
**TESIS**

**Inoculantes micorrícicos, sustratos y contenedores en la producción de  
plantones de algarrobo (*Prosopis* sp.) en Vivero de Alta Tecnología  
de Canaán 2750 msnm, Ayacucho**

Expedito : 31 de diciembre de 2019

Sustentado : 06 de diciembre de 2021

Calificación : Muy bueno

Jurados :



---

**Ph.D. NERY LUZ SANTILLANA VILLANUEVA**  
**Presidente**



---

**M.Sc. ALEJANDRO CAMASCA VARGAS**  
**Miembro**



---

**Dra. ROBERTA ESQUIVEL QUISPE**  
**Miembro**



---

**Dr. YURI GALVEZ GASTELÚ**  
**Asesor**

*A mis queridos padres, por su comprensión,  
apoyo y estímulo para el logro de mis ideales y  
ser útil para la sociedad.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Nuestro Divino Hacedor, por haberme dotado la vida y salud, durante este tiempo de mi formación y concluir satisfactoriamente mis estudios profesionales.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Alma Mater de mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y con especial reconocimiento a la Escuela Profesional de Agronomía, a toda su plana docente, por compartir sus conocimientos, consejos y experiencias durante la vida estudiantil, conllevando a la culminación de mis estudios.

Al Dr. Yuri Gálvez Gastelú, docente de la Facultad de Ciencias Agrarias, asesor del presente trabajo de investigación, quien me brindó su orientación y apoyo para la culminación de mi tesis.

Con gratitud al Dr. José Antonio Quispe Tenorio, quien participó como coasesor del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Rómulo Agustín Solano Ramos, por la iniciativa y propuesta del trabajo de investigación.

Al Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa, por su apoyo y colaboración en la ejecución de la tesis.

Al Proyecto FOCAM-“Recuperación, conservación y aplicación de hongos micorrícicos y entomopatógenos nativos en Vinchos y Chiara, Ayacucho” y Laboratorio de Agrobiología, por facilitarme el uso de los diferentes equipos e insumos.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xii
Resumen.....	1
Introducción .....	2
<b>CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
1.1. Antecedentes .....	4
1.2. Origen y distribución de algarrobo .....	4
1.3. Taxonomía del algarrobo .....	6
1.4. Características morfológicas del algarrobo.....	6
1.4.1. Tallo y rama .....	6
1.4.2. Hoja.....	6
1.4.3. Inflorescencia .....	7
1.4.4. Frutos .....	7
1.4.5. Raíz .....	7
1.4.6. Floración .....	7
1.4.7. Fructificación .....	8
1.5. Hábitat de crecimiento del algarrobo.....	8
1.6. Aspectos climáticos, edáficos agroecológicos.....	9
1.7. Fenología del algarrobo. ....	9
1.7.1. Clima.....	9
1.7.2. Suelo.....	10
1.7.3. Riego .....	10
1.7.4. Cosecha y conservación de frutos y semillas.....	11
1.7.5. Propagación.....	11
1.7.6. Germinación.....	12
1.7.7. Usos.....	12
1.8. Importancia del algarrobo. ....	13
1.8.1. Importancia alimentaria. ....	13

1.8.2. Importancia agronómica .....	14
1.9. Teorías y enfoques .....	14
1.9.1. Las micorrizas y sus efectos.....	14
1.10. Tipos de micorrizas.....	14
1.10.1. Ectomicorrizas .....	14
1.10.2. Endomicorrizas .....	16
1.10.3. Ectoendomicorrizas.....	16
1.10.4. Beneficios de la micorrización.....	16
1.10.5. Factores dañinos a las micorrizas.....	17
1.11. Tipos de inóculo micorrícicos.....	18
1.11.1. Técnicas de inoculación con esporas .....	18
1.12. Sustrato.....	21
1.13. Contenedores.....	22
<b>CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....</b>	<b>24</b>
2.1. Ubicación .....	24
2.2. Características climatológicas y edáficos .....	24
2.3. Materiales y equipos utilizados.....	24
2.3.1. Preparación del sustrato .....	24
2.3.2. Insumos .....	25
2.3.3. Evaluación de plantas de algarrobo .....	25
2.3.4. Materiales del laboratorio .....	25
2.4. Factores en estudio.....	26
2.4.1. Tipos de inoculantes micorrícicos.....	26
2.4.2. Tipos de sustratos.....	26
2.4.3. Tipos de contenedores.....	26
2.4.4. Especie forestal .....	26
2.5. Diseño experimental .....	26
2.6. Instalación y conducción del experimento.....	27
2.6.1. Obtención de semillas .....	27
2.6.2. Tratamientos pre-germinativos de las semillas.....	28
2.6.3. Preparación del sustrato .....	28
2.6.4. Descripción de las características físicas y químicos de los sustratos .....	28
2.6.5. Desinfección de semillas.....	29
2.6.6. Llenado en los contenedores .....	30

2.6.7. Siembra .....	30
2.6.8. Inoculación de micorrizas .....	30
2.6.9. Riegos.....	30
2.6.10. Deshierbo .....	30
2.7. Parámetros evaluados.....	31
<b>CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>33</b>
3.1. Longitud de tallo, longitud de raíz y número de ramas .....	33
3.1.1. Longitud de tallo .....	33
3.1.2. Longitud de raíz .....	37
3.1.3. Número de ramas .....	40
3.2. Peso fresco total de la planta (tallo + raíz).....	42
3.2.1. Peso fresco total de la planta.....	42
3.2.2. Peso fresco del tallo .....	44
3.2.3. Peso fresco de raíz.....	48
3.3. Peso seco total de la planta, tallo, raíz y relación tallo raíz .....	50
3.3.1. Peso seco total de la planta .....	50
3.3.2. Peso seco del tallo .....	53
3.3.3. Peso seco de raíz .....	56
3.3.4. Relación tallo/raíz .....	60
3.4. Correlación entre caracteres.....	63
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>74</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1.1. Cantidad de algarrobo en la alimentación de animales.....	13
Tabla 1.2. Composición química del heno de Algarrobo tropical ( <i>Prosopis</i> sp.).....	13
Tabla 1.3. Hongos micorrícicos reportados en el Perú .....	20
Tabla 2.1. Descripción de los tratamientos en estudio .....	27
Tabla 2.2. Características físicas y químicas de los componentes del sustrato .....	29
Tabla 3.1. Análisis de variancia de la longitud de tallo (cm) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....	33
Tabla 3.2. Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en la longitud de tallo de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....	35
Tabla 3.3. Análisis de variancia de la longitud de raíz (cm) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....	37
Tabla 3.4. Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en la longitud de raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	39
Tabla 3.5. Análisis de variancia del número de ramas con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	40
Tabla 3.6. Análisis de variancia del peso fresco total de la planta (g) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....	42
Tabla 3.7. Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco total de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....	43
Tabla 3.8. Análisis de variancia del peso fresco del tallo (g) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....	45
Tabla 3.9. Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x inoculante en el peso fresco del tallo de plántones de algarrobo	

	( <i>Prosopis</i> sp). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	46
Tabla 3.10.	Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco del tallo de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	47
Tabla 3.11.	Análisis de variancia del peso fresco de raíz (g) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....	48
Tabla 3.12.	Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco de raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	49
Tabla 3.13.	Análisis de variancia del peso seco total (g) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	50
Tabla 3.14.	Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso seco total de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	51
Tabla 3.15.	Análisis de variancia del peso seco del tallo (g) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....	53
Tabla 3.16.	Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso seco del tallo de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	54
Tabla 3.17.	Análisis de variancia del peso seco de raíz (g) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....	56
Tabla 3.18.	Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso seco de raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	58
Tabla 3.19.	Análisis de variancia de la relación tallo/raíz con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....	60
Tabla 3.20.	Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en la relación Tallo/raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp). Canaán 2750	

	msnm – Ayacucho .....	61
Tabla 3.21.	Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco de la raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	62
Tabla 3.22.	Coefficientes de correlación (negrita) y valor p (debajo de negrita) entre caracteres de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 2.1. Croquis de la distribución de los tratamientos estudiados.....	27
Figura 3.1. Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en la longitud de tallo de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.) Canaán 2750 msnm – Ayacucho. ....	34
Figura 3.2. Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en la longitud de tallo de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.) Canaán 2750 msnm – Ayacucho. ....	36
Figura 3.3. Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en la longitud de raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.) Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	38
Figura 3.4. Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en la longitud de raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	39
Figura 3.5. Prueba de Tukey del efecto principal de sustrato en el número de ramas de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	41
Figura 3.6. Efecto principal de contenedor en el número de ramas de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho. ....	41
Figura 3.7. Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en el peso fresco total de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	43
Figura 3.8. Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco total de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	44
Figura 3.9. Efectos simples de la interacción sustrato x inoculante en el peso fresco del tallo de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	46
Figura 3.10. Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco del tallo de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	47
Figura 3.11. Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en el peso fresco	

	de raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	49
Figura 3.12.	Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco de la raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	50
Figura 3.13.	Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en el peso seco total de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	51
Figura 3.14.	Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso seco total de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	52
Figura 3.15.	Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en el peso seco del tallo de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	54
Figura 3.16.	Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso seco del tallo de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	55
Figura 3.17.	Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en el peso seco de raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	57
Figura 3.18.	Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso seco de raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	58
Figura 3.19.	Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en la relación Tallo/raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	61
Figura 3.20.	Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco de la raíz de plántones de algarrobo ( <i>Prosopis</i> sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho .....	63

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Datos de la evaluación .....	75
Anexo 2. Panel fotográfico .....	77

## RESUMEN

La investigación se realizó en el Vivero Forestal de Alta Tecnología de AGRORURAL - Ayacucho, ubicado en Canaán Bajo; Distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga, Región Ayacucho a 2 km de la ciudad de Huamanga a una altitud de 2750 m., con el objetivo general de evaluar la influencia de dos tipos de inóculos micorrícicos, sustratos y contenedores en la producción de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.), bajo las condiciones del vivero forestal. Se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR), con arreglo factorial de 2S X 2M X 2C, con 5 repeticiones, haciendo un total de 40 unidades experimentales. Cada unidad experimental conformada por cinco plántones, totalizando 200 plántones. De los resultados se llegó a las siguientes conclusiones: En el uso de los tipos de inoculantes micorrícicos, tierra micorrizada y micorriza comercial existen mínimas diferencias en los parámetros evaluados; longitud del tallo, raíz, número de ramas, peso fresco total y peso seco total del plánton. El sustrato 2 (compuesto de tierra agrícola 50%, abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla 30% y arena 20%), ofrece mejores condiciones en la propagación de los plántones de algarrobo, en comparación al sustrato de tierra negra 30%. En los parámetros evaluados de longitud de la raíz y la del tallo al utilizar abono colmatado y tierra negra en bolsa de polietileno (5 x 7 pulgadas x 2 mm) superaron al tratamiento efectuado en los tubetes. El peso fresco total y peso seco total al utilizar abono colmatado y tierra negra en bolsa fue superior a los tratamientos conducidos en tubetes. En la relación, peso fresco de tallo / raíz: el tratamiento de tierra negra- bolsa y tubete, fue superior al tratamiento efectuado con abono colmatado – bolsa y tubete.

**Palabras clave:** Inóculos micorrícicos, abono colmatado, *Prosopis* sp. y tubetes.

## INTRODUCCIÓN

El algarrobo (*Prosopis* sp.), especie de alto valor económico, social, ambiental y técnico, constituye un recurso muy importante a nivel del Perú y en la región de Ayacucho, en la actualidad tiene una gran demanda por sus múltiples usos, los frutos constituyen materia prima para las industrias médicas y alimenticias. Como recurso ambiental, es muy importante en el control de la erosión y desertificación de las dunas costeras, en la captación del nitrógeno atmosférico y su fijación en el suelo, la incorporación de materia orgánica a partir de la descomposición de sus hojas y ramas. En la actualidad es prioridad del estado una reforestación intensiva con esta especie para cubrir la demanda del mercado interno y externo. Consideraciones a tener cuenta en la producción de plántones de algarrobo como, el tiempo de permanencia en el vivero y la producción de un plantón de calidad para instalar en campo definitivo, la utilización de cada sistema de producción repercute en el costo de producción de cada plantón.

La aplicación de fertilizantes sintéticos tiene ventajas y desventajas, cuando son utilizados en cantidades mayores alteran la calidad nutricional del suelo; los fertilizantes sintéticos inhiben el desarrollo de los microorganismos como bacterias, hongos y alga del suelo (Brack y Mendiola, 2000).

La micorriza como hongo simbiote es muy importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Su aplicación es vital en zonas donde existe deficiencias en el crecimiento y desarrollo de las plantas (dunas, terrenos infértiles, zonas deforestadas). Las micorrizas actúan como un órgano de absorción que se extiende por el estrato superficial del suelo y es capaz de proporcionar a la planta agua y nutrientes, el hongo obtiene de la planta nutrientes en forma de azúcares y monosacáridos producto de la fotosíntesis, elementos fundamentales para su desarrollo. El mecanismo de acción de las micorrizas es la asociación entre las plantas y los hongos benéficos, el beneficio directo es el aumento del volumen del sistema radicular, por ende, permite una mayor actividad

en la rizosfera. Las micorrizas son microorganismos más activos circundantes al área radicular de la planta, cuya función principal es dotar de nutrientes a la planta, a su vez provee al hongo simbionte nutrientes orgánicos (Corredor, 2008).

El sustrato a utilizar en la producción de plantones en el vivero, va depender del tiempo que el plantón alcance la condición de apto para instalar en campo definitivo, el medio debe ser un material inerte que no contenga elementos nutritivos y que proporcione optima temperatura y buena humedad.

Los contenedores son envases donde se producen plantones hasta el momento de ser instalados en campo definitivo. Los métodos de producción en la actualidad es remplazar las bolsas de polietileno por envases de plástico rígido (Gomes et al., 2003). Estos contenedores mejoran la calidad morfológica de las raíces y la formación de cepellones compactos, facilitan el manipuleo en el vivero y la reducción en los costos de producción.

El presente trabajo de investigación se realizó, en la campaña forestal 2014 y 2015 con la finalidad de evaluar tipos de inóculo de micorrizas, tipos de sustratos y contenedores que determinan el efecto de los variables en la producción de plántulas de *Prosopis* sp. en condiciones de vivero. La investigación tiene como objetivos:

### **Objetivo general**

Conocer la influencia de tipos de inóculos micorrícicos, sustratos y contenedores en la producción de plantones de algarrobo (*Prosopis* sp.), bajo las condiciones del vivero forestal de Alta Tecnología de Canaán, 2750 msnm, Ayacucho.

### **Objetivos específicos**

1. Evaluar la influencia de dos tipos de inóculos micorrícicos en la producción de plantones de algarrobo, en el vivero forestal de Alta Tecnología de Canaán Bajo.
2. Evaluar la influencia de dos tipos de sustratos en la producción de plantones de algarrobo, en el vivero forestal de Alta Tecnología de Canaán Bajo.
3. Evaluar la influencia de dos tipos de contenedores en la producción de plantones de algarrobo, en el vivero forestal de Alta Tecnología de Canaán Bajo.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. ANTECEDENTES**

Ancco (2019) al evaluar el inoculo micorrizal del hongo (*Boletus edulis*) en la producción de plántones de pino (*Pinus radiata* D. Don) en Andahuaylas, reporta que el plantón de pino a los 270 días alcanzo la altura de planta en promedio 45.97 cm, con el tratamiento de micorriza comercial, similar resultado se obtuvo al evaluar mayor número de raíces por plantón. En peso seco del plantón a los 270 días se obtuvo con el tratamiento de micorriza comercial en promedio 6.75 gramos por plantón.

Melgarejo (2017) reporta que los tratamientos de *Pinus radiata* con tierra micorrizada lograron mayor resultado en 150 días obteniendo altura de planta 25.20 cm, con respecto al testigo sin tratamiento.

Romero (2004) demostró que en la instalación de algarrobo con hoyadura y microaspersores tuvo mayor influencia sobre la supervivencia y el crecimiento de altura y diámetro a la altura del cuello (DAC) y supervivencia del 84.35%, en comparación a subsolado del suelo. Mientras con inoculo de micorrizas (TRI-TON) que contenía tres especies del genero *Glomus*, no tuvieron efecto directo sobre el DAC y la supervivencia, solo tuvieron efecto sobre la altura de planta.

#### **1.2. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL ALGARROBO**

Según Ferreyra (1984) la especie *Prosopis* sp., es originario de la región costera de Perú, Ecuador y Colombia; fue domesticado en Puerto Rico y en la isla Molokai (Hawái). Después se introdujo como especie de producción agrícola en el nor-este de Brasil, India y Australia, (Galera, 2000). Se encontraron evidencias en artesanías precolombinos en forma de tallados a base de madera de algarrobo, descubierto y estudiado por el historiador Raimondi en el Perú, los cuales preestablecen que el

algarrobo era producido y utilizado desde las épocas Prehispánicas. El término algarrobo fue introducido por los españoles, que encontraron en *Prosopis* características idénticas a las del “Algarrobo europeo” *Ceratonia siliqua* (Munaylla, 2014).

Según los herbarios pertenecientes a los centros de estudios superiores de San Marcos, Trujillo, Pedro Ruiz Gallo, la especie *Prosopis* sp. se ubica en los valles de Tacna, Arequipa, Nazca, Ica, Casma, Viru, Moche, Chicama, Jequetepeque, Chaman, Zaña, Chancay, La Leche, Olmos, Piura, Chira, Bocapán, Tumbes, Zarumilla. Encontrándose en el valle de Jequetepeque, en mayor porcentaje (*Prosopis pallida*), éstas se ubican en las dunas altas en forma dispersa, algunos algarrobales se encuentran en la periferia de la ciudad de San Pedro de Lloc, en Pacasmayo, en forma de montes dispersos, llegando a la periferia de la ciudad de Chilete. La especie *Prosopis* también se encuentra en Colombia. *Prosopis pallida* forma *pallida*: su producción en la isla de Molokai de Hawái data de tiempos remotos, EE.UU., donde se ha adaptado optimamente. *Prosopis pallida* forma *armata*: Es originaria de la costa norte del Perú. Al igual existen evidencias en el sur de Ecuador. *Prosopis pallida* forma *decumbens*: en el norte de Perú *Prosopis pallida* está confinada en esta región en forma *annularis*.

En 1945 Weberbauer publicó: “El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos” en el que hace mención al género *Prosopis* como una especie que caracteriza regiones de clima seco y su límite superior llega hasta 2,550 m. en las Vertientes Occidentales, 2,800 m. en el Valle del Mantaro y 2,950 m. en Apurímac (Weberbauer, 1945).

La Field Museum de la ciudad de Chicago U.S.A., publicó en 1943 las leguminosas del Perú en la serie: “Flora of Perú” donde se describen varias especies de algarrobo. En 1960 el Dr. Ramón Ferreira publicó: “Algunos Aspectos Fito geográficos del Perú” donde se hace un estudio analítico del Algarrobal del norte y sus comunidades adyacentes. En 1979 publica “El Algarrobal y Manglar de la Costa Norte del Perú” (Ferreira, 1987).

En 1995 el Dr. Ángel Díaz Celis publica: “los Algarrobos”, en dicho texto se hace una descripción botánica de las especies peruanas del género *Prosopis* propias de la Costa (Díaz, 1995).

### 1.3. TAXONOMÍA DEL ALGARROBO

Cronquist (1988), señala que el algarrobo tiene siguiente clasificación taxonómica:

REINO	: Vegetal o Plantae
DIVISION	: Magnoliophyta
CLASE	: Magnoliopsida
ORDEN	: Rosales
FAMILIA	: Mimosoideae
GENERO	: Prosopis
ESPECIE	: <i>P. pallida</i> , <i>P. juliflora</i> , <i>P. chilensis</i> , <i>P. alba</i> .

Nombres comunes: Según los reportes de investigación esta especie se conoce como: “Algarrobo”, “Guarango”, “Mesquite” (Galera, 2000).

Díaz (2005), citado por Munaylla (2014) señala que es diverso, puede llegar a crecer hasta 20m de altura y 2m de diámetro, de hábito arbóreo o arbustivo.

### 1.4. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICA DEL ALGARROBO

#### 1.4.1. Tallo y ramas

La especie *Prosopis pallida* H.B.K. como especie arbórea puede alcanzar 18 m de altura o desarrollarse como especie arbustiva, alcanzando en su crecimiento 3 a 4 m y de 40 a 80 cm en diámetro de tallo, llegando alcanzar hasta 2 m. Presenta ramas gruesas que se dividen a partir de los 10 cm desde el nivel del terreno hasta 150 cm. El algarrobo posee espinas divaricadas, encontrándose en cada nudo de 1 a 4 cm de longitud. Existiendo ramificaciones con espinas y sin espinas en el mismo árbol. En la costa peruana y ecuatoriana se puede encontrar especies con ramificación de tipo ascendente y colgante o decumbente, incluso en algunas zonas en el suelo (Burkart, 1976).

#### 1.4.2. Hojas

Presenta hojas bipinnadas y alternas en estadios de crecimiento. Es común la presencia de las hojas en las nudosidades de plantas adultas, encontrándose de 2 a 10 hojas que emergen en las ramificaciones pequeñas muy cortas y juntas, similares a braquiblastos de 2 a 8 cm de largo, en forma de curvos dorsalmente. Lo común es observar hojas con 2 a 3 pares de pinnas de 2 a 6 cm de largo, disposición de folíolos opuestas a lo largo del raquis, en cantidades de 11 a 14 pares, equidistantes de 2 a 3 mm entre cada par. Presenta folíolos en forma lineal, obtusos, puntiagudos, generalmente pubescentes, de 8

mm de largo por 1 a 3 mm de ancho, poseen glándulas en forma de cúpulas en la bifurcación de cada par de pinnas (Burkart, 1976).

#### **1.4.3. Inflorescencias**

El algarrobo posee inflorescencias de 8 - 14,5 cm de longitud, 23 mm de diámetro y un espesor de 1.0 – 1.3 cm, con flores de color amarillo-verdosas subsésiles, de cáliz sublobado, agudo y con pétalos descubiertos en forma lineal lanceoladas, de 2 a 3 cm de longitud. Poseen estambres descubiertos de 10 unidades, en el exterior de la corola, posee polen ricolporado. La forma del ovario es elevado, con estilo fino, y estigma pequeño. Encontrándose en nivel máximo 366 flores en cada inflorescencia y mínimo de 238 flores (Sánchez, 1984).

#### **1.4.4. Frutos**

Los frutos del algarrobo son de aspecto carnosos y dulce, consistencia comprimido, coloración amarillo pajizo, forma recta con tendencia a curvo, bordes paralelos a lo largo del fruto, mide de 10 a 28 cm de largo, 11 a 13 mm de ancho, 5 a 8 mm de espesor. Posee semillas de aspecto brillante cubiertas por el endocarpo de consistencia duro amarillento y sub-alado, la coloración de la semilla es pardo, forma ovoide de 6 a 7 mm largo, 3 a 4 mm de ancho (Burkart, 1976).

#### **1.4.5. Raíz**

El sistema radicular del algarrobo es muy diferenciado, posee una raíz principal forma pivotante o se puede desarrollarse dos, el crecimiento de la raíz puede alcanzar 50 m, permitiendo conducir agua de mayores profundidades; las raíces laterales facilitan la conducción de agua de lluvia inmediatamente y permanecen fijos en la superficie del suelo, crecen superficialmente hasta a una profundidad 15 y 25 cm, están raíces son las responsables de obtener nutrientes para la planta a través de los pelos absorbentes. Las raíces secundarias de los algarrobos desarrolladas en áreas xerofíticas pueden alcanzar 2 a 3 veces la longitud de la copa del árbol, se encontraron raíces con medidas de 60 m de largo (Burkart, 1976).

#### **1.4.6. Floración**

La floración de *Prosopis pallida* H.B.K. ubicadas en la región de Chiclayo (Perú), presenta capullos florales antes de la antesis en 96% de sus estilos en el exterior del

capullo conservando este estadio por algunos días, hasta el momento de la antesis, casi simultáneamente en todas las inflorescencias. Poseen coloración verde, al abrirse la flor del algarrobo se torna de coloración blanco por los filamentos de los estambres, pétalos y sépalos, posteriormente adquieren coloración amarillenta. No se tiene identificado el agente polinizador específico (Burkart, 1976).

#### **1.4.7. Fructificación**

El periodo de fructificación del algarrobo se efectúa entre los meses de octubre a abril, con características climáticas óptimas, temperatura media que va de 20.5 °C a 29 °C y la HR. de 76.3 a 83 % (FAO, 1997).

La época de fructificación del algarrobo bajo condiciones de suelos franco arenoso, suelos calcáreos y pedregosos e irrigados con agua de mar, es a partir del tercer año de plantación. El mayor periodo de floración se da a partir del séptimo año. En algarrobos con reproducción vegetativa por estacas, la producción es a partir de los 18 meses del trasplante (FAO, 1997).

Establecido la temporada de fructificación, en la pre cosecha, se debe tener en cuenta dos aspectos del fruto: cosechar como alimento de especie de vacuno u otros usos y como fruto para la producción de semillas forestales. La cosecha para el ganado se efectúa de todas las plantas, después de hacer muestreo que están maduros, para la obtención de semilla se emplean técnicas manuales como la recolección manual en las ramificaciones que están al alcance de la persona y para las ramificaciones altas utilizar ganchos y escaleras condicionadas. (Galera, 2000).

### **1.5. HÁBITAT DE CRECIMIENTO DEL ALGARROBO**

Sobre los 400 a 500 m. de altitud *P. pallida* H.B.K. no se desarrolla satisfactoriamente. Temperaturas inferiores a 5°C inducen la inhibición de la planta, esta especie puede tolerar en estación de verano temperaturas de hasta 45°C. No tolera temperaturas extremas, es muy susceptible a inundaciones permanentes. Se desarrolla en hábitat natural de evaporación muy elevada, llegando a tolerar un máximo de 114 mm/mes y periodos de lluvia en promedio de 100 mm. Se desarrollan óptimamente con ocho horas luz diarias y presencia de viento a una velocidad de 17 km/h. (Galera, 2000).

## **1.6. ASPECTOS CLIMÁTICOS, EDÁFICOS AGROECOLÓGICOS**

Según la clasificación de zonas de vida natural del mundo de R. Holdridge, en la investigación de Joseph A. Tosi (1960) y Mapa ecológico del Perú (ONERN, 1976), la especie *Prosopis* está ubicada en la formación Maleza desértico tropical, en áreas planas y terrenos ondulados de la costa norte, suelos alcalinos con presencia de vegetación arbustiva de porte bajo, en manchones. Maleza Desértica Subtropical correspondiente a la formación, Parques Xerofítico, similar a Sabana de A. Weberbaueri, en quebradas secas con bosques de variadas especies de porte espinosas y micro folios, o algarrobales con enraizamiento profundos que absorben el agua subterránea. En la formación Bosque Espinoso Subtropical, en la provincia de Jaén, Bagua, Chinchipe, Utcubamba, Tumbes, Piura, la especie *Prosopis* forma pequeños matorrales en las laderas de lomadas o colinas medianas. La formación Bosque Espinoso Subtropical limita con la anterior clasificación; el algarrobo en este ecosistema se desarrolla con mayor facilidad, de preferencia en áreas bajas; esta formación se ubica en el Valle del Mantaro, Apurímac, norte de Chulucanas a 300 m de altitud. La mejor investigación Fito geográfico que realizo en tema del algarrobo en el Perú, pertenece al botánico alemán al Dr. Weberbaueri, quien menciona que *P. juliflora* está presente en las 47 comunidades a lo largo del litoral marino desde Zarumilla, Tumbes hasta Majes, Arequipa y valles interandinos del Marañón, Mantaro, Apurímac (Munaylla, 2014).

## **1.7. FENOLOGÍA DEL ALGARROBO**

El inicio de floración de las especies de *Prosopis* usualmente inicia en el mes de enero y culminan en marzo. Las inflorescencias alcanzan su óptimo estadio de floración a fines del verano seguido de la fructificación, normalmente estas 2 fases son fluctuantes producto de comportamiento climático anormales o cambios extremos en el clima debido a la presencia del fenómeno del niño en años fluctuantes, los más conocidos son los del año 1925 que produjo 1.500 mm de precipitación cuyo efecto del fenómeno diluvial, fue la caída de las flores y frutos, quedando éstos sin desarrollo alguno, de coloración verde intenso pero estériles (Munaylla, 2014).

### **1.7.1. Clima**

La especie *Prosopis* sp. se desarrolla en zonas junto con los cítricos, olivo, palmera datilera, en la estación de frío no soporta temperaturas por debajo de 5°C, en la estación de verano puede tolerar temperaturas de 45°C, la acumulación de energía para el

periodo reproductivo anual, es un factor ambiental decisivo en la variación del tiempo durante el periodo de floración y fructificación. El efecto del calor no es determinante en el desarrollo de *Prosopis*, pero, en estaciones de calor intenso y sequía se recomienda la remoción del terreno y no efectuar podas para elevar la disponibilidad hídrica del suelo y evitar la evaporación. Los cambios bruscos de temperatura afectan el desarrollo del algarrobo, el clima óptimo para su desarrollo es el clima templado a cálido, temperaturas bajas influyen negativamente en su desarrollo al igual la niebla, la humedad relativa y sequías prolongados, temperaturas frías influye negativamente. Temperaturas por debajo de 5°C, inducen a la inmovilización de la savia. Para una buena fructificación del algarrobo se requiere temperaturas de 20.5 a 29°C. y humedad relativa de 76.83%. La especie *Prosopis* no necesita de protección, prospera bien en zonas con luz solar intenso a partir de la germinación, mostrando su vigorosidad frente a especies de pastos y arbustos. Las ramas ubicadas en la parte inferior de la planta, no toleran la sombra de las ramas superiores y tienden a crecer, formando la copa aparasolada, las ramificaciones inferiores que no están expuestas a la luz se inhiben y mueren, a este fenómeno se conoce como “desrame natural”, permaneciendo por varios años, con las bajas temperaturas de otoño el algarrobo pierde sus hojas, Pimentel (2007), citado por Munaylla (2014).

### **1.7.2. Suelo**

Las condiciones de los suelos para establecer plantaciones de algarrobos deben poseer clase textural: arcillo-arenoso y franco-arenoso, pH neutro. Pendiente del terreno de plano a ondulado, pedregoso y en la ladera de montañas bajas de los andes (Vilela, 1985).

### **1.7.3. Riego**

La disponibilidad hídrica es importante en el desarrollo aéreo y el sistema radicular. Estudios efectuados en *Prosopis pallida* H.B.K. en Piura (Perú), reportaron crecimiento del sistema radicular superficial aplicando riego por goteo, en condiciones naturales constataron que los algarrobos desarrollan sistema radicular principalmente pivotante, profundas y escasas raíces laterales; las plantas de algarrobo requieren frecuencia de riego prolongado para su desarrollo óptimo, pero de riegos a capacidad de campo. Se recomienda lamina de riegos de 6 cm por turno, 66m<sup>3</sup> por ha, además instalar en pendientes moderadas pos su susceptibilidad a inundaciones (Aguirre, 1989).

#### **1.7.4. Cosecha y conservación de frutos y semillas**

Según Díaz (2005), citado por Munaylla (2014) sostiene que la cosecha del algarrobo va depender del uso que se destinara, si es para la alimentación de los vacunos y caprinos u obtención de semillas forestales. Díaz (2005), reporta dos formas de recolección de semillas, primero de la misma planta y segundo el recojo del suelo, en el primer caso, se utiliza la mano donde las ramificaciones están al alcance del recolector, en las ramificaciones superiores se utilizan varas para golpear y los frutos se desprenden fácilmente. La segunda forma de recolección es todos los días a medida que van cayendo los frutos, se extiende mantas para facilitar la recolección de los frutos. El almacenamiento de los frutos se efectúa colocando capas de arena fina seca en el suelo, colocar sobre la arena capas de frutos de 20 a 25 cm de espesor, repetir la acción dos veces, finalmente cubrir con capa de arena los frutos Díaz (2005), citado por Munaylla (2014).

Las semillas deben poseer almacenarse a una humedad de 10% a 12%. Las condiciones de almacenamiento deben ser sólidos, utilizar mantas de polietileno en los cobertizos, protectores, el secado se puede efectuar utilizando estufas o hornos adecuados Díaz (1995), citado por Munaylla (2014).

#### **1.7.5. Propagación**

Las semillas de *Prosopis pallida*, por su característica de consistencia dura requieren tratamientos pre germinativos para su germinación. Estos tratamientos pueden ser: raspar la superficie de la semilla hasta quitar el tegumento y posteriormente remojar por 10 días; sumergir las semillas en agua caliente por un tiempo prudente; escarificar la superficie y el ápice del micrópilo y remojar por 10 días, en este método utilizar la mezcla de: suelo, suelo + arena (proporción 2:1) y arena como sustrato, obteniendo germinaciones con promedio de 94%, 92% y 67%, respectivamente (Gómez y Toro, 2008).

El género *Prosopis* se propaga naturalmente a través del ganado vacuno que se alimentan de los frutos, las semillas son escarificadas en el tracto digestivo y expulsadas al ambiente; al encontrar condiciones adecuadas, germinan y se desarrollan. En épocas con lluvias inusuales la especie *Prosopis* crece en “manchales” o en grupos, encontrándose hasta 250 plántulas por metro cuadrado. El algarrobo posee facilidad de

regeneración al encontrar condiciones adecuadas para establecerse y prosperar (Galera, 2000).

#### **1.7.6. Germinación**

Las semillas durante el proceso de germinación, requiere de tres condiciones básicas de factores externos: agua, temperatura óptima y oxígeno. Es importante que la cubierta de la semilla presente condiciones de permeabilidad para que ingrese el agua hasta el embrión, en la especie *Prosopis* no se ha realizado estudios minuciosos sobre este factor. Al ingresar el agua al interior de la semilla, esta se inhibe y rompe el tegumento. El oxígeno al comienzo de la germinación es reemplazado por una respiración anaeróbica, después empieza la respiración aeróbica. Se estima la temperatura apropiada para la germinación de las semillas de algarrobo en 30° C en el día y 20° C por la noche. El método más común de alterar la latencia de las semillas de la especie *Prosopis*, es a través del paso por el aparato digestivo de los caprinos, vacunos u ovinos, este proceso implica el consumo de las vainas enteras, posteriormente el paso por el tracto digestivo, las semillas son expulsadas en las deposiciones, por este mecanismo la germinación es efectiva y en porcentajes altos, citado por (Munaylla, 2014).

#### **1.7.7. Usos**

La especie *Prosopis pallida*, es un árbol de múltiples usos, es excelente en el manejo de las dunas y en el control de la erosión en los cerros. Especie apropiado para recuperar la fertilidad natural de los terrenos, a través de la incorporación del nitrógeno atmosférico y la acumulación de materia orgánica, por efecto de la caída de las hojas y en el control de la desertificación y degradación (Galera, 2000).

Los frutos nutritivamente son muy apetecibles por rumiantes como vacuno, ovino, equino y otras especies domésticas, es sustituto de alimentos como maíz y salvado de trigo en la ración de los animales. Posee un potencial de brindar frutos en la temporada de sequías prolongados y cuando la producción del forraje silvestre se ve afectado por el estiaje (Galera, 2000).

Galera (2000) reporta que el fuste del árbol con un diámetro adecuado se emplea para múltiples fines y presenta características como; su gran resistencia y consistencia

compacta, coloración marrón chocolate, olor a perfume natural, duro, consistencia gruesa, con líneas finas y poros dispersos.

## 1.8. IMPORTANCIA DEL ALGARROBO

### 1.8.1. Importancia alimenticia

Munaylla (2014) indica que la especie (*Prosopis pallida*) es una planta multipropósito, conocido como “rey del desierto”, por sus múltiples beneficios que brinda en forma directa e indirecto. Durante el proceso productivo proporciona recursos para la alimentación humana. Mediante procesos de transformación industrial de los frutos se obtienen productos como: algarrobina, champú, vino, chicha, harina, chisitos, chupetín, caramelos, saborizantes, colorantes, helados y la elaboración de mazamorra. En la actividad apícola las flores es un recurso muy valioso para la producción de miel, jalea, polen y cera. El follaje o “puño” como recurso forraje, excelente en la alimentación del ganado vacuno, caprino y ovino. La forma de suministrar en la dieta de los animales es de la siguiente forma: moler los frutos y suministrar porciones adecuadas en ganado adulto, como se indica en la tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Cantidad de algarrobo en la alimentación de animales.

Vacuno : 3 a 7 kg/día suministrar en dos partes
Caprino/ovino: 0,5 a 1,5 kg/día suministrar en dos partes
Porcino : 0,4 a 3 kg mezclado con la ración
Aves y animales (cuy) : 50 g/día, complementar con otros insumos

**Tabla 1. 2.** Composición química del heno de Algarrobo tropical (*Prosopis* sp.).

Composición	%
Humedad	18.43
Proteínas	13.56
Grasa	4.3
Extracto no nitrogenada	29.69
Fibra bruta	28.25
Residuo mineral	5.77
Fosforo	0.42
Calcio	1.86

Fuente. Pimentel 1960.

### **1.8.2. Importancia agronómica**

El algarrobo es una especie de alto valor ambiental se utiliza en el manejo de las dunas y controlar la erosión hídrica y eólica, principalmente por su facilidad de propagación y tolerancia a los escasos de precipitaciones. Es una planta que se propaga para reducir y evitar la pérdida de la capa orgánica de los suelos con aptitud forestal, por su alta precocidad se usa en recuperar suelos en proceso de degradación; así como la incorporación del nitrógeno atmosférico a través de la fijación con microorganismos benéficos y a través de la descomposición de sus hojas, que adiciona materia orgánica al suelo (Munaylla, 2014).

## **1.9. TEORÍAS Y ENFOQUES**

### **1.9.1. Las micorrizas y sus efectos**

Después de la invasión del micelio de los hongos micorrícicos a las raíces de los árboles, estos hongos forman estructuras polimorfas y multicolores que van a asumir la función de los pelos radiculares, a las cuales se les llama micorrizas; esta unión brinda beneficios a ambos organismos, la palabra micorriza proviene de dos palabras griegas myko = hongo y rrhiza = raíz (Abad, 2013); según el diccionario digital de Botánica (2016), el término micorriza fue utilizado por primera vez por Frank en el año de 1885, lo clasificó en dos tipos: micorriza ectótrofa y endótrofa; En el año de 1917, Melin propuso el uso de los términos de micorriza ectoendotrófica y pseudomicorriza; pero estos términos generaron confusiones, Peyronel et al. Propusieron la siguiente división: ectomicorriza y ectoendomicorriza; en 1973 Lewis estableció sheating-mycorrhizae (ectomicorriza= micorriza en vaina) y dividió la endomicorriza en:

- Vesículo - arbuscular (V - A)
- Ericáceas, y
- Orquidáceas.

Se puede englobar en tres grandes grupos ectomicorrizas, ectoendomicorrizas y endomicorrizas. Castellano y Molina (1998), Vásquez (2001), Cuesta (2003), Ortiz (2012), Abad (2013).

## **1.10. TIPOS DE MICORRIZAS**

### **1.10.1. Ectomicorrizas**

El desarrollo de las ectomicorrizas se efectúa principalmente en la parte de las raíces cortas y activas mas no en las raíces secundarias de posición lateral que son de

constitución estructural, leñosas y prolongadas. En el tejido leñoso de la raíz que está constituido por el meristemo lateral las micorrizas no forman estructuras reproductivas. Las ectomicorrizas son reconocidas con facilidad por presentar un manto fúngico que cubre a las raíces activas; al crecer el moho presenta fibras los cuales pueden ser visualizados ya sea la estructura del hongo en el manto fúngico, colonizando el suelo o el material de enraizamiento. Al seccionar su anatomía interna de una ectomicorriza y examinado en el microscopio, se observa la segunda característica importante de las ectomicorrizas: el crecimiento intercelular de la micorriza, entre las células epidérmicas y corticales de la planta, que forma la red de Harting. Al interior de esta área de contacto entre la micorriza y los tejidos de la raíz se efectúa el intercambio de los productos fotosintéticos y el agua entre la micorriza y la planta; la micorriza absorbe y libera los minerales y el agua en la zona de intercambio para la planta, obteniendo a cambio el hongo nutrientes y otros productos de la fotosíntesis realizados por la planta. Los hongos que conforman las ectomicorrizas principalmente son los Basidiomicetes y los Ascomicetes, en el cual se incluye varios de los hongos macromicetos con adaptación en los forestales (hongos con “pie”) y los sclerodermatales (hongos sin “pie”, así como el hongo hipogeo que fructifica bajo el suelo, conocido como trufa. Existen hongos de géneros muy estudiados que forman ectomicorrizas los cuales son Amanita, Boletus, Hebeloma, Lacarí, Lactarios, Pisolithus, Rhizopogon, Russula, Scleroderma, Suillus y Tricholoma (todos Basidiomicetes), y Cenococcum y Tuber (Ascomicetes). La apariencia estructural de las ectomicorrizas es característica propia del hongo y de la planta hospedante, estas combinaciones hongo-hospedante cambian la apariencia del hongo en forma diversa. La forma de éstos hongos es caracterizada por el género del hospedante, en el pino encontramos hongos con ramificación dicotómica los cuales se caracterizan por tener estructuras complejas, otras formaciones de ectomicorrizas varían, a partir de formas simples como cilíndricos hasta formas complejas como pinnadas, incluso formas de tubérculos compactos. Otra característica importante es la cantidad de estructura del hongo que emerge. Se puede observar estructuras hifales en forma de filamentos escasos y casi invisibles, prolíficas complejas en forma de mantos y filamentos en forma de raíz de hifas (rizomorfos) que conducen agua y nutrientes (Castellano y Molina, 1998). Se puede encontrar estas formas de hongo en los pinales, abedules, alerce, abetos, eucaliptus etc. (Abad, 2013).

### **1.10.2. Endomicorrizas**

En este tipo de micorrizas, las más comunes son las vesiculares-arbusculares (VA), se diferencian drásticamente de las ectomicorrizas. La presencia de este tipo de hongo no altera la forma de la raíz y las estructuras del hongo no son visibles al ojo humano. Para observar en el microscopio y estudiar su estructura y el porcentaje de colonización en el tejido, estas deben ser teñidas. La característica principal de la estructura de las micorrizas VA, son las vesículas y los arbusculos. Las vesículas son órganos que se presentan en forma de un globo, generalmente contiene ácidos grasos (gotitas de aceite), cuyo fin es almacenar energía y proporcionar estructuras reproductivas. Los arbusculos son estructuras finas cuya ramificación alcanza el espacio intracelular, son de vida corta, en esta zona se efectúa el intercambio de nutrientes entre la micorriza y la planta. Este tipo de micorrizas contiene gran cantidad de micelios que cubren con su ramificación la corteza de la raíz y se prolongan por el área circundante del suelo (Castellano y Molina, 1998).

Su presencia está en los cultivos agrícolas económicos de interés, en especies frutícolas como la nuez, manzana, mandarinas, naranja, fresas, etc. Además, se encuentran en especies forestales como el arce, olmo, fresno, goma, chopo del Canadá, etc. (Abad, 2013).

### **1.10.3. Ectoendomicorrizas**

Las Ectoendomicorrizas presentan características de las ectomicorrizas y endomicorrizas, esta asociación posee una estructura de manto externo, por lo general no desarrollados; las hifas del hongo penetran las células y se desarrollan al interior de ella, la forma de micorriza está relacionado a un grupo de especies forestales, presentándose estas formas en Basidiomycota como Asmycota y son los más numerosos en angiospermas que en gimnospermas. Su presencia está limitada en áreas específicas (Plasencia, 1995; Vacacla, S.F. citado por Ortiz, 2012).

### **1.10.4. Beneficios de la micorrización**

Muchos autores como Pera et al. (1998), Castellano y Molina (1998), Cuesta (2003), Vergara (2004), Carrera y López (2004), Barra (2004), Pera y Parladé (2005), Ortiz (2012), Abad (2013), Semiabobio (2013) y otros sostienen que la micorrización presenta múltiples ventajas, como las que se indican a continuación:

- Aumentan la absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y micronutrientes.
- Estimulan un mayor crecimiento de las plantas en los suelos de baja fertilidad.
- Reducen los efectos causados por la interacción de agentes patógenos como son los nematodos y algunos hongos.
- Aumenta la tolerancia a la sequía, amortiguan altas temperaturas del suelo, toxinas orgánicas e inorgánicas, bajos contenidos de materia orgánica, pH extremos.
- Reducen el estrés, ocasionado por los cambios extremos de humedad y temperatura.
- Las plantas incrementan su sobrevivencia en el campo.
- Aumenta la precocidad de las especies.
- Aumenta el vigor de la planta.
- Acelera el enraizamiento de estacas.
- Aumenta la superficie de absorción de las raíces.
- Reducción de la respiración radical aumentando la vida útil de las raíces.
- Las ectomicorrizas funcionan como detergentes biológicos a infecciones de raíces por patógenos. Esto es mediante la producción de antibióticos que van a impedir el desarrollo de ellos.
- Incrementa el diámetro del cuello y peso seco de las plantas.
- Producen diversas hormonas como auxinas, Fito quininas y otros compuestos que afectan positivamente el desarrollo de la planta.

#### **1.10.5. Factores dañinos a las micorrizas**

Pronamaches (1998) citado por Vergara (2004), Abad (2013) indica los siguientes factores:

- Reducción en el contenido de oxígeno en el suelo (compactación del suelo, por el uso inadecuado de insumos y equipos).
- Desbalance del pH del suelo (uso inadecuado de fertilizantes o enmiendas como la cal, y la alteración del pH al utilizar algún tratamiento químico).
- Distorsión de las características del suelo, específicamente por incendios forestales.
- Prolongadas inundaciones (suelos compactos en áreas con poco drenaje).
- Toxicidad química por uso inadecuado de fertilizantes y herbicidas o introducción de especies que liberen sustancias inhibitorias de sus raíces.

## 1.11. TIPOS DE INÓCULO MICORRÍDICOS

- Inóculo con suelo, es extraído al pie de los árboles.
- Inóculo con esporas, es obtenido de los cuerpos fructíferos que conservan dentro a los basidiosporas.
- Inóculo con micelio, producido y propagado en laboratorio de los tejidos fungicos.

El inóculo preparado de los cuerpos fructíferos resulta ser excelentes y se preparan sencillamente lavando con agua corrida potable, se trituran y licúan. Muchos autores como Garbaye y Bowen (1987), Linderman (1988), Schoth y Weinhold (1986), citados por Castellano y Molina (1998) han encontrado microorganismos benéficos en el interior y en el exterior de los órganos reproductores maduros de diversos hongos ectomicorrícicos. Se recomienda el fomento en el uso de estos microorganismos y no excluirlos; se almacenan bajo refrigeración en completa oscuridad a 5°C hasta ser usados, se ha encontrado que las esporas del género *Rhizopogon* mantienen su viabilidad hasta por 3 años, comprobando que no se reduce la efectividad del inoculo. Martínez-Reyes et al. (2016) indican que la utilización de inóculo esporal y micelio vegetativo son las formas de inoculación empleadas en especies de los géneros *Pinus*, *Abies* y *Quercus* nativos; algunas de ellas en peligro de extinción, como *P. máxima*; esta forma de inoculación es a través de: *i*) Píleos de esporomas deshidratados y molidos; *ii*) Píleos de espora más frescos y molidos; *iii*) Micelio de raíces cortas colonizadas y *iv*) Inóculo de suelo natural. Estos métodos son utilizados por su bajo costo y relativa facilidad de manejo, obteniendo un alto nivel de raíces colonizadas, que en algunos casos es superior al 80%, para muchos investigadores es de 30% en promedio.

### 1.11.1. Técnicas de inoculación con esporas

Son muchas las formas de inocular con esporas, pero las más utilizadas en los viveros son:

- Dilución de esporas y su posterior remojo de las raíces de las plántulas de Pino.
- Relleno del hoyo de repique con sustrato mezclado con esporas.
- Riego con esporas diluidas.
- Esporas inoculadas directamente a las raíces de las plántulas.
- Esporas inoculadas directamente a la semilla al momento de la siembra.
- Musgo inoculado con esporas para ser mezclados con sustratos y rellenados los hoyos de repique.

El inóculo más apropiado debe ser aquel que en plantación definitiva se vean efectos como un mayor crecimiento, resistencia a la sequía y enfermedades y éste debe ser un inóculo autóctono o nativo para que no sea desplazado por otros (Castellano y Molina, 1998).

El hongo del género *Rhizopogon* son especies ectomicorrícicas y se tiene reportes de las especies encontradas en Brasil como *Rhizopogon luteolus*, *R. roseolus* y *R. rubescens* en bosques de *Pino radiata* y *Pino Taeda*, (Baseia et al. 2002). Se utilizan con bastante éxito el *Rhizopogon luteolus* en forma de esporas diluidas, en la micorrización de plantas en los viveros por medio de riegos periódicos (Castellano y Molina, 1998). Las especies de *Rhizopogon* son utilizadas mundialmente para micorrizar muchas especies de Pináceas (Pera et al. 1998; Carrera y López, 2004). Es importante manifestar que el hongo *Rhizopogon luteolus* no micorriza a eucaliptos (Malajzuk, 1984).

Vergara (2004) prueba el *Scleroderma verrucosum* en tres tipos de inóculo, esporas suspendidas en musgo esterilizado, esporas diluidas en agua y el micelio propagado en granos de trigo en la propagación de *Pino radiata D Don*; obteniéndose mejores resultados con el trigo, seguido de las esporas diluidas y ésta, es superior al musgo.

Chávez et al. (2009) al inocular tres especies de hongos *Suillus luteus*, *Suillus bellinii* y *Rhizopogon luteolus* en *Pino radiata*, encontraron mayores efectos en el crecimiento de las plantas, en condiciones de vivero con el hongo *Rhizopogon luteolus*.

Jara (2005) determino en vivero la influencia de la micorrización y la fertilización con N, P, K en especie de *Pinus radiata* producida en varios medios, encontrando que sustratos con contenido alto en nutrientes facilitan la micorrización de plantas con las especies *Rhizopogon luteolus* y *Scleroderma verrucosum*.

**Tabla 1.3.** Hongos micorrícicos reportados en el Perú.

DEPARTAMENTOS.	HONGOS MICORRÍCICOS									
	<i>Suillus luteus</i>	<i>Boletus granulatus</i>	<i>Boletus edulis</i>	<i>Scleroderma verrucosum</i>	<i>Lycoperdon perlatum</i>	<i>Cyathus olla</i>	<i>Laccaria laccata</i>	<i>Cantharellus cibarius</i>	<i>Thelephora terrestres</i>	<i>Boletus calopus</i>
Cajamarca	X		X	X	X	X	X	X		
Piura	X			X			X		X	
La libertad	X		X	X			X		X	
Ancash	X			X			X		X	
Amazonas	X			X			X			
San Martín				X						X
Pucallpa	X			X			X		X	X
Pasco	X			X	X		X		X	
Lima	X			X	X		X		X	
Junín	X			X			X	X	X	
Ayacucho	X			X	X	X			X	
Ica	X								X	
Cuzco	X	X		X	X		X	X	X	
Puno	X	X		X	X		X		X	
Arequipa	X			X	X		X		X	
Moquegua				X			X		X	
Huánuco	X			X	X		X		X	
Apurímac	X			X	X		X		X	

Fuente. SEMIABOBIO. Citado por Vergara (2004)

En Ayacucho, se tiene la tesis de Esquivel (1986) donde se prueba 11 cepas de hongos en la producción de *Pinus radiata*, en condiciones de invernadero, donde una cepa del género *Rhizopogon sp*, procedente de Costa Rica, se presenta como inefectiva en *Pinus radiata*.

Abad (2013) manifiesta que para que los hongos micorrícicos se desarrollen bien en las raíces de las plantas el sustrato debe tener un pH de 5 a 6.5. Cada hongo crece

óptimamente a un determinado pH pero, su viabilidad está en un amplio rango que oscila entre 4 – 6, (Parladé, 1992; Pera, 1992, citado por Ortiz, 2012).

La predominancia de un determinado hongo en la planta va depender de las condiciones medioambientales óptimas que requiere el hongo para su crecimiento (Rodríguez, 2001).

### **1.12. SUSTRATO**

Tradicionalmente la producción de plantones en el vivero requiere de sustratos o medios de propagación, el sustrato debe contener los elementos necesarios que proporcione nutrientes a la plántula y brindar las condiciones para el desarrollo del inóculo y su posterior colonización con hongos micorrícicos, en el sistema de trasplante anticipado no es necesario esta condición. En este sistema de producción el medio de propagación debe ser un medio inerte que no contenga los elementos necesarios, en este tipo de producción está establecido a que el sustrato proporcione buenas características de temperatura y humedad. Se promueve la mezcla de: arena limpia y esterilizada, cascarilla de arroz, vermiculita, agrolita, tezontle, perlita musgo (Padilla, 1983).

Las principales funciones del sustrato en la producción de plantones son: el agua, proporciona la humedad necesaria al medio hasta el momento donde la plántula pueda usarla; el oxígeno, la respiración aeróbica genera la energía necesaria para las funciones metabólicas de la raíz, lo que implica un abastecimiento continuo de oxígeno; la disponibilidad de minerales, con la excepción de carbono, hidrógeno y oxígeno las plántulas requieren al menos de trece elementos minerales esenciales del sustrato; y el soporte mecánico, el sustrato debe poseer la capacidad de soportar a la plántula en posición vertical, esta función está relacionado a la densidad y el desarrollo del fuste de la especie (Iglesias y Alarcón, 1994).

Joseau et al. (2006) recomiendan utilizar como medio de propagación una combinación de tierra de algarrobal y arena en contenedores de polietileno opaco. En la antigua Mesopotamia los insumos más utilizados en la mezcla de los sustratos en la propagación de plantones consistían en el uso de: corteza de pino descompuesta, suelo agrícola y turbas. Los viveros con tecnología moderna no utilizan suelo agrícola en la preparación de los sustratos, la razón es que el aumento de la proporción de tierra reduce los costos

de producción, pero incrementa el peso de los contenedores (García et al., 2005; Oliveira Cunha et al., 2005).

En los almácigos del NE de Brasil, utilizan gran variabilidad de sustratos en la producción de plántones forestales, al evaluar este tipo de producción encontraron desbalances en el pH y la porosidad del suelo, que causa serios perjuicios (García et al., 2005; parra de Araujo y de Paiva Sobrinho, 2011). La capacidad de aireación de los sustratos es la propiedad que más ha sido investigada, a la vez es la más controvertida, porque de esta propiedad depende el éxito en la producción a nivel del vivero (Landis, 1990; Beltrão Lacerda et al., 2006).

Para determinar la porosidad de aireación y retención de agua de los medios utilizados en la producción de plántones se efectuaron por el método volumétrico, directamente en los envases con contenido de sustratos (Bragg y Chambers, 1988, citados por Landis, 1990).

### **1.13. CONTENEDORES**

En la producción de plántones forestales se debe tener en cuenta el sistema de producción forestal a establecer, la especie y el semillero. Existe una gran diversidad de contenedores en tamaño y formas para la producción de plántones, de las cuales se puede escoger. Se debe tomar en cuenta que el sistema de producción forestal a establecer tiene su propio ecosistema y las características biológicas de cada especie varían tanto en el vivero como en plantación en campo definitivo. Según el método de propagación forestal los costos de producción del plánton en un vivero varían, elegir el equilibrio entre el costo y el porcentaje de sobrevivencia en campo definitivo. Varios investigadores evalúan el método apropiado en la producción de los plántones en el vivero, sistema de raíz desnuda y la forma de establecer la plantación en programas de reforestación (Iverson, 1984). Otros investigadores evalúan el método de propagación eficiente empleando contenedores para una producción a nivel regional (Brissette et al., 1991), (Scagel et al. 1993) sostiene sobre los factores a tener en cuenta para la elección del sistema de producción forestal, para zonas de instalación definitiva, elegir plántones de mayor tamaño para evitar la competencia con otros arbustos y el ramoneo de los ganados, en áreas apropiadas para establecer una plantación a mayor escala utilizar contenedores de mayor volumen para que la sobrevivencia sea exitosa.

Un vivero forestal con producción a base de contenedores está orientado a producir plántones de diversas especies ya sean oriundas o mejoradas. Tradicionalmente la producción de plántones está orientado a la producción de plántones de especies comerciales, esta forma de producir cambio con la tecnología moderna, actualmente se produce plántones de diversas especies incluyendo a los pastos y arbustivos (Landis et al., 1993). Un centro de producción forestal con un buen diseño técnico posee áreas o instalaciones para diversos servicios como: área de control general, oficinas administrativas, almacén de insumos. El conjunto de oficinas y almacenes están conectadas a través de un sistema de comunicación, constituido por fajas transportadoras o pasadizos para la circulación en forma fluida del personal e insumos. El objetivo principal en un vivero es la propagación de plántones en forma eficiente y a menor costo. Existen viveros forestales que poseen instalaciones bajo el sistema de producción en contenedores y la producción de plántones a raíz desnuda.

La tendencia actual en el mundo es reemplazar las bolsas de polietileno por contenedores en forma de plástico rígido (Gomes et al., 2003). Estos contenedores propician una mejor formación del sistema radicular y cepellones compactos, la ventaja que brinda los contenedores es en la facilidad de uso por su menor peso y la reducción de los costos de instalación. En el mercado argentino se puede encontrar contenedores para diferentes tipos de especies forestales, exóticas, ornamentales y hortícolas, aun no existe investigación en la producción de plántones forestales oriundas a través de contenedores. Existe poca investigación sobre el sistema de producción de plántones nativos. El objetivo en un vivero es principalmente propagar plántones de la mejor calidad y a menor costo, desde un punto de vista económico. La forma de un plántón es producto de la interacción de múltiples factores, los cuales proporcionan propiedades cualitativas, las características morfológicas de un plántón describen la aptitud forestal de la especie producidos en contenedores son: la altura planta y el diámetro de tallo y las características cualitativas se orientan a evaluar daños mecánicos en las plántones, estado sanitario y vigorosidad, etc. (Mexal y Landis, 1990; Birchler et al., 1998; Villar Salvador, 2003; Navarro et al., 2006). Para producir plántones de una mejor calidad, forma óptima, costo razonable es importante utilizar técnicas adecuadas en el vivero. Es importante tener en cuenta los siguientes factores: el medio de propagación o tipo de sustrato, el envase a emplear, la calidad de la semilla, la fertilidad y el manejo adecuado del riego (Leyva Rodríguez et al., 2008).

## **CAPÍTULO II METODOLOGÍA**

### **2.1. UBICACIÓN**

El trabajo de investigación se realizó en el Vivero Forestal de Alta Tecnología de AGRO RURAL - Ayacucho, ubicado en Canaán Bajo; distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, región Ayacucho, ubicado a 2 km de la ciudad de Huamanga a una altitud de 2750 m., cuyas coordenadas son 13°10' 9" latitud sur y 74° 12' 82" longitud Oeste.

### **2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS Y EDÁFICAS**

Utilizando la clasificación Hokdrige (1987), se determinó que la ciudad de Huamanga pertenece a la clasificación Bosque Seco - Montano Bajo (BS-MB). La temperatura media anual es de 16.83°C. La precipitación total y promedio anual están entre 587 mm y 48.9 mm; respectivamente.

La humedad relativa en la ciudad de Ayacucho – Huamanga, varía entre 30% y 80%, siendo las más altas entre los meses de diciembre a marzo; por lo tanto, presenta un clima ligeramente seco.

### **2.3. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS**

#### **2.3.1. Preparación del sustrato**

- Pico
- Pala
- Carretilla
- Zaranda
- Invernadero tipo “túnel” con riego presurizado
- Bandeja de plástico porta tubetes PE 96

- Tubetes T 115
- Bolsas de polietileno de 5" x 7" x 2mm
- Regadera de aluminio de 4 litros
- Manguera

### **2.3.2. Insumos**

- Semilla de algarrobo
- Micorrizas:
  - ✓ Tierra Micorrizada
  - ✓ Micorriza Comercial
- Tierra agrícola
- Tierra negra
- Arena
- Abono colmatado de totora
- Rhizolex-T (desinfectante de semilla)
- Agua

### **2.3.3. Evaluación de plantas de algarrobo**

- Regla graduada
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Lapicero
- Plumones
- Cinta masking tape

### **2.3.4. Material de laboratorio**

- Estufa
- Balanza digital
- Tijera de podar
- Refrigerador
- Computadora

## **2.4. FACTORES EN ESTUDIO**

### **2.4.1. Tipos de inoculantes micorrícicos**

(M1): Tierra micorrizada

(M2): Micorriza comercial

### **2.4.2. Tipos de sustratos**

(S1): 50% de tierra agrícola + 30% tierra negra + 20% de arena.

(S2): 50% de tierra agrícola + 30% abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla + 20% de arena.

### **2.4.3. Tipos de contenedores**

(C1): Tubetes de polietileno

(C2): Bolsas de polietileno

### **2.4.4. Especie forestal**

(E1): Algarrobo (*Prosopis* sp.)

## **2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para efectuar la evaluación, los cálculos y el análisis estadístico de inoculantes micorrícicos, sustratos y contenedores en la producción de algarrobo se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR), con arreglo factorial de 2S x 2M x 2C, con 5 repeticiones, totalizando 40 unidades experimentales. Cada unidad experimental constituida por 5 plantones y la suma total de 200 plantones.

**Tabla 2.1.** Descripción de los tratamientos en estudio

T1 = S1 x M1 x C1	50% de tierra agrícola + 30% tierra negra + 20% de arena x tierra micorrizada x tubetes de polietileno
T2 = S1 x M2 x C1	50% de tierra agrícola + 30% tierra negra + 20% de arena x micorriza comercial x tubetes de polietileno
T3 = S1 x M1 x C2	50% de tierra agrícola + 30% tierra negra + 20% de arena x tierra Micorrizada x Bolsa de polietileno
T4 = S1 x M2 x C2	50% de tierra agrícola + 30% tierra negra + 20% de arena x micorriza comercial x bolsa de polietileno
T5 = S2 x M1 x C1	50% de tierra agrícola + 30% abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla + 20% de arena x tierra micorrizada x tubetes de polietileno
T6 = S2 x M2 x C1	50% de tierra agrícola + 30% abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla + 20% de arena x micorriza comercial x tubetes de polietileno
T7 = S2 x M1 x C2	50% de tierra agrícola + 30% abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla + 20% de arena x tierra micorrizada x bolsa de polietileno
T8 = S2 x M2 x C2	50% de tierra agrícola + 30% abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla + 20% de arena x micorriza comercial x bolsas de polietileno

TUBETES DE POLIETILENO				BOLSA DE POLIETILENO			
T1	T2	T5	T6	T8	T7	T4	T8
T2	T6	T5	T1	T4	T3	T8	T7
T6	T2	T1	T5	T3	T8	T4	T7
T6	T1	T6	T5	T4	T3	T7	T3
T2	T5	T1	T2	T8	T4	T3	T7

**Figura 2.1.** Croquis de la distribución de los tratamientos estudiados

## 2.6. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

### 2.6.1. Obtención de las semillas

Las semillas de algarrobo, son procedentes de los árboles del Centro Experimental de Wayllapampa de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

### **2.6.2. Tratamientos pre-germinativos de la semilla**

Se aplicó tratamiento pre-germinativo mecánico. Con la ayuda de una corta ña, se efectuó muescas en la parte lateral del micrópilo de las semillas, para luego remojar durante 48 horas en agua a temperatura ambiental, con la finalidad de hidratar las semillas. Posteriormente las semillas previas a la siembra se trataron con una solución de Rhizolex-T (fungicida), a fin de prevenir el ataque de los patógenos fúngicos presentes en el sustrato.

### **2.6.3. Preparación del sustrato**

Los materiales utilizados para la preparación del sustrato son: tierra agrícola proveniente del mismo lugar de Canaán, tierra negra proveniente de Toccto, arena fina proveniente del río Huatatas y abono colmatado proveniente de planta de tratamiento de Totorilla.

Previa a la preparación de los sustratos, se tuvo que zarandear los materiales a utilizar, empleando una zaranda acerada de ½” x ½” de malla tamiz, a fin de separar las partículas grandes, raíces y otros elementos extraños, que impidan la germinación y el adecuado crecimiento de las plántulas.

En la preparación de los sustratos, de acuerdo a los tipos a utilizar, sustrato 1 (S1): 50% de tierra agrícola + 30% tierra negra + 20% de arena, y sustrato 2 (S2): 50% de tierra agrícola + 30% abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla + 20% de arena; independientemente cada sustrato se preparó en forma manual utilizando pala cuchara, hasta obtener una mezcla homogénea.

Finalmente, para desinfectar los sustratos, se utilizó 150 ml de formol, en 20 lt de agua incorporándolo al sustrato y cubriéndolo con plástico durante 24 horas, con la finalidad de eliminar los hongos, bacterias y otros patógenos, que pudieran afectar posterior a los plántones.

### **2.6.4. Descripción de las características físicas y químicas de los sustratos**

En la tabla 2.2, análisis físico y químico de los sustratos utilizados, según el resultado el sustrato S1 (Tierra agrícola 50% + tierra negra 30% + arena 20%) presenta clase textural Franco Arenoso (Fr-Ao), pH neutro, C.E. muy ligeramente salino, materia

orgánica medio, fósforo disponible alto, potasio disponible medio y CIC medio. El sustrato S2 (Tierra agrícola 50% + abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla 30% + arena 20%), presenta una clase textural Arenosa (Ao), pH neutro, C.E. muy ligeramente salino, materia orgánica alto, fósforo disponible alto, potasio disponible medio y CIC medio.

**Tabla 2.2.** Características físicas y químicas de los componentes del sustrato

MUESTRA		SUSTRATOS	
		S1	S2
ANÁLISIS MECÁNICO (%)	Arena	66.2	84.2
	Limo	20.5	12.5
	Arcilla	13.3	3.3
CLASE TEXTURAL		Fr-Ao	Ao
pH (H <sub>2</sub> O)		6.68	6.7
C.E. (Ds/m.)		0.873	0.82
CaCO <sub>3</sub> (%)		0	0
M.O. (%)		4.09	6.54
Nt (%)		0.2	0.32
ELEMENTO	P	23.8	22.3
DISPONIBLE (ppm)	K	143.8	139.6
	Ca <sup>++</sup>	7.22	7.04
	Mg <sup>++</sup>	2.74	2.32
CATIONES CAMBIABLES (Cmol(+)/Kg)	K <sup>+</sup>	0.73	0.71
	Na <sup>+</sup>		
	Al <sup>+</sup>	0	0
	H <sup>+</sup>	0	0
	CIC (Cmol(+)/kg)	12.6	13.2

Fuente: Programa de Investigación en Pastos y Ganadería "Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar"; FrAo: Franco Arenosos; AoFr: Arenoso

### 2.6.5. Desinfección de semillas

Para la desinfección de la semilla se utilizó Rhizolex-T (fungicida), principalmente contra la chupadera fungosa (*Rhizoctonia* sp.).

En un recipiente, se preparó 0.5 litros de solución con una cucharada de Rhizolex-T, en la cual se sumergió las semillas de algarrobo, permaneciendo por espacio de media hora, hasta adquirir una coloración rosada.

#### **2.6.6. Llenado en los contenedores**

Actividad desarrollada del 10 al 11 de junio del 2014, previa desinfección de los tubetes y bandejas, se desinfecto utilizando 20 ml de cloro en 15 litros de agua.

##### **a) Llenado en bolsas**

Las bolsas de polietileno de 5" x 7" x 0.02 mm, se llenó con sustrato preparado sin compactar demasiado, dejando libre 2.5 cm la parte superior de la bolsa para la acumulación del agua de riego. Finalmente, las bolsas con contenido se colocaron en la cama de crianza, de acuerdo a los tratamientos.

##### **b) Llenado de tubetes**

Los tubetes T115, se llenó con sustrato preparado sin compactar demasiado. Finalmente, para ser colocados en la cama de crianza, de acuerdo a los tratamientos.

#### **2.6.7. Siembra**

Previo riego de las bolsas y tubetes llenados con sustratos, del 12 al 13 de junio del 2014, se ha efectuado la siembra. Con la ayuda de un repicador, se abrió un hoyo en el centro de las bolsas y tubetes llenos de sustrato, colocando directamente las semillas de algarrobo previamente tratadas; al mismo tiempo se aprovechó para la inoculación de la micorriza comercial y tierra micorrizada.

#### **2.6.8. Inoculación de micorrizas**

Al momento de la siembra, utilizando una cucharita, se aplicó 0.02 gr de tierra micorrizada por planta, al igual que la micorriza comercial.

#### **2.6.9. Riegos**

La aplicación de los riegos, se efectuaron antes y después de la siembra según capacidad de campo. Luego de la siembra, en forma interdiaria durante 12 días en horas de la mañana. Posteriormente durante la etapa de crecimiento, los riegos fueron dos veces a la semana.

#### **2.6.10. Deshierbo**

Se realizó de acuerdo a la presencia de hierbas que no son objeto de evaluación, evitando de ésta manera las competencias por agua, luz, nutriente y espacio.

## **2.7. PARÁMETROS EVALUADOS**

La evaluación de los parámetros en estudio se efectuó al final del ensayo:

### **a) Longitud del tallo del plantón**

Se evaluó la longitud del tallo del plantón a partir del cuello hasta el ápice de la planta, utilizando una regla graduada (cm).

### **b) Longitud de la raíz del plantón**

La evaluación se realizó, midiendo la longitud de la raíz del plantón, con la ayuda de una regla graduada (cm).

### **c) Numero de ramas**

La evaluación se realizó, contabilizando el número de ramas de cada plantón.

### **d) Peso fresco del total (raíz + tallo) del plantón**

Se determinó el peso de los plantones aptos para la plantación, utilizando una balanza analítica en gramos (g).

### **e) Peso fresco del tallo del plantón**

El peso se determinó utilizando una balanza analítica en gramos (g), separando de la raíz del plantón, para luego obtener el peso fresco del tallo.

### **f) Peso fresco de la raíz**

El peso se determinó utilizando una balanza analítica en gramos (g), separando la parte aérea desde el cuello de la planta y previa limpieza efectuar el peso para obtener el peso fresco de la raíz.

### **g) Peso seco total (raíz + tallo) del plantón**

Se determinó de los plantones aptos para la plantación, depositando en bolsas de papel previamente identificados, luego se colocó en una estufa eléctrica por (24 horas) a una temperatura de 65°C hasta obtener un peso constante. El peso se determinó con una balanza analítica en gramos (g).

**h) Peso seco del tallo del plantón**

Se obtuvo a partir de muestras del peso fresco del tallo, se colocó en la estufa eléctrica a una temperatura de 65°C hasta que se obtenga el peso constante (24 horas). El peso se determinó con una balanza analítica en gramos (g).

**i) Peso seco de la raíz del plantón**

Se obtuvo también a partir de las mismas muestras del peso fresco de la raíz, también se colocó en la estufa eléctrica a una temperatura de 65°C hasta que se obtenga el peso constante (24 horas). El peso se determinó con una balanza analítica en gramos (g).

**j) Relación tallo/raíz del plantón = peso seco del tallo/peso seco de la raíz**

Se evaluó teniendo en cuenta el peso seco del tallo (g) entre el peso seco de la raíz (g).

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a los objetivos formulados y de los procedimientos efectuados en el trabajo de investigación se obtuvieron los siguientes resultados.

#### 3.1. LONGITUD DE TALLO, LONGITUD DE RAÍZ Y NÚMERO DE RAMAS

##### 3.1.1. Longitud de tallo

**Tabla 3.1.** Análisis de variancia de la longitud de tallo (cm) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc	Sign.
Sustrato ( S )	1	928.3	928.3	107.3	<.0001	**
Inoculante ( I )	1	7.8	7.8	0.91	0.3485	ns
Contenedor ( C )	1	647.2	647.2	74.81	<.0001	**
S x I	1	33.7	33.7	3.89	0.0572	ns
S x C	1	245.5	245.5	28.38	<.0001	**
I x C	1	10.5	10.5	1.21	0.2787	ns
S x I x C	1	28.1	28.1	3.24	0.0812	ns
Sustrato / Bolsa	1	1064.3	1064.3	123.02	<.0001	**
Sustrato / Tubete	1	109.5	109.5	12.66	0.0012	**
Contenedor / Tierra negra	1	47.7	47.7	5.52	0.0252	*
Contenedor/Abono colmatado	1	845	845	97.67	<.0001	**
Error	32	276.8	8.7			
Total	39	2178				

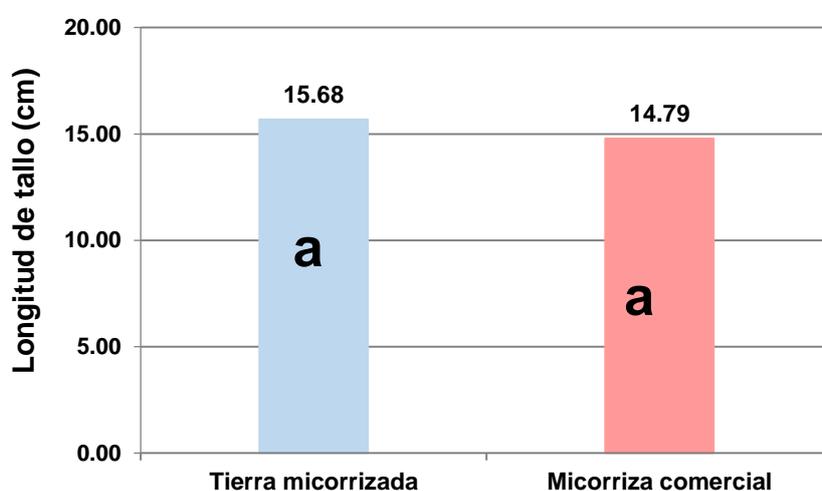
CV (%) = 19.31

Promedio = 15.23 cm

Al evaluar la longitud de tallo de plántones de algarrobo (tabla 3.1), se encontró diferencia altamente significativa en el efecto principal de sustrato y contenedores, la interacción de estos factores muestra diferencias altamente significativas, como sustrato

en bolsa y sustrato en tubete, además el resultado muestra una diferencia significativa de contenedor en tierra negra y diferencia altamente significativa de contenedor en abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla. Para el efecto principal de inoculante no se encontró diferencia significativa (tabla 3.1). Estos resultados fueron analizados mediante la prueba de Tukey. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 19.31 % y promedio general de longitud de tallo de 15.23 cm.

Al analizar la prueba de TUKEY, la longitud de tallo no se diferencia estadísticamente por efecto del inoculante, con tierra micorrizada se obtuvo 15.68 cm y con micorriza comercial 14.79 cm (figura 3.1).



**Figura 3.1.** Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en la longitud de tallo de plántulas de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Rincon et al. (2005), al evaluar el inóculo en plántulas de *Pinus halepensis* con el hongo micorrízico *Suillus granulatus* y la bacteria *Pseudomonas fluorescens* observó un efecto sinérgico en el crecimiento de las plantas. Hernández (2016) manifiesta que estas interacciones positivas de los hongos se deben a la suma de eficiencias en la absorción de nutrientes en favor de las plantas. Comercialmente la empresa Semiabobio vende inóculos micorrízicos para plantas forestales que contienen una mezcla de microorganismos como bacterias promotoras del crecimiento y hongos micorrízicos.

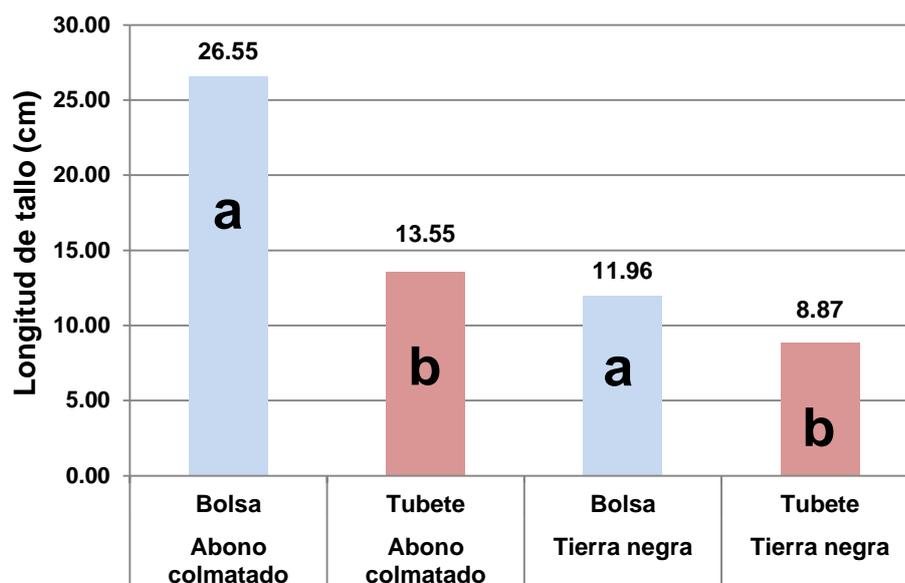
Nieva y Rios (2004) obtuvieron resultados similares al inocular esporas de hongos ectomicorrízicos *Laccaria laccata*, *Suillus pseudobrevipes*, *Boletus pinophilis*, *Pisolithus tinctorius* en plántulas de *Pinus greggii* y *Laccaria laccata*, *Suillus pseudobrevipes*,

*Amanita fulva*, *Amanita caesarea*, *Suillus granulatus* y *Boletus clavipes* en *Pinus patula*, encontró, a los 11 y 9 meses de evaluación respectivamente diferencias significativas en la altura de plantas entre los tratamientos inoculados y el control.

**Tabla 3.2.** Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en la longitud de tallo de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Sustrato	Contenedor	Longitud de tallo (cm)	n	Tukey 0.05
Abono colmatado	Bolsa	26.55	10	a
Abono colmatado	Tubete	13.55	10	b
Tierra negra	Bolsa	11.96	10	a
Tierra negra	Tubete	8.87	10	b

Al efectuar el análisis de la interacción sustrato x contenedor mediante la prueba de Tukey (tabla 3.2), se encontró diferencia significativa en la longitud de tallo al utilizar abono colmatado - bolsa y abono colmatado – tubete, con promedios de 26.55 y 13.55 cm; respectivamente. De la misma manera se obtuvo diferencia significativa cuando se usó tierra negra – bolsa y tierra negra – tubete, con promedios de 11.96 y 8.87 cm; respectivamente. Según los resultados de la tabla 3.1 existe una diferencia significativa para el efecto principal de sustrato, al utilizar abono colmatado se obtuvo una longitud de tallo de 20.05 cm y con tierra negra 10.42 cm; también el resultado muestra una diferencia significativa para el efecto principal de contenedor, en bolsa se obtuvo 19.26 cm y en tubete 11.21 cm.



**Figura 3.2.** Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en la longitud de tallo de plantones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Al respecto, Ruano (2003) menciona que el volumen de envases es obviamente, una de las características importantes a tener en cuenta para la producción de plantones, porque en definitiva es la cantidad del sustrato a emplear la que debe calcularse debidamente, de manera que se logre el óptimo vital mínimo para la raíz y la parte aéreo. En tal razón la cantidad del sustrato y tamaño de envase influirá en el crecimiento de plantones.

Díaz et al. (2010), en sus evaluaciones del efecto del sustrato en la altura total en algarrobo blanco, evidenciaron que la altura de planta es muy susceptible a la variación en la combinación de los medios, reportaron mayor crecimiento en altura de planta al utilizar los sustratos de corteza de pino compostada y coco soil en proporción 1:1. Así mismo, Rosenberger et al. (2011) en sus investigaciones sobre tres medios para evaluar el efecto en las variables longitud de tallo y raíz, utilizaron como sustrato la mezcla de tierra con resaca (30 y 70% respectivamente) en la producción de plantones de algarrobo blanco. Pérez et al. (1993) llegaron a la conclusión en sus estudios del efecto, en utilizar cuatro envases de polietileno de tamaños diferentes (510, 704, 707, 848 cm<sup>3</sup>) en el desarrollo de plantones de algarrobo blanco, obtuvieron mayores crecimientos en diámetro y altura de plantón, en el contenedor de mayor volumen (848 cm<sup>3</sup>). Sin embargo, los resultados no concuerdan con lo concluido por los autores en su trabajo, porque los mayores crecimientos de los plantones obtuvieron en el envase de menor volumen (90 cm<sup>3</sup>) y los medios con distintas porcentajes de mezcla, utilizando corteza

de pino como medio para para producir plantones con características morfológicas deseables para la época de producción proyectado, se obtuvo plantones con diámetro y altura total promedio de 2 mm y 12 cm respectivamente y que la relación entre la altura y el diámetro no supere el coeficiente de 8 como indica Mitchell et al. (1990), citado por Hunt, 1990. Un plantón es considerado apto para ser instalado en plantación definitivo cuando alcance una altura de 20-25 cm y el diámetro en promedio de 2,5 a 3 mm, además deben tener porte vigoroso y buen estado sanitario.

### 3.1.2. Longitud de raíz

**Tabla 3.3.** Análisis de variancia de la longitud de raíz (cm) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plantones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc	Sign.
Sustrato ( S )	1	178.9	178.9	7.03	0.0124	*
Inoculante ( I )	1	41.6	41.6	1.63	0.2103	ns
Contenedor ( C )	1	1290.5	1290.5	50.67	<.0001	**
S x I	1	76.2	76.2	2.99	0.0934	ns
S x C	1	318.1	318.1	12.49	0.0013	**
I x C	1	7.2	7.2	0.28	0.598	ns
S x I x C	1	71.3	71.3	2.8	0.1041	ns
Sustrato / Bolsa	1	487.08	487.08	19.12	0.0001	**
Sustrato / Tubete	1	9.94	9.94	0.39	0.5366	ns
Contenedor / Tierra negra	1	163.59	163.59	6.42	0.0164	*
Contenedor / Abono colmatado	1	1445	1445	56.74	<.0001	**
Error	32	815	25.5			
Total	39	2798.8				

CV (%) = 24.50

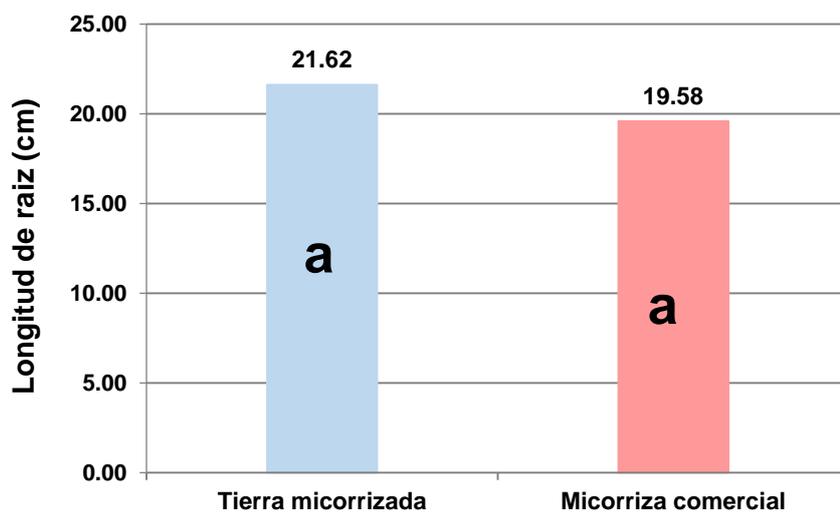
Promedio = 20.60

Al evaluar la longitud de raíz de los plantones de algarrobo, se encontró diferencia altamente significativa en el efecto principal de sustrato y contenedores, la interacción de estos factores muestra diferencias altamente significativas, como sustrato en bolsa y no existe diferencia significativa al utilizar sustrato en tubete, además existe una diferencia significativa de contenedor en tierra negra y diferencia altamente significativa

de contenedor en abono colmatado. Al analizar el efecto principal de inoculante no se encontró diferencia significativa (tabla 3.3). Estos resultados fueron analizados mediante la prueba de Tukey. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 24.50 % y promedio general de longitud de raíz de 20.60 cm.

Al analizar la prueba de Tukey, la longitud de raíz no se diferencia significativamente por efecto del inoculante, con tierra micorrizada se obtuvo 21.62 cm y con micorriza comercial 19.58 cm.

Y en lo que respecta a la biomasa radicular. Chavez et al. (2009) reporta resultados similares al no encontrar diferencias significativas entre los tratamientos inoculados y el testigo.

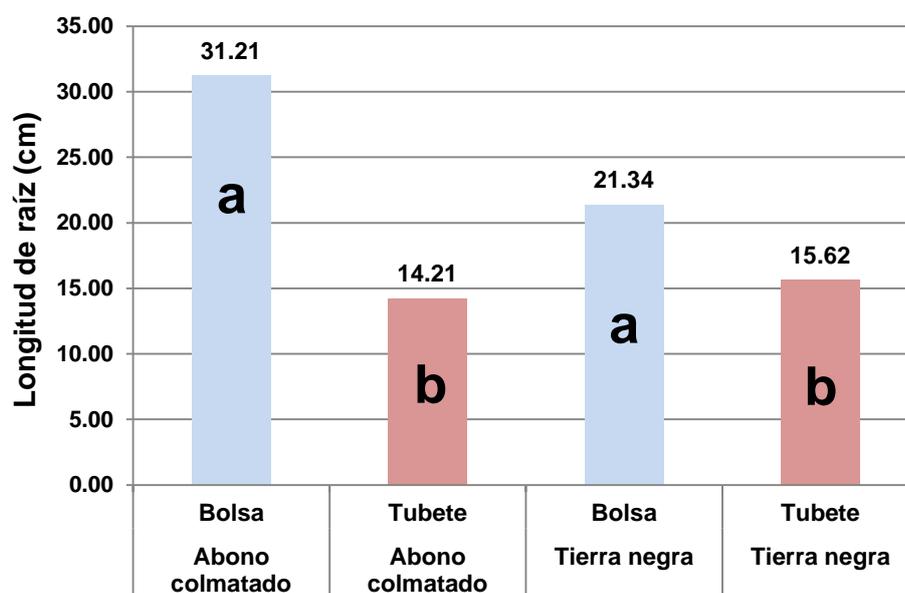


**Figura 3.3.** Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en la longitud de raíz de plantones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Renteria et al. (2017) concuerda con estos resultados al inocular plantas de *Pinus greggii* con hongos ectomicorrícicos *Laccaria bicolor*, *Laccaria laccata* y *Hebeloma leucosarx* en dos tipos de sustrato diferentes, a los 24 meses de evaluación presentaron mayor altura, diámetro y biomasa aérea y radical en comparación con plantas inoculadas y el testigo, independientemente del sustrato de crecimiento.

**Tabla 3.4.** Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en la longitud de raíz de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Sustrato	Contenedor	Longitud de raíz (cm)	n	Tukey 0.05
Abono colmatado	Bolsa	31.21	10	a
Abono colmatado	Tubete	14.21	10	b
Tierra negra	Bolsa	21.34	10	a
Tierra negra	Tubete	15.62	10	b



**Figura 3.4.** Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en la longitud de raíz de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Al efectuar el análisis de la interacción sustrato x contenedor mediante la prueba de Tukey (tabla 3.4 y figura 3.4), se encontró diferencia significativa en la longitud de raíz al utilizar abono colmatado - bolsa y abono colmatado – tubete, con promedios de 31.21 y 14.21 cm respectivamente, de la misma manera, se obtuvo diferencia significativa al utilizar tierra negra – bolsa y tierra negra – tubete, con promedios de 21.34 y 15.62 cm respectivamente. Según los resultados de la tabla 3.3 existe diferencia significativa para el efecto principal de sustrato, para el abono colmatado obtuvo una longitud de tallo de 22.71 cm y para tierra negra 18.46 cm; de la misma manera el resultado muestra diferencia significativa para el efecto principal de contenedor, para bolsa se obtuvo 26.28 cm y para tubete 14.32 cm.

Al respecto, Ruano (2003) menciona que la mayoría de los envases o contenedores, tienen la finalidad de formar un buen sistema radicular que soporte los movimientos en el vivero y el transporte hacia la plantación definitiva. Por tanto, el tamaño del contenedor tiene efecto directo en el desarrollo del tejido radicular. Otro factor de mayor importancia en el tamaño del contenedor, es su altura, por su influencia sobre las propiedades de porosidad de aireación en el sustrato y la disponibilidad para el crecimiento en de las raíces.

Montoya y Cámara (1996) mencionan que el tamaño del envase no es el único factor a tener en cuenta, la profundidad que pueda alcanzar al sistema radicular es también de importancia. La profundidad del contenedor debe ser mayor, para promover el crecimiento de la raíz principal. Lo ideal es que, al acabar el tiempo de producción, las raíces “llenen “completamente el envase para que la planta pueda extraerse con facilidad y sin pérdida de cepellón.

### 3.1.3. Número de ramas

**Tabla 3.5.** Análisis de variancia del número de ramas con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

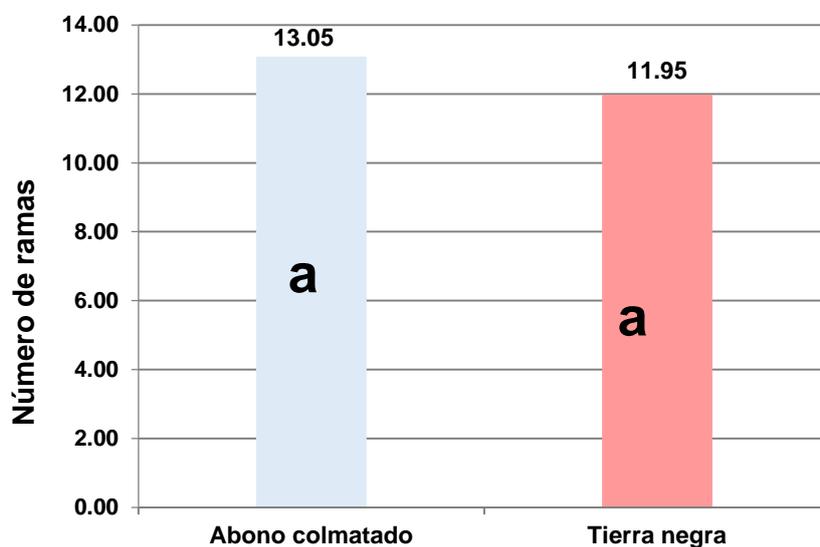
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc	Sign.
Sustrato ( S )	1	12.1	12.1	0.88	0.3544	ns
Inoculante ( I )	1	12.1	12.1	0.88	0.3544	ns
Contenedor ( C )	1	532.9	532.9	38.9	<.0001	**
S x I	1	32.4	32.4	2.36	0.1339	ns
S x C	1	25.6	25.6	1.87	0.1812	ns
I x C	1	14.4	14.4	1.05	0.3129	ns
S x I x C	1	44.1	44.1	3.22	0.0822	ns
Error	32	438.4	13.7			
Total	39	1112				

CV (%) = 26.61

Promedio = 12.5

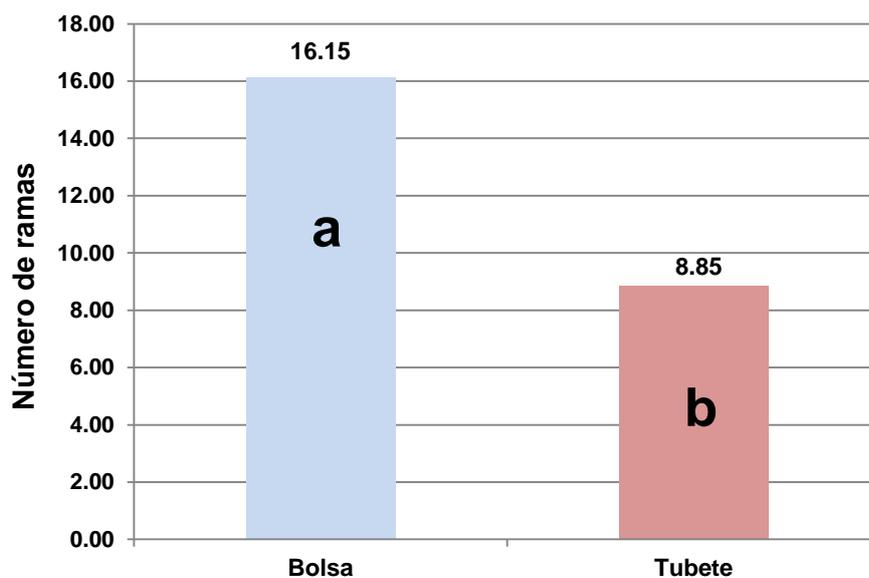
Al evaluar el número de ramas de plántones de algarrobo, no se encontró diferencia significativa en el efecto principal de sustrato e inoculante; existe diferencia altamente

significativa en el efecto principal de contenedor; los efectos de la interacción de dos factores o tres factores no fueron significativos (tabla 3.5). Estos resultados fueron analizados mediante la prueba de Tukey. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 26.61 % y un promedio general de número de ramas de 12.5.



**Figura 3.5.** Prueba de Tukey del efecto principal de sustrato en el número de ramas de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Al efectuar el análisis en la prueba de Tukey, no se encontró diferencia significativa en el número de ramas por efecto del sustrato en los tratamientos, con abono colmatado se obtuvo 13.05 y tierra negra 11.95 (figura 3.5).



**Figura 3.6.** Efecto principal de contenedor en el número de ramas de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Al analizar la prueba de Tukey, no existe diferencia significativa en el número de ramas por efecto del contenedor, con bolsa se obtuvo 16.15 y con tubete 8.85 (figura 3.6).

### 3.2. PESO FRESCO TOTAL DE LA PLANTA (TALLO + RAÍZ)

#### 3.2.1. Peso fresco total de la planta

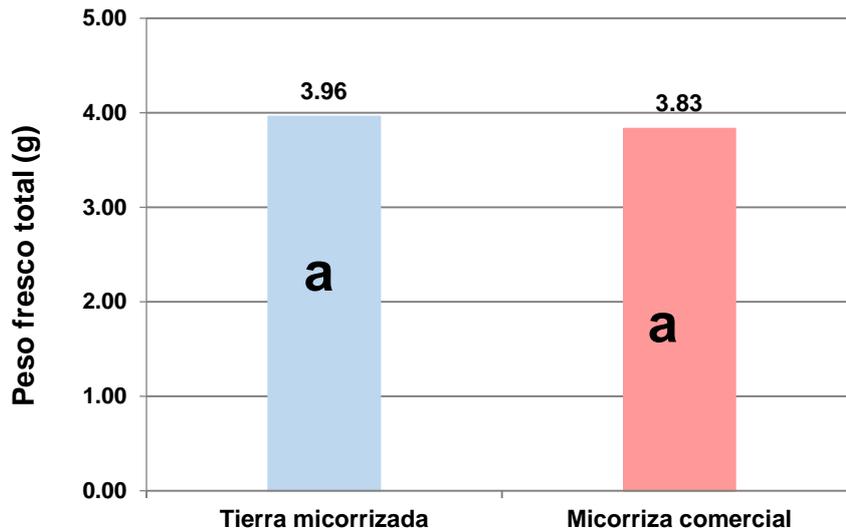
En el parámetro peso fresco total de la planta, existe diferencia altamente significativa en el efecto principal de sustrato y contenedores, la interacción de estos factores muestra diferencias altamente significativas, como sustrato en bolsa y sustrato en tubete, además existe una diferencia significativa al utilizar contenedor con tierra negra y diferencia altamente significativa al utilizar contenedor en abono colmatado. No se encontró diferencia significativa para el efecto principal de inoculante (tabla 3.6). Estos resultados se analizaron mediante la prueba de Tukey. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 20.88 % y un promedio general de longitud de tallo de 3.90 g.

**Tabla 3.6.** Análisis de variancia del peso fresco total de la planta (g) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc	Sign.
Sustrato ( S )	1	105.08	105.08	158.89	<.0001	**
Inoculante ( I )	1	0.19	0.19	0.29	0.5952	ns
Contenedor ( C )	1	199.67	199.67	301.91	<.0001	**
S x I	1	0.37	0.37	0.56	0.4587	ns
S x C	1	54.89	54.89	83	<.0001	**
I x C	1	0	0	0	0.9751	ns
S x I x C	1	0.02	0.02	0.03	0.8719	ns
Sustrato / Bolsa	1	155.93	155.93	235.78	<.0001	**
Sustrato / Tubete	1	4.04	4.04	6.11	0.019	*
Contenedor / Tierra negra	1	22.59	22.59	34.16	<.0001	**
Contenedor/Abono colmatado	1	231.97	231.97	350.75	<.0001	**
Error	32	21.16	0.66			
Total	39	381.38				

CV (%) = 20.88

Promedio = 3.90

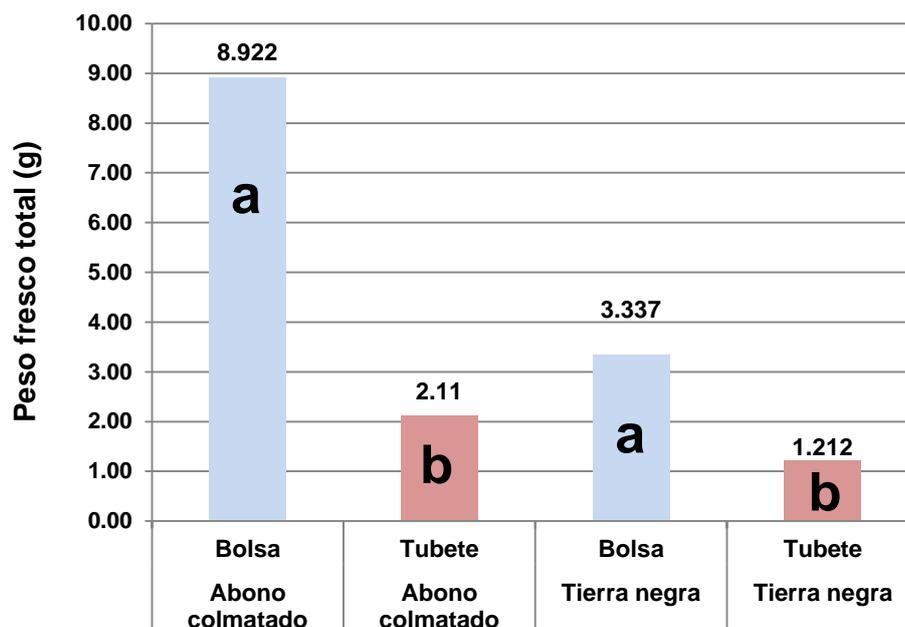


**Figura 3.7.** Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en el peso fresco total de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Al analizar la prueba de Tukey, el peso fresco total no se diferencia significativamente por efecto del inoculante, con tierra micorrizada se obtuvo 3.96 g y con micorriza comercial 3.83 (figura 3.7).

**Tabla 3.7.** Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco total de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Sustrato	Contenedor	Peso fresco total (g)	n	Tukey 0.05
Abono colmatado	Bolsa	8.922	10	a
Abono colmatado	Tubete	2.110	10	b
Tierra negra	Bolsa	3.337	10	a
Tierra negra	Tubete	1.212	10	b



**Figura 3.8.** Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco total de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Al efectuar el análisis de la interacción sustrato x contenedor mediante la prueba de Tukey (tabla 3.7 y figura 3.8), existe diferencia significativa en el peso fresco total al utilizar abono colmatado - bolsa y abono colmatado – tubete, con promedios de 8.922 y 2.110 g respectivamente, de la misma manera, se obtuvo diferencia significativa al utilizar tierra negra – bolsa y tierra negra – tubete, con promedios de 3.337 y 1.212 g respectivamente. Según los resultados de la tabla 3.6 existe diferencia significativa para el efecto principal de sustrato, para el abono colmatado se obtuvo un peso fresco total de 5.516 g y para tierra negra 2.274 g; además según la tabla 3.6 existe diferencia significativa para el efecto principal de contenedor, para bolsa se obtuvo 6.130 g y para tubete 1.661 g.

### 3.2.2. Peso fresco del tallo

En el parámetro de peso fresco del tallo, se encontró diferencia altamente significativa en el efecto principal de sustrato y contenedores, la interacción de estos factores muestra diferencias altamente significativas, como sustrato en bolsa y sustrato en tubete, además existe diferencia altamente significativa al utilizar contenedor en tierra negra y contenedor en abono colmatado. No se encontró diferencia significativa para el efecto principal de inoculante, pero este factor muestra una interacción altamente significativa con sustrato, como sustrato en tierra micorrizada y sustrato en micorriza comercial, no

existe diferencia significativa de inóculo en tierra negra y de inóculo en abono colmatado (tabla 3.8). Estos resultados se analizaron mediante la prueba de Tukey. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 18.34 % y un promedio general de peso fresco de tallo de 2.03.

**Tabla 3.8.** Análisis de variancia del peso fresco del tallo (g) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

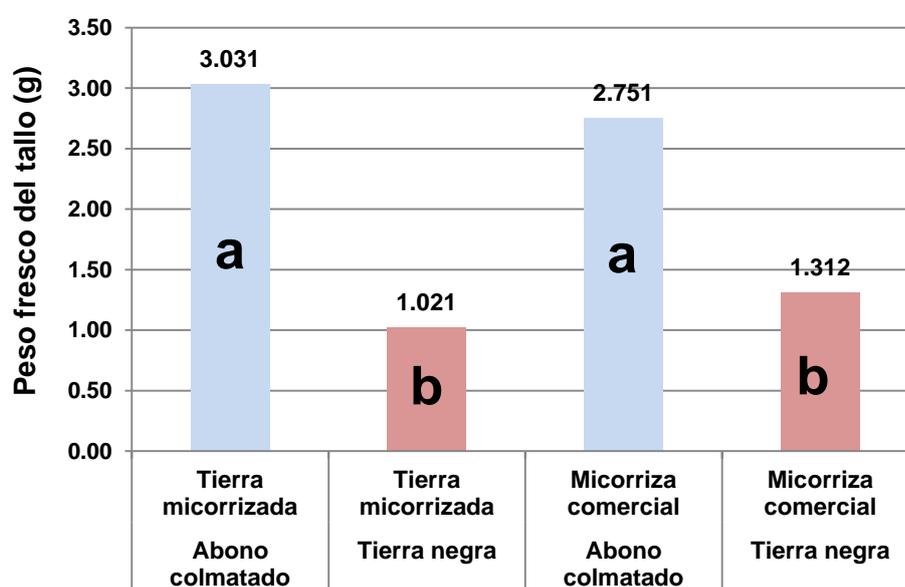
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc	Sign.
Sustrato ( S )	1	29.736	29.736	214.74	<.0001	**
Inoculante ( I )	1	0	0	0	0.965	ns
Contenedor ( C )	1	76.929	76.929	555.56	<.0001	**
S x I	1	0.818	0.818	5.91	0.0209	*
S x C	1	15.401	15.401	111.22	<.0001	**
I x C	1	0.01	0.01	0.07	0.7874	ns
S x I x C	1	0.309	0.309	2.23	0.145	ns
Sustrato/Tierra micorrizada	1	20.209	20.209	145.94	<.0001	**
Sustrato/Micorriza comercial	1	10.345	10.345	74.71	<.0001	**
Inóculo/Tierra negra	1	0.424	0.424	3.06	0.0897	ns
Inóculo/Abono colmatado	1	0.394	0.394	2.85	0.1013	ns
Sustrato/Bolsa	1	43.968	43.968	317.53	<.0001	**
Sustrato/Tubete	1	1.168	1.168	8.44	0.0066	**
Contenedor/Tierra negra	1	11.744	11.744	84.81	<.0001	**
Contenedor/Abono colmatado	1	80.585	80.585	581.97	<.0001	**
Error	32	4.431	0.138			
Total	39	127.634				

CV (%) = 18.34

Promedio = 2.03

**Tabla 3.9.** Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x inoculante en el peso fresco del tallo de plantones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Sustrato	Inoculante	Peso fresco del tallo (g)	n	Tukey 0.05
Abono colmatado	Tierra micorrizada	3.031	10	a
Tierra negra	Tierra micorrizada	1.021	10	b
Abono colmatado	Micorriza comercial	2.751	10	a
Tierra negra	Micorriza comercial	1.312	10	b



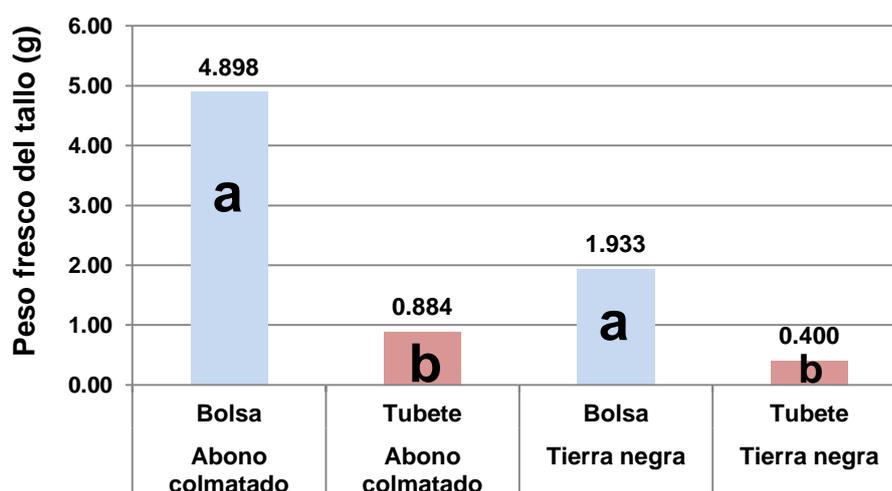
**Figura 3.9.** Efectos simples de la interacción sustrato x inoculante en el peso fresco del tallo de plantones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Al efectuar el análisis de la interacción sustrato x inoculante mediante la prueba de Tukey (tabla 3.9 y figura 3.9), se encontró diferencia significativa en el peso fresco del tallo al utilizar abono colmatado – tierra micorrizada y tierra negra – tierra micorrizada, con promedios de 3.031 y 1.021 g respectivamente, de la misma manera, se obtuvo diferencia significativa al utilizar abono colmatado – micorriza comercial y tierra negra – micorriza comercial, con promedios de 2.751 y 1.312 g respectivamente.

**Tabla 3.10.** Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco del tallo de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Sustrato	Contenedor	Peso fresco del tallo	n	Tukey 0.05
Abono colmatado	Bolsa	4.898	10	a
Abono colmatado	Tubete	0.884	10	b
Tierra negra	Bolsa	1.933	10	a
Tierra negra	Tubete	0.400	10	b

Al efectuar el análisis de la interacción sustrato x contenedor mediante la prueba de Tukey (tabla 3.10 y figura 3.10), se encontró diferencia significativa en el peso fresco del tallo al utilizar abono colmatado - bolsa y abono colmatado – tubete, con promedios de 4.898 y 0.884 g respectivamente, de la misma manera, se obtuvo diferencia significativa al utilizar tierra negra – bolsa y tierra negra – tubete, con promedios de 1.933 y 0.400 g respectivamente. Según los resultados de la tabla 3.8 existe una diferencia significativa para el efecto principal de sustrato, para el abono colmatado se obtuvo un peso fresco del tallo de 2.891 g y para tierra negra 1.166 g; de la misma manera existe diferencia significativa para el efecto principal de contenedor, para bolsa se obtuvo 3.416 g y para tubete 0.642 g.



**Figura 3.10.** Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco del tallo de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

### 3.2.3. Peso fresco de raíz

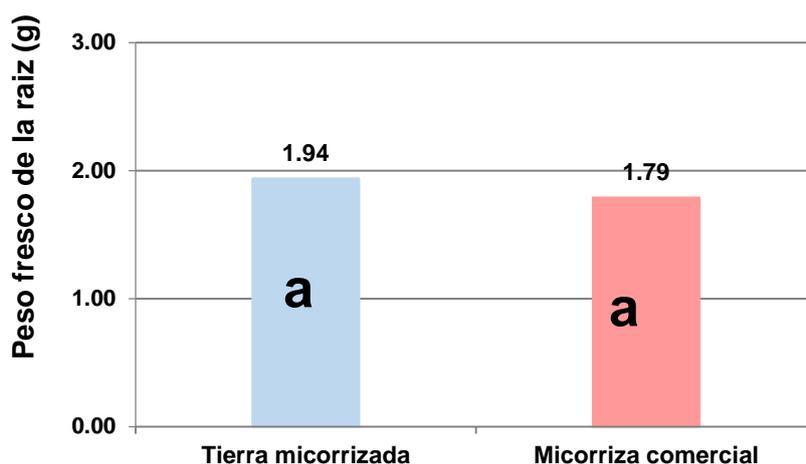
**Tabla 3.11.** Análisis de variancia del peso fresco de raíz (g) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántulas de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc	Sign.
Sustrato ( S )	1	23.019	23.019	54.77	<.0001	**
Inoculante ( I )	1	0.205	0.205	0.49	0.4899	ns
Contenedor ( C )	1	28.723	28.723	68.34	<.0001	**
S x I	1	0.087	0.087	0.21	0.6528	ns
S x C	1	12.142	12.142	28.89	<.0001	**
I x C	1	0.006	0.006	0.01	0.9079	ns
S x I x C	1	0.473	0.473	1.13	0.2964	ns
Sustrato / Bolsa	1	34.298	34.298	81.61	<.0001	**
Sustrato / Tubete	1	0.862	0.862	2.05	0.1617	ns
Contenedor / Tierra negra	1	1.758	1.758	4.18	0.0492	*
Contenedor / Abono colmatado	1	39.108	39.108	93.05	<.0001	**
Error	32	13.449	0.42			
Total	39	78.105				

CV (%) = 34.75

Promedio = 1.87

En el parámetro peso fresco de raíz, se encontró diferencia altamente significativa en el efecto principal de sustrato y contenedores, la interacción de estos factores muestra diferencias altamente significativas, como sustrato en bolsa, no se encontró diferencia significativa de interacción de sustrato en tubete, además existe diferencia significativa de contenedor en tierra negra y diferencia altamente significativa de contenedor en abono colmatado. No existe diferencia significativa para el efecto principal de inoculante (tabla 3.11). Estos resultados se analizaron mediante la prueba de Tukey. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 34.75 % y un promedio general de longitud de tallo de 1.87 g. El alto coeficiente de variación limita que se encuentre significación en otros efectos, ciertos factores no considerados en el estudio tuvieron influencia en la variación del parámetro peso fresco de raíz.



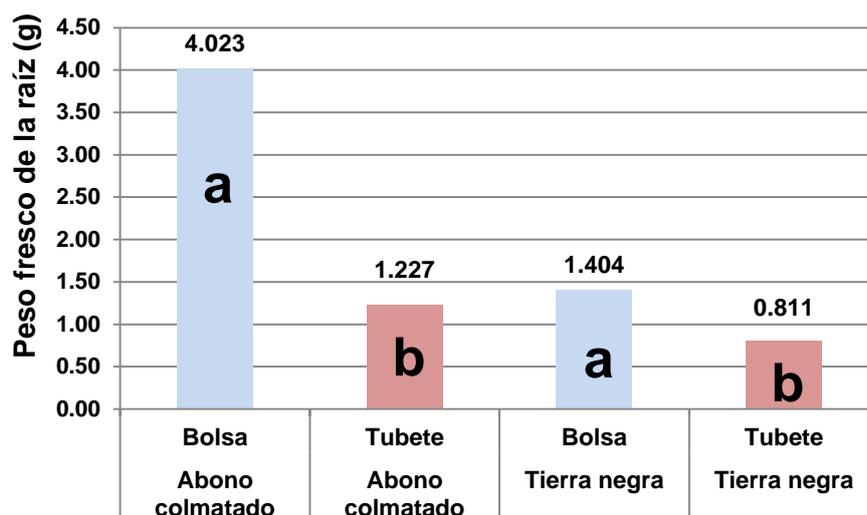
**Figura 3.11.** Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en el peso fresco de raíz de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Al efectuar el análisis de la prueba de Tukey, el peso fresco de raíz no se diferencia significativamente por efecto del inoculante, con tierra micorrizada se obtuvo 1.94 g y con micorriza comercial 1.79 (figura 3.11).

**Tabla 3.12.** Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco de raíz de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Sustrato	Contenedor	Peso fresco de la raíz (g)	n	Tukey 0.05
Abono colmatado	Bolsa	4.023	20	a
Abono colmatado	Tubete	1.227	20	b
Tierra negra	Bolsa	1.404	20	a
Tierra negra	Tubete	0.811	20	b

Al efectuar el análisis de la interacción sustrato x contenedor mediante la prueba de Tukey (tabla 3.12 y figura 3.12), se encontró diferencia significativa en el peso fresco de raíz al utilizar abono colmatado - bolsa y abono colmatado – tubete, con promedios de 4.023 y 1.227 g respectivamente, de la misma manera, se obtuvo diferencia significativa al utilizar tierra negra – bolsa y tierra negra – tubete, con promedios de 1.404 y 0.811 g respectivamente. Según los resultados de la tabla 3.11 existe diferencia significativa para el efecto principal de sustrato, para el abono colmatado se obtuvo un peso fresco de raíz 2.625 g y para tierra negra 1.108 g; de la misma manera existe una diferencia significativa para el efecto principal de contenedor, para bolsa se obtuvo 2.714 g y para tubete 1.019 g.



**Figura 3.12.** Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco de raíz de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

### 3.3. PESO SECO TOTAL DE LA PLANTA, TALLO, RAÍZ Y RELACIÓN TALLO RAÍZ

#### 3.3.1. Peso seco total de la planta

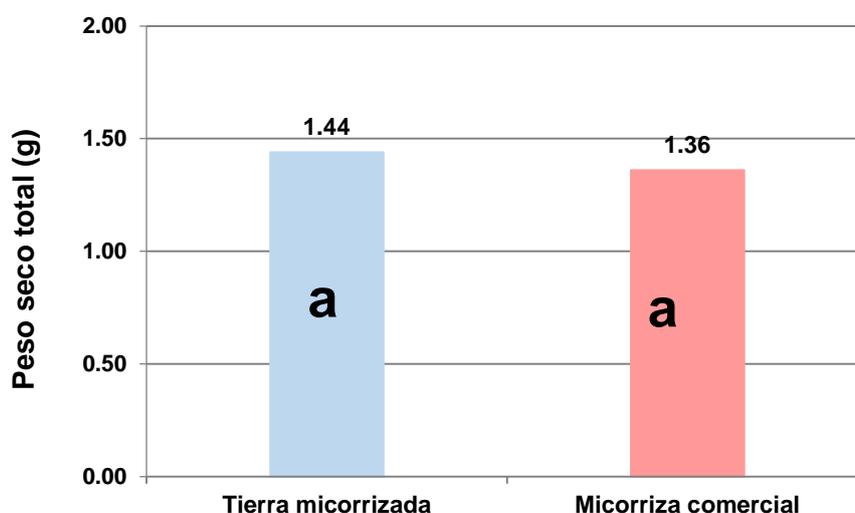
**Tabla 3.13.** Análisis de variancia del peso seco total (g) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc	Sign.
Sustrato ( S )	1	17.3199	17.3199	202.58	<.0001	**
Inoculante ( I )	1	0.0673	0.0673	0.79	0.3815	ns
Contenedor ( C )	1	27.4449	27.4449	321.01	<.0001	**
S x I	1	0.0351	0.0351	0.41	0.5262	ns
S x C	1	9.2785	9.2785	108.53	<.0001	**
I x C	1	0.0227	0.0227	0.27	0.6099	ns
S x I x C	1	0.0003	0.0003	0	0.9525	ns
Sustrato/Bolsa	1	25.976	25.976	303.83	<.0001	**
Sustrato/Tubete	1	0.6223	0.6223	7.28	0.011	*
Contenedor/Tierra negra	1	2.404	2.404	28.12	<.0001	**
Contenedor/Abono colmatado	1	34.3194	34.3194	401.42	<.0001	**
Error	32	2.7359	0.0855			
Total	39	56.9046				

CV (%) = 20.87

Promedio = 1.40

En el parámetro peso seco total, se encontró diferencia altamente significativa en el efecto principal de sustrato y contenedores, la interacción de estos factores muestra diferencias altamente significativas al utilizar sustrato en bolsa y sustrato en tubete, además existe diferencia significativa de contenedor en tierra negra y diferencia altamente significativa de contenedor en abono colmatado. No se encontró diferencia significativa para el efecto principal de inoculante (tabla 3.13). Estos resultados se analizaron mediante la prueba de Tukey. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 20.87 % y un promedio general de peso seco total de 1.40 g.



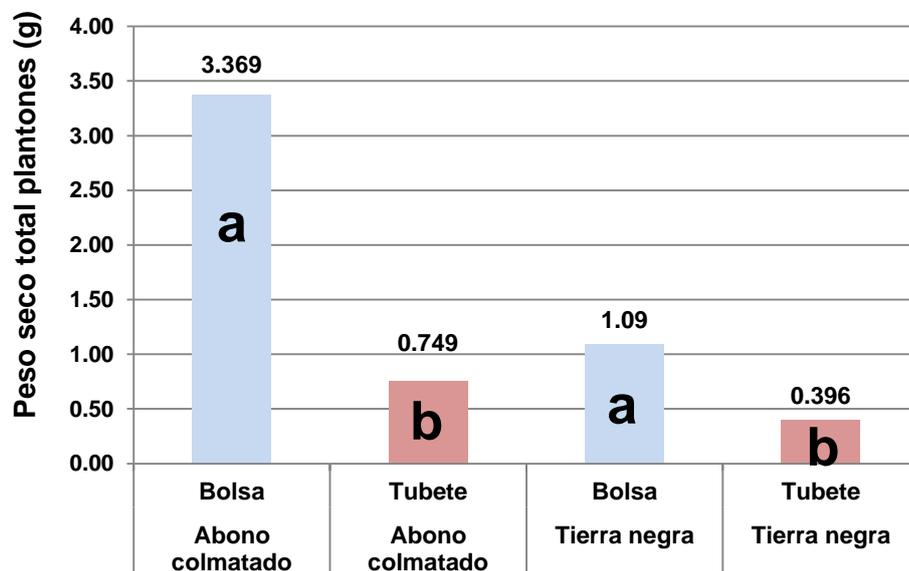
**Figura 3.13.** Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en el peso seco total de plántulas de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Al efectuar la prueba de Tukey, no se encontró diferencia significativa en el peso seco total por efecto del inoculante, con tierra micorrizada se obtuvo 1.44 g y con micorriza comercial 1.36 (figura 3.13).

**Tabla 3.14.** Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso seco total de plántulas de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Sustrato	Contenedor	Peso seco total (g)	n	Tukey 0.05
Abono colmatado	Bolsa	3.369	20	a
Abono colmatado	Tubete	0.749	20	b
Tierra negra	Bolsa	1.090	20	a
Tierra negra	Tubete	0.396	20	b

Al efectuar el análisis de la interacción sustrato x contenedor mediante la prueba de Tukey (tabla 3.14 y figura 3.14), se encontró diferencia significativa en el peso seco total al utilizar abono colmatado - bolsa y abono colmatado – tubete, con promedios de 3.369 y 0.749 g respectivamente, de la misma manera, se obtuvo diferencia significativa al utilizar tierra negra – bolsa y tierra negra – tubete, con promedios de 1.090 y 0.396 g respectivamente. Según los resultados de la tabla 3.13 existe diferencia significativa para el efecto principal de sustrato, para el abono colmatado se obtuvo un peso seco total de 2.059 g y para tierra negra 0.743 g; además los resultados muestran diferencia significativa para el efecto principal de contenedor, para bolsa se obtuvo 2.23 g y para tubete 0.572 g.



**Figura 3.14.** Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso seco total de plantones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

### 3.3.2. Peso seco del tallo

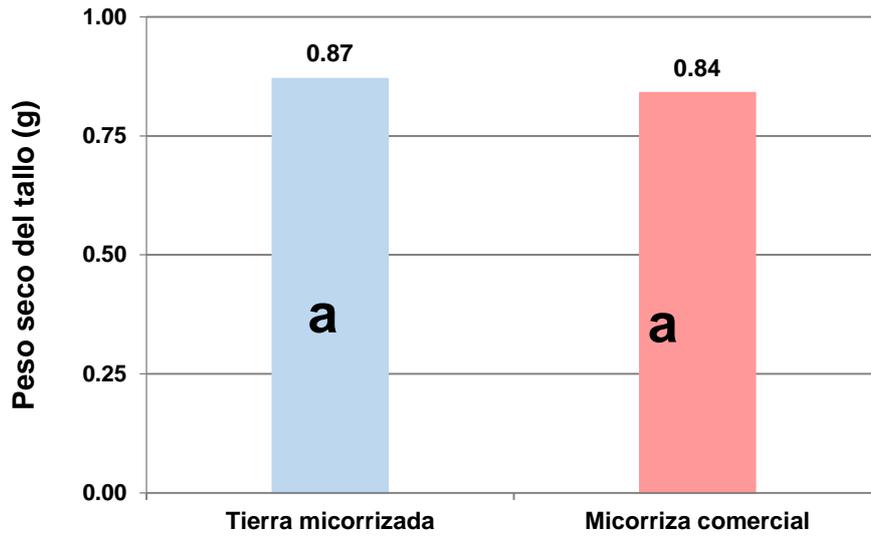
**Tabla 3.15.** Análisis de variancia del peso seco del tallo (g) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc	Sign.
Sustrato ( S )	1	6.284	6.284	240.67	<.0001	**
Inoculante ( I )	1	0.008	0.008	0.32	0.5756	ns
Contenedor ( C )	1	12.292	12.292	470.79	<.0001	**
S x I	1	0.061	0.061	2.34	0.1357	ns
S x C	1	3.258	3.258	124.79	<.0001	**
I x C	1	0.001	0.001	0.03	0.8735	ns
S x I x C	1	0.014	0.014	0.55	0.4637	ns
Sustrato / Bolsa	1	9.296	9.296	356.02	<.0001	**
Sustrato / Tubete	1	0.246	0.246	9.43	0.0043	**
Contenedor / Tierra negra	1	1.447	1.447	55.41	<.0001	**
Contenedor/Abono colmatado	1	14.104	14.104	540.17	<.0001	**
Error	32	0.836	0.026			
Total	39	22.754				

CV (%) = 18.91

Promedio = 0.85

En el parámetro peso seco del tallo, se encontró diferencia altamente significativa en el efecto principal de sustrato y contenedores, la interacción de estos factores muestra diferencias altamente significativas, como sustrato en bolsa y sustrato en tubete, además existe diferencia altamente significativa de contenedor en tierra negra y de contenedor en abono colmatado. No se encontró diferencia significativa para el efecto principal de inoculante (tabla 3.15). Estos resultados se analizaron mediante la prueba de Tukey. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 18.91 % y un promedio general de peso seco del tallo de 0.85 g.

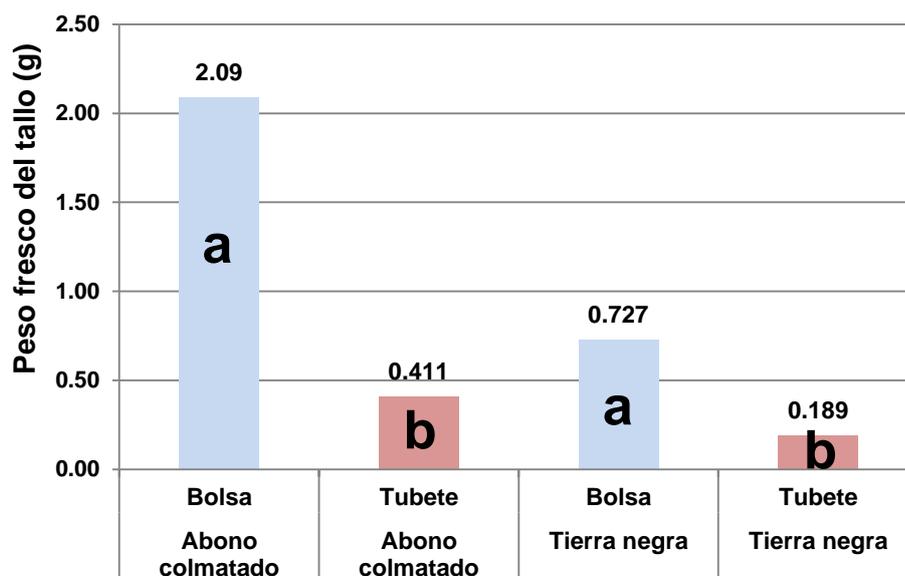


**Figura 3.15.** Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en el peso seco del tallo de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Al analizar la prueba de Tukey, el peso seco del tallo no se diferencia significativamente por efecto del inoculante, con tierra micorrizada se obtuvo 0.87 g y con micorriza comercial 0.84 (figura 3.15).

**Tabla 3.16.** Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso seco del tallo de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Sustrato	Contenedor	Peso seco del tallo (g)	n	Tukey 0.05
Abono colmatado	Bolsa	2.090	20	a
Abono colmatado	Tubete	0.411	20	b
Tierra negra	Bolsa	0.727	20	a
Tierra negra	Tubete	0.189	20	b



**Figura 3.16.** Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso seco del tallo de plántulas de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Al efectuar el análisis de la interacción sustrato x contenedor mediante la prueba de Tukey (tabla 3.16 y figura 3.16), se encontró diferencia significativa en el peso seco del tallo al utilizar abono colmatado - bolsa y abono colmatado – tubete, con promedios de 2.090 y 0.411 g respectivamente, de la misma manera, se obtuvo diferencia significativa al utilizar tierra negra – bolsa y tierra negra – tubete, con promedios de 0.727 y 0.189 g respectivamente. Según los resultados de la tabla 3.15 existe una diferencia significativa para el efecto principal de sustrato, para el abono colmatado se obtuvo un peso seco del tallo de 1.250 g y para tierra negra 0.458 g; de la misma manera existe diferencia significativa para el efecto principal de contenedor, para bolsa se tiene 1.408 g y para tubete 0.300 g.

### 3.3.3. Peso seco de raíz

**Tabla 3.17.** Análisis de variancia del peso seco de raíz (g) con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc	Sign.
Sustrato ( S )	1	2.739	2.739	62.31	<.0001	**
Inoculante ( I )	1	0.028	0.028	0.64	0.4287	ns
Contenedor ( C )	1	3.002	3.002	68.3	<.0001	**
S x I	1	0.004	0.004	0.08	0.7769	ns
S x C	1	1.54	1.54	35.04	<.0001	**
I x C	1	0.016	0.016	0.35	0.556	ns
S x I x C	1	0.019	0.019	0.43	0.5169	ns
Sustrato / Bolsa	1	4.193	4.193	95.39	<.0001	**
Sustrato / Tubete	1	0.086	0.086	1.95	0.1723	ns
Contenedor / Tierra negra	1	0.121	0.121	2.75	0.107	ns
Contenedor/Abono colmatado	1	4.422	4.422	100.59	<.0001	**
Error	32	1.407	0.044			
Total	39	8.755				

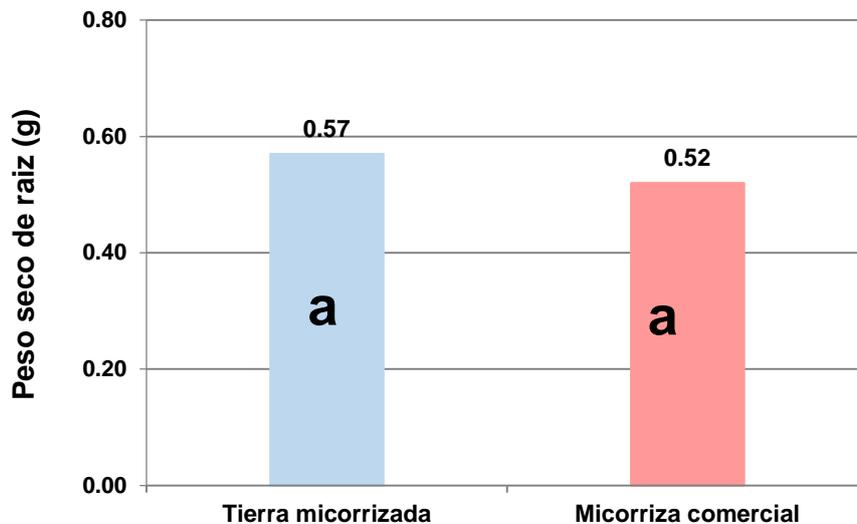
CV (%) = 38.34

Promedio = 0.55

Al evaluar el peso seco de raíz, se encontró diferencia altamente significativa en el efecto principal de sustrato y contenedores, la interacción de estos factores muestra diferencias altamente significativas, como sustrato en bolsa, pero no existe diferencia significativa de sustrato en tubete, además no se encontró diferencia significativa de contenedor en tierra negra y en el caso de contenedor en abono colmatado si existe diferencia altamente significativa. No existe diferencia significativa para el efecto principal de inoculante (tabla 3.17). Estos resultados se analizaron mediante la prueba de Tukey. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 38.34 % y un promedio general de peso seco de raíz de 0.55 g. De la misma manera en este parámetro de peso fresco de raíz, el alto coeficiente de variación limita que se encuentre significación en otros efectos, por lo que ciertos factores no considerados tienen influencia en la variación del parámetro peso fresco y seco de raíz.

Al analizar la prueba de Tukey, el peso seco de raíz no se diferencia significativamente por efecto del inoculante, con tierra micorrizada se obtuvo 0.57 g y con micorriza comercial 0.52 (figura 3.17).

Rodríguez (2008), citado por Díaz et al. (2010) reportaron que una óptima relación materia seca parte aérea/materia seca de raíz debe fluctuar entre 1.5 y 2.5, este parámetro favorece un proceso fotosintético eficiente y predispone a la resistencia de períodos relativamente secos.



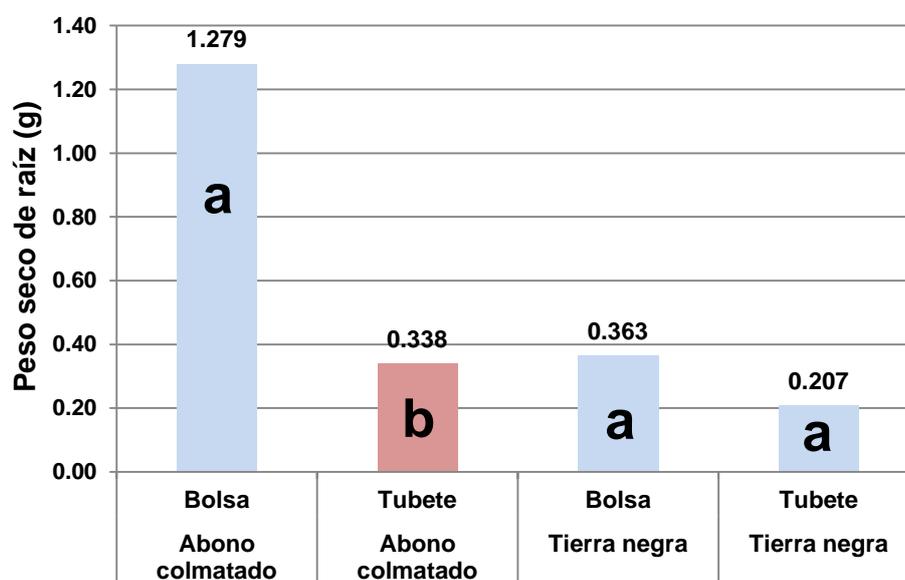
**Figura 3.17.** Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en el peso seco de raíz de plántulas de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Este resultado concuerda con los obtenidos por Chavez et al. (2009) respecto a la biomasa radicular al evaluar plántulas de *Pinus radiata* a los 11 meses de inoculado con *R. luteolus* en forma miceliar líquida, miceliar sólida e inóculo esporal, no encontró diferencias significativas entre los tratamientos inoculados.

Reportes de Oliet (2000), como Cobas (2001) citado por Diaz et al, (2010) mencionan que el factor determinante para la supervivencia de las plantas en campo definitivo es el contenido de materia seca de la raíz y en menor medida la materia seca de la parte aérea, ya que esta cualidad predispone una mayor supervivencia.

**Tabla 3.18.** Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso seco de raíz de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Sustrato	Contenedor	Peso seco de raíz (g)	n	Tukey 0.05
Abono colmatado	Bolsa	1.279	20	a
Abono colmatado	Tubete	0.338	20	b
Tierra negra	Bolsa	0.363	20	a
Tierra negra	Tubete	0.207	20	a



**Figura 3.18.** Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso seco de raíz de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Al efectuar el análisis de la interacción sustrato x contenedor mediante la prueba de Tukey (tabla 3.18 y figura 3.18), se encontró diferencia significativa en el peso seco de raíz al utilizar abono colmatado - bolsa y abono colmatado – tubete, con promedios de 1.279 y 0.338 g respectivamente, de la misma manera, se obtuvo diferencia significativa al utilizar tierra negra – bolsa y tierra negra – tubete, con promedios de 0.363 y 0.207 g respectivamente. Según los resultados de la tabla 3.17 existe diferencia significativa para el efecto principal de sustrato, para el abono colmatado se obtuvo un peso seco de raíz de 0.808 g y para tierra negra 0.285 g; de la misma manera existe diferencia significativa para el efecto principal de contenedor, para bolsa se obtuvo 0.821 g y para tubete 0.272 g.

Duñabeitia et al. (2004) al utilizar esporas de hongos ectomicorrícicos *Rhizopogon luteolus*, *Rhizopogon roseolus* y *Scleroderma citrinun* en la producción de plántulas de *Pinus radiata* en contenedor, encontraron que los hongos inducían un incremento significativo de la biomasa radical, en comparación con las plantas testigo no inoculadas y mejoraban el estado fisiológico del plantón, el contenido de nutrientes, la fotosíntesis neta y la eficiencia en el uso de agua. En valores absolutos los resultados obtenidos, respecto a la biomasa radicular en todos los tratamientos en la presente investigación superaron al testigo, observando esta diferencia biológicamente en el vivero al tener plantas con mayor vigor que las del testigo.

Romero et al. (1986) citado por Villar (2003) manifiesta que para las coníferas norteamericanas, se han propuesto una relación de la parte aérea y la parte radicular PA/PR óptimos entre 1,5 y 2,2 la relación de PA/PR muy elevados repercute en el crecimiento y desarrollo en campo de un plantón, debido al desequilibrio en el balance hídrico, el menor crecimiento y supervivencia de los plantones con PA/PR muy bajos es consecuencia del desequilibrio en el balance de carbono específicamente bajo condiciones de estrés. Un exceso en el desarrollo de tejidos no fotosintéticos (raíces) implica pérdidas de carbono en mayores proporciones y. por tanto, menor la disponibilidad de carbohidratos para el crecimiento de los tallos y raíces.

### 3.3.4. Relación tallo/raíz

**Tabla 3.19.** Análisis de variancia de la relación tallo/raíz con sustratos, inoculantes y contenedores en la producción de plantones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc	Sign.
Sustrato ( S )	1	0.337	0.337	1.38	0.2491	ns
Inoculante ( I )	1	1.072	1.072	4.38	0.0443	*
Contenedor ( C )	1	9.374	9.374	38.32	<.0001	**
S x I	1	0.838	0.838	3.43	0.0734	ns
S x C	1	2.483	2.483	10.15	0.0032	**
I x C	1	0.636	0.636	2.6	0.1168	ns
S x I x C	1	0.509	0.509	2.08	0.1589	ns
Sustrato / Bolsa	1	2.325	2.325	9.5	0.0042	**
Sustrato / Tubete	1	0.495	0.495	2.02	0.1645	ns
Contenedor / Tierra negra	1	10.753	10.753	43.96	<.0001	**
Contenedor/Abono colmatado	1	1.104	1.104	4.51	0.0414	*
Error	32	7.827	0.245			
Total	39	23.076				

CV (%) = 31.25

Promedio = 1.58

Al evaluar la relación tallo / raíz (peso seco de tallo / peso seco de raíz), no se encontró diferencia significativa en el efecto principal de sustrato y el efecto principal de contenedores resultan altamente significativas, la interacción de estos dos factores muestra diferencias altamente significativas, como sustrato en bolsa y no existe diferencia significativa de sustrato en tubete, de la misma manera se encontró diferencia altamente significativa de contenedor en tierra negra y en el caso de contenedor en abono colmatado no muestra diferencia significativa. Se encontró diferencia significativa para el efecto principal de inoculante (tabla 3.19). Estos resultados se analizaron mediante la prueba de Tukey. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 31.25 % y un promedio general de relación tallo / raíz de 1.58.

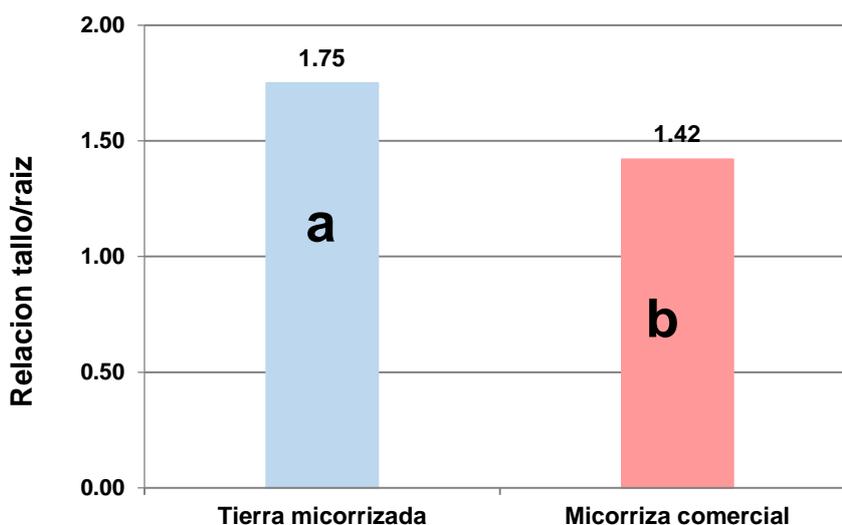
Nieva y Rios (2004) reporta resultados similares, respecto a la variable peso seco total de la planta, al evaluar plántulas de *Pinus greggi* a los 11 meses de estadio inoculadas

con esporas de hongos ectomicorrícicos *Laccaria laccata*, *Suillus pseudobrevipes*, *Boletus pinophilis*, *Pisolithus tinctorius*, no encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos inoculados, pero si presentan diferencias significativas entre los tratamientos inoculados y el testigo.

**Tabla 3.20.** Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en la relación Tallo/raíz de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Inoculante	Relación tallo/raíz	n	Tukey 0.05
Tierra micorrizada	1.75	20	a
Micorriza comercial	1.42	20	b

Al analizar la prueba de Tukey, se encontró diferencia significativa en la relación tallo / raíz por efecto del inoculante, con tierra micorrizada se obtuvo 1.75 y con micorriza comercial 1.42 (tabla 3.20).



**Figura 3.19.** Prueba de Tukey del efecto principal de inoculante en la relación Tallo/raíz de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

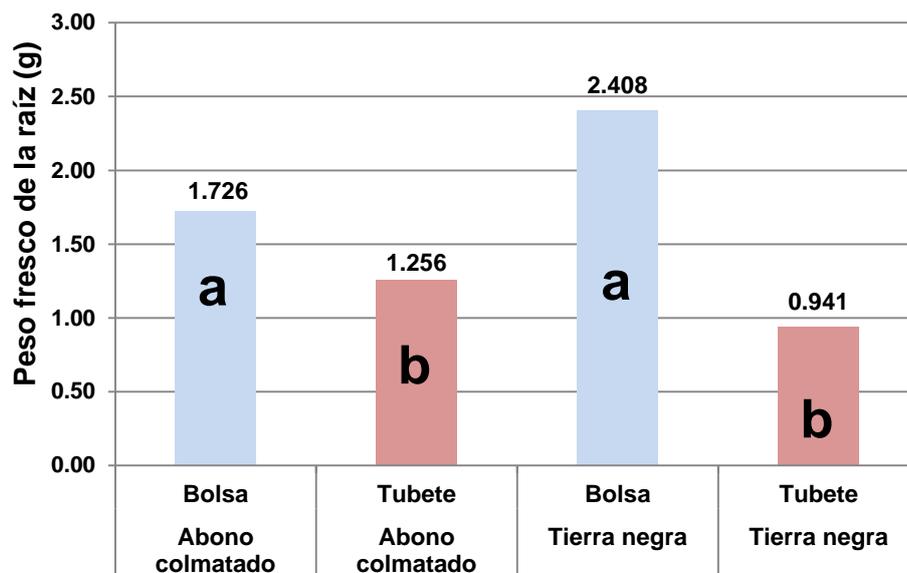
Mena et al. (2010), reportan que las plantas inoculadas con el consorcio selva (*Glomus constrictum*; *Glomus geosporum*; *Glomus fasciculatum*; *Glomus tortuosum* y *Acaulospora scrobiculata*) presentaron valores más altos en altura de la planta y diámetro del tallo, así mismo, fueron las que mejor soportaron el déficit hídrico, recuperándose rápidamente; puede estar asociado a la ocurrencia de efectos sinérgicos entre las diferentes especies que lo conforman, potenciándose entre sí. Mientras que *Glomus* no presentó diferencia significativa con respecto al control.

**Tabla 3.21.** Prueba de Tukey de efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco de la raíz de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Sustrato	Contenedor	Peso fresco de la raíz (g)	n	Tukey 0.05
Abono colmatado	Bolsa	1.726	20	a
Abono colmatado	Tubete	1.256	20	b
Tierra negra	Bolsa	2.408	20	a
Tierra negra	Tubete	0.941	20	b

Al efectuar el análisis de la interacción sustrato x contenedor mediante la prueba de Tukey (tabla 3.21 y figura 3.20), se encontró diferencia significativa en la relación tallo / raíz al utilizar abono colmatado - bolsa y abono colmatado – tubete, con promedios de 1.726 y 1.256 respectivamente, de la misma manera, se obtuvo diferencia significativa al utilizar tierra negra – bolsa y tierra negra – tubete, con promedios de 2.408 y 0.941 respectivamente. Según los resultados de la tabla 3.19 no existe diferencia significativa para el efecto principal de sustrato, para el abono colmatado se obtuvo una relación tallo / raíz de 1.491 y para tierra negra 1.674; de la misma manera existe diferencia significativa para el efecto principal de contenedor, para bolsa se obtuvo 2.067 g y para tubete 1.098.

Asimismo, Sáenz (2015) indica que la relación tallo/raíz valores mayores a 2.5 es desproporcionado, lo cual repercute en la existencia de un sistema radicular sin capacidad de proveer de nutrientes a la parte aérea de la planta, el coeficiente de la relación tallo/raíz no debe superar 2.5; en zonas donde la precipitación es escasa en los sitios de plantación.



**Figura 3.20.** Efectos simples de la interacción sustrato x contenedor en el peso fresco de la raíz de plántulas de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

### 3.4. CORRELACIÓN ENTRE CARACTERES

Los coeficientes de correlación simple entre los 10 caracteres de plántulas de algarrobo se observan en el tabla 3.22, se puede destacar que la relación tallo / raíz está correlacionado positivamente con significación estadística con el número de ramas y peso fresco de tallo, a su vez el número de ramas está correlacionado positivamente con significación estadística con todos los caracteres evaluados, a su vez el peso fresco de tallo esta correlacionado positivamente con todos los caracteres evaluados, excepto relación tallo / raíz.

**Tabla 3.22.** Coeficientes de correlación (negrita) y valor p (debajo de negrita) entre caracteres de algarrobo (*Prosopis* sp.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

<b>Altura de planta</b>	<b>Longitud de la raíz</b>	<b>N° de ramas</b>	<b>Peso fresco total</b>	<b>Peso fresco del tallo</b>	<b>Peso fresco de la raíz</b>	<b>Peso seco total</b>	<b>Peso seco del tallo</b>	<b>Peso seco de la raíz</b>	<b>Relación tallo/raíz</b>
<b>cm</b>	<b>cm</b>		<b>g</b>	<b>g</b>	<b>g</b>	<b>g</b>	<b>g</b>	<b>g</b>	
<b>Y1</b>	<b>Y2</b>	<b>Y3</b>	<b>Y4</b>	<b>Y5</b>	<b>Y6</b>	<b>Y7</b>	<b>Y8</b>	<b>Y9</b>	<b>Y10</b>
<b>Y1</b>	<b>0.6477</b>	<b>0.4145</b>	<b>0.8991</b>	<b>0.9148</b>	<b>0.8174</b>	<b>0.9078</b>	<b>0.9276</b>	<b>0.8192</b>	<b>0.1658</b>
	<.0001	0.0078	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.3067
<b>Y2</b>		<b>0.4513</b>	<b>0.7964</b>	<b>0.7724</b>	<b>0.7726</b>	<b>0.7901</b>	<b>0.7809</b>	<b>0.7553</b>	<b>0.0981</b>
		0.0035	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.5471
<b>Y3</b>			<b>0.5270</b>	<b>0.5579</b>	<b>0.4513</b>	<b>0.4845</b>	<b>0.5229</b>	<b>0.3923</b>	<b>0.5205</b>
			0.0005	0.0002	0.0035	0.0015	0.0005	0.0123	0.0006
<b>Y4</b>				<b>0.9766</b>	<b>0.9614</b>	<b>0.9953</b>	<b>0.9835</b>	<b>0.9519</b>	<b>0.1728</b>
				<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.2864
<b>Y5</b>					<b>0.8796</b>	<b>0.9724</b>	<b>0.9955</b>	<b>0.8743</b>	<b>0.3202</b>
					<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.044
<b>Y6</b>						<b>0.9563</b>	<b>0.9007</b>	<b>0.9858</b>	<b>-0.0275</b>
						<.0001	<.0001	<.0001	0.8665
<b>Y7</b>							<b>0.9852</b>	<b>0.9611</b>	<b>0.1520</b>
							<.0001	<.0001	0.349
<b>Y8</b>								<b>0.8997</b>	<b>0.2597</b>
								<.0001	0.1057
<b>Y9</b>									<b>-0.0310</b>
									0.8494

## CONCLUSIONES

1. En el uso de los tipos de inoculantes micorrícicos, tierra micorrizada y micorriza comercial existen mínimas diferencias en la longitud del tallo, raíz, número de ramas, peso fresco total y peso seco total del plantón.
2. El sustrato 2 (compuesto de tierra agrícola 50%, abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla 30% y arena 20%), ofrece mejores condiciones en la propagación de los plantones de algarrobo, por contener una mayor disponibilidad de nutrientes, una alta capacidad de retención de humedad y buena aireación. Estadísticamente las diferencias son altamente significativas en las variables evaluadas, en comparación al sustrato de tierra negra 30%.
3. El contenedor bolsa de polietileno (5 x 7 pulgadas x 2 mm), ofrece mejores condiciones en la propagación de los plantones de algarrobo.
4. La longitud de la raíz y la del tallo superaron al utilizar abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla y tierra negra en bolsa, al de los tubetes.
5. El peso fresco total y peso seco total fue superior al utilizar abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla y tierra negra en bolsa, en comparación al de los tubetes.
6. La relación al parámetro peso fresco de tallo/raíz: el tratamiento a base de tierra negra- bolsa y tubete fue superior al tratamiento de abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla – bolsa y tubete.

## **RECOMENDACIONES**

1. Utilizar el sustrato 2 (compuesto de tierra agrícola 50%, abono colmatado de planta de tratamiento de Totorilla 30% y arena 20%) porque ofrece óptimas condiciones en la propagación de los plantones de algarrobo.
2. Utilizar bolsa de polietileno (5 x 7 pulgadas x 2 mm) porque da las mejores condiciones en la propagación de los plantones de algarrobo por su mayor capacidad de volumen.
3. Continuar investigando sobre la producción de plantas de calidad en *Prosopis* sp, de tal manera que se genere una tecnología propia en la producción de plantones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, J. (2013). *Micorrizas, su importancia en los programas de reforestación*. Separatas del curso de micorrizas en plantas forestales, organizado por Agrorural Vilcashuamán.
- Aguirre, A. (2004). *Propagación de especies forestales nativas de la región andina del Perú*.
- Aguirre, Q. (1989). *Evaluación de dos plantaciones de algarrobo *P. pallida* con riego por goteo en las zonas áridas de los departamentos de Piura e Ica*. Dirección General de Investigación Forestal del INIAA.
- Ancco, Ñ. Y. (2019). *Evaluación del inoculo micorrizal del hongo (*Boletus edulis*) en la producción de plántones de pino (*Pinus radiata* D. Don) en Andahuaylas*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco. [http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5017/253T20190801\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5017/253T20190801_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Brack, A., & Mendiola, C. (2000). *Ecología del Perú*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Editorial Bruño.
- Burkart, A. (1976). A monograph of the Genus *Prosopis*. *Journal Arn. Arb.* 57: 3-4
- Bragg, N. C., & Chambers, B. J. (1988). *Acta Horticulturae* 221: 35-44.
- Brissette, J. C. (1991). *Contenedor de plántulas*. En Manual de Dougherty, P.M., regeneración del bosque. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- SCAGEL, R. (1993). *Selección de stock tipo de plántula provincial y ordenando las directrices*. Victoria, A. C.: British. Columbia Ministerio de bosques, silvicultura rama.
- Birtchel, T., Rose, R., Royo, A., & Pardos, M. (1998). La planta ideal: revisión del concepto parámetros definitorios e implantación práctica. *Investigación agraria: sistemas y recursos forestales*. 7:109-121.
- Botanica-9 Micorrizas. (s.f.) *Descripción de las Ectomicorrizas* (en línea). Consultado 23 de junio 2016. <http://www.diccionariosdigitales.net/glosarios%20y%20vocabularios/botanica-9-micorrizas.htm>.
- Castellano, M., & Molina, R. (1998). *Manual de Viveros para la producción de especies forestales en contenedor*. EEUU. Departamento de agricultura Volumen 5. Capítulo 2 Micorrizas.

- [http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestacion/Manual\\_Viveros\\_Vol5/Capitulo\\_2.pdf](http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestacion/Manual_Viveros_Vol5/Capitulo_2.pdf).
- Carrera-Nieva, A., & López-Ríos, G. F. (2004). Manejo y evaluación de ectomicorrizas en especies forestales. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 10(2):93-98.
- Cuesta, C. (2003). *Ecología de los Hongos*.  
[http://www.forestales.net/archivos/forestal/pdfs%2024/ecologia\\_hongos\\_2.html](http://www.forestales.net/archivos/forestal/pdfs%2024/ecologia_hongos_2.html).
- Cronquist, A. (1988). *The Evolution and classification of flowering plants. La Evolucion y clasificación de las Angiospermas*. Estados Unidos.
- Chavez, D., Pereira, G., & Machuca, A. (2009). Efecto de tipos de Inóculos de tres especies fúngicas en la micorrización controlada de plantulas de *Pinus radiata*. *Bosque*, 30(1): p. 4-9.
- Díaz, A. C. (2005). *Los Algarrobos*. (1<sup>a</sup> ed.). Editorial libertad.
- Díaz, V., Pérez, V. & Hening, A. (2010). *Influencia de diferentes sustratos en el desarrollo de plantines de Prosopis alba Griseb*. XIX Jornadas Forestales de Entre Ríos. [DVD]: [Fecha de consulta: 05 de marzo de 2013].
- Duñabeitia, M. (2004). *Respuesta diferencial de las tres especies de hongos a los factores ambientales y su papel en la micorrización de pinus radiata D. Don*. Tomo 6, pp. 248-253.
- Esquivel, R. (1986). *Aislamiento de Hongos Micorrizicos y su efecto en el crecimiento de Pinus radiata en Condiciones de invernadero*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Ferreira, R. (2007). *Estudio Sistemático de los Algarrobos en la Costa Norte del Perú*. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional Forestal y de Fauna.
- Ferreira, R. (1984). *Los tipos de vegetación de la Costa Peruana*. Anales Jardín Bot. Madrid 40: 241–256.
- Ferreira, R. (1987). *Estudio sistemático de los algarrobos de la costa norte del Perú*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Dirección de Investigación Forestal de Fauna. Lima, Ministerio de Agricultura.
- García, M. A., Díaz, D. E., Alorda, M., Gallardo. C., & Valenzuela, O. (2005). *Características de los sustratos utilizados por los viveros forestales*. IDIA XXI 8: 57-59.
- Galera, F. (2000). *Las especies del género Prosopis (Algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico*. FAO y Universidad

- Gómez, M. Toro, J. (2008). *Manejo de las semillas y propagación de diez especies forestales del bosque seco tropical*. Medellín, CO. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. Boletín Técnico Biodiversidad N° 3 p.
- Gomes, J. M., Couto, L., Garcia Leite, H., Xavier, A., & Ribeiro Garcia, S. L. (2003). "Crecimiento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K". *Árvore* 27(2):113-127.
- Hernández, C. (2016). *Apuntes del curso taller: Sistemática, Taxonomía y Conservación de Hongos micorrízogenos arbusculares (HMA)*. Organizado por el proyecto FOCAM 2012. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.
- Hunt, G. A. (1990). *Effect of styroblock design and copper treatment on morphology of conifer seedlings*". En: Rose, R.; Campbell, S. J.; Landis, T. D. Proceedings, Western Forest nursery association. Department of agriculture, Forest service, Rocky Mountain Forest and Range Experimental Station. Pp: 13-17. Fort Collins, U. S.
- Iverson, R.D. (1984). *Selección de material de siembra: realidades de operativas y satisfacer las necesidades biológicas*. En: Duryea, M.L.; Landis, T.D., Ed. manual de vivero forestal: producción de raíz descubierta las plantas de semillero. Boston: Kluwer Academic Publishers: 261-266.
- Jara, M. (2005). *Micorrización de plantas de Pinus radiata producidas en distintos sustratos en vivero*. Tesis. Ing. Forestal. Universidad de Concepción- Chile.
- Joseau, M. J., Ledesma, M., Verga, A., & Carranza, C. (2006). *El cultivo del algarrobo: obtención de semilla, vivero y plantación del algarrobo: con especial referencia al Chaco árido argentino*. Ediciones INTA, 32.
- Landis, T. D. (1990). *Contenedores y medios de crecimiento*. En: Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. Volumen dos. p 1-89. Agric. Handbk. Washington, DC.
- Landis, T. D. (1993). *Gestión de biodiversidad y ecosistemas: el papel de viveros forestales y de conservación*. En: Landis, T.D., tecnología coord. Procedimientos, Western Forest Nursery Association, 1992, 14 al 18 de septiembre; Caída hoja lago, CA. General representante de tecnología RM-221. Fort Collins, CO: USDA bosque servicio, bosque rocoso de la montaña y la estación experimental de rango: 1-17.

- Leyva Rodríguez, F., Rosell Pardo, R., Ramírez Rubio, A., & Romero Rosa, I. (2008). *Manejo de endurecimiento por riego para elevar la calidad de las plnatas de Eucalyptus sp cultivados en vivero de la unidad Silvicola Campechuela*. Universidad de Granma, Cuba.  
[http://www.newsmatic.epol.com.ar/index.php?pub\\_id=99&sid=635&aid=42947&eid=50&NombreSeccion=Ecolog%C3%83%C2%ADa&Accion=VerArticulo](http://www.newsmatic.epol.com.ar/index.php?pub_id=99&sid=635&aid=42947&eid=50&NombreSeccion=Ecolog%C3%83%C2%ADa&Accion=VerArticulo).
- Martínez-Reyes M. (2016). *Métodos de inoculación de árboles de importancia forestal con hongos comestibles ectomicorrícicos*. Resúmenes del VIII Simposio nacional y reunión Iberoamericana de la simbiosis Micorrícica. Oaxtepec, Morelos, 20-24 de junio de 2016 México.
- Malajczuk, N., Molina, R., & Trappe, J. (1984). *Ectomycorrhiza Formation in Eucalyptus- Pure Culture Synthesis, Host specificitis and mycorrhizal compatibility with Pinus radiata*. New phytol.91 467:482.
- Melgarejo, R. D. (2017). Produccion de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don) con cuatro tipos de micorrizacion, en el distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Region Ancash. Tesis. Universidad Jose Carlos Mariategui.  
[http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/269/Roberto\\_Tesis\\_titulo\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/269/Roberto_Tesis_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mena, A. (2010). Influencia de la inoculación con *Glomus hoi-like* y un conglomerado de especies de HMA en el crecimiento de plantas de sorgo sometidas o no a estrés hídrico. *Cultivos tropicales* 32: 16-27.
- Mexal, J. G., & Landis, T. D. (1990). *Target seedling concepts: Height and diameter*. In: Rose, R.; Campbell, S. J.; Landis, T. D. Proceedings, Western forest nursery association. Department of agriculture, Forest service, Rocky Mountain Forest and Range Experimental Station. Pp: 17-35. Fort Collins, U. S.
- Montoya, O. J., & Cámara, O. A. (1996). *La planta y el Vivero Forestal*. (1ª ed.). Editorial Mundi - Prensa.
- Munaylla, R. (2014). *Roca Fosfórica y Guano de Isla Incubados en una Solución de Microorganismos Benéficos, en la Producción de Plantones de Algarrobo (Prosopis sp), Ayacucho, 2760 m.s.n.m.* [Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Navarro, R. M., Villar Salvador, P.; & Del Campo, A. (2006). “*Morfología y establecimeinto de plantones*”. En: Calidad de la planta forestal para

- restauración en ambientes mediterráneos. 67-88. DGB. Ministerio de Medio Ambiente, Serie Forestal. Madrid.
- Nieva, C. y Ríos, L. (2004). *Evaluación de ectomicorrizas en especies forestales* (en línea). México. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente 10(2):9398. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=62910204>.
- Oliveira, C. A., Alves, D. L., Alcântara, B. R., Lopes, D. J. A., & Camelo, Souza, C. V. (2005). Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. *Árvore*, 29 (4):507-516.
- Oficina nacional de recursos naturales - ONERN (1976). *Perfil Ambiental del Perú*. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima.
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura - FAO. (1997a). *Especies arbustivas y arbóreas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina*. Serie: Zonas áridas y semiáridas número 12.
- Ortiz, R. (2012). *Hongos Ectomicorrizicos* (en línea). Mexico. Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Agronomía. Departamento Forestal 76 p. Consultado el 20 junio 2016. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1019/62125s.pdf?sequence=1>.
- Padilla, M. S. (1983). *Manual del viverista*. Perú, Línea de capacitación y Extensión forestal del CICAFOR. pp. 83-150.
- Pérez, V. R., Oviedo, R., Cañete, M., & Greca, R. (1993). *Efectos del envase, tamaño de la semilla y poda del tallo en el desarrollo de Prosopis alba Gris y Prosopis nigra Gris en vivero*. En: Congreso forestal argentino y latinoamericano. Relatorios y trabajos voluntarios. Comisión V: Bosques Nativos. Paraná, Entre Ríos.
- Pera, J., & Parladé, J. (2005). *Inoculación controlada con Hongos Micorrizicos en la producción de planta destinada a repoblaciones forestales: Estado actual en España* (en línea). Invest Agrar: Sist Recur For (2005) 14(3), 419-433. <http://www.irta.es/informes/Informe%20final%20Repoblaciones%20de%20enriquecimiento.pdf>.
- Pimentel, G. (2007). *El Precioso Algarrobo*. Dirección General de Forestal y de Fauna. UNALM. Lima.

- Programa nacional de manejo de cuencas y conservación de suelo - PRONAMACHCS. (1998). “*Manual de Producción de Plantas Forestales en la Sierra Peruana*”. PROYECTO FEMAP - Forestaría en Micro cuenca Alto andinas del Perú.
- Renteria, M., Moreno, J., Cetina, V., et al. (2017). *Transferencia de nutrientes y crecimiento de Pinus greggi Engelm. Inoculado con hongos comestibles ectomicorrícicos en dos sustratos*. Revista Argentina de Microbiología 2017: 4981:93-104. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
- Rincon, A. (2005). *Colonización of Pinus halepensis roots by pseudomonas fluorescens and interaction with the ectomycorrhizal fungus Suillus granulatus*. FEMS microbiology Ecology 51: 303-311.
- Rodríguez, M. (2001). *Frecuencia Estacional e Identificación de la Flora Micótica en Plantaciones de Eucalyptus globulus Labill en la Provincia de Vilcashuamán-Ayacucho*. Agencia Zonal Pronamachcs - Vilcashuamán. 33 p. trabajo expuesto en el primer congreso Nacional del Eucalipto Huancayo 2001. Organizado por la UNCP.
- Rodríguez, P., Olivares, R., & Zamora, M. (2008). *Guía Técnica de Reconocimiento de Micorrizas*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias 21p. <http://www.hidalgoproduce.org.mx/PDFarchivos>.
- Romero, S. U. A. (2004). *Efecto de la preparación de suelo y micorrización sobre el establecimiento de Prosopis alba y Prosopis chilensis, en Higueritas unidas, cuarta región*. Memoria para optar el título de Ingeniero forestal. Universidad de Chile. [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105030/romero\\_u.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105030/romero_u.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Rosenberger, L., Spahn, E., Prand, M., Casermeiro, J., Ronconi, A., Martinez, A. M. H., Mesa, D., Muller, A., & De Petre, A. (2011). *Sustratos para la reproducción de especies leñosas nativas*. II Congreso Nacional de protección y manejos sustentable de bosque nativo. Villaguay, Entre Ríos. pp. 55-56.
- Ruano M. R. (2003). *Viveros forestales*. (2.ª ed.). Editorial Mundí- Prensa.
- Sáenz, L. (2015). *Influencia de cuatro tipos de sustratos en el crecimiento y Calidad de plantones de Schizolobium amazonicum (Pashaco) en tubetes, Pucallapa – Ucayali*.
- Semiabobio. (2013). *Inoculantes micorríticos, principales hongos micorríticos, su uso en la producción de pinos en vivero*. Triptico.

- Vásquez, A. (2001). *Silvicultura de plantaciones Forestales en Colombia*. Facultad de Ingeniería forestal. Ibaguè- Tolima. Universidad del Tolima.
- Vergara, K. (2004). *Respuesta del inoculo micorrizal del Hongo Scleroderma Verrucosum en la Producción de Pino radiata D. Don en Jauja*. Tesis pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Villar, P. (2003). *Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación*. Capitulo IV. En Restauración de Ecosistemas mediterráneos. Asociación Española de Ecología terrestre.
- Villar, S. P. (2003). *Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación*. Restauración de ecosistemas mediterráneos. Universidad de Alcalá, Asociación española de ecología terrestre - España.

# ANEXOS

### Anexo 1. Datos de la evaluación

Obs	T	S	I	C	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
1	t01	tierran	tierram	bolsa	7.5	14.0	11	1.364	1.013	0.351	0.505	0.391	0.114	3.430
2	t01	tierran	tierram	bolsa	8.7	29.2	5	3.186	1.665	1.521	1.154	0.725	0.429	1.690
3	t01	tierran	tierram	bolsa	19.8	26.0	19	4.320	2.116	2.204	1.555	0.927	0.628	1.476
4	t01	tierran	tierram	bolsa	8.0	23.4	19	3.721	1.770	1.951	1.205	0.688	0.517	1.331
5	t01	tierran	tierram	bolsa	11.8	34.9	23	4.042	1.853	2.189	1.220	0.706	0.514	1.374
6	t02	tierran	micocom	bolsa	13.2	20.5	16	5.078	3.030	2.048	1.637	1.099	0.538	2.043
7	t02	tierran	micocom	bolsa	13.5	15.8	17	3.286	2.071	1.215	0.988	0.708	0.280	2.529
8	t02	tierran	micocom	bolsa	18.2	17.4	15	3.677	2.521	1.156	1.138	0.873	0.265	3.294
9	t02	tierran	micocom	bolsa	11.0	17.0	19	2.629	1.769	0.860	0.861	0.647	0.214	3.023
10	t02	tierran	micocom	bolsa	7.9	15.2	20	2.069	1.521	0.548	0.635	0.505	0.130	3.885
11	t03	tierran	tierram	tubet	7.2	14.2	4	0.911	0.193	0.718	0.264	0.092	0.172	0.535
12	t03	tierran	tierram	tubet	8.5	16.5	5	0.896	0.249	0.647	0.257	0.114	0.143	0.797
13	t03	tierran	tierram	tubet	9.0	16.1	6	0.808	0.358	0.450	0.307	0.163	0.144	1.132
14	t03	tierran	tierram	tubet	10.4	15.0	9	1.991	0.694	1.297	0.744	0.367	0.377	0.973
15	t03	tierran	tierram	tubet	8.5	19.5	4	1.231	0.299	0.932	0.334	0.160	0.174	0.920
16	t04	tierran	micocom	tubet	6.0	16.0	9	0.801	0.316	0.485	0.288	0.150	0.138	1.087
17	t04	tierran	micocom	tubet	8.5	13.5	6	0.904	0.286	0.618	0.302	0.126	0.176	0.716
18	t04	tierran	micocom	tubet	10.7	15.8	11	1.592	0.514	1.078	0.497	0.241	0.256	0.941
19	t04	tierran	micocom	tubet	9.0	15.0	10	1.879	0.582	1.297	0.589	0.241	0.348	0.693
20	t04	tierran	micocom	tubet	10.9	14.6	11	1.104	0.512	0.592	0.382	0.236	0.146	1.616
21	t05	abonoco	tierram	bolsa	31.5	38.8	15	8.672	5.455	3.217	3.596	2.399	1.197	2.004
22	t05	abonoco	tierram	bolsa	31.0	26.5	17	9.678	5.324	4.354	3.603	2.278	1.325	1.719
23	t05	abonoco	tierram	bolsa	25.8	32.4	15	8.982	4.201	4.781	3.220	1.772	1.448	1.224
24	t05	abonoco	tierram	bolsa	29.0	24.0	14	9.356	5.436	3.920	3.680	2.319	1.361	1.704
25	t05	abonoco	tierram	bolsa	29.0	28.0	12	8.623	5.137	3.486	3.205	2.067	1.138	1.816
26	t06	abonoco	micocom	bolsa	28.0	35.3	15	10.063	5.379	4.684	3.602	2.317	1.285	1.803
27	t06	abonoco	micocom	bolsa	23.0	21.0	20	8.470	4.432	4.038	3.103	1.925	1.178	1.634
28	t06	abonoco	micocom	bolsa	27.2	28.4	16	7.221	4.576	2.645	2.758	1.905	0.853	2.233
29	t06	abonoco	micocom	bolsa	22.0	41.0	21	8.120	4.870	3.250	2.968	2.045	0.923	2.216
30	t06	abonoco	micocom	bolsa	19.0	36.7	14	10.032	4.173	5.859	3.956	1.877	2.079	0.903
31	t07	abonoco	tierram	tubet	15.4	22.3	14	2.760	1.061	1.699	0.980	0.529	0.451	1.173
32	t07	abonoco	tierram	tubet	15.0	11.0	11	2.509	1.070	1.439	0.938	0.500	0.438	1.142
33	t07	abonoco	tierram	tubet	12.8	14.5	5	1.828	0.738	1.090	0.655	0.365	0.290	1.259
34	t07	abonoco	tierram	tubet	12.1	14.0	12	2.002	0.949	1.053	0.703	0.394	0.309	1.275
35	t07	abonoco	tierram	tubet	12.5	12.0	19	2.405	0.943	1.462	0.718	0.419	0.299	1.401
36	t08	abonoco	micocom	tubet	15.0	11.5	12	1.988	0.958	1.030	0.730	0.444	0.286	1.552
37	t08	abonoco	micocom	tubet	12.5	9.8	8	1.632	0.767	0.865	0.645	0.355	0.290	1.224
38	t08	abonoco	micocom	tubet	12.4	14.2	8	1.259	0.647	0.612	0.486	0.297	0.189	1.571
39	t08	abonoco	micocom	tubet	15.3	21.0	6	2.148	0.827	1.321	0.739	0.379	0.360	1.053
40	t08	abonoco	micocom	tubet	12.5	11.8	7	2.573	0.877	1.696	0.898	0.427	0.471	0.907

## Procedimiento de correlación

<b>10 Variables:</b>	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
----------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Estadísticos simples						
Variable	N	Media	Dev std	Suma	Mínimo	Máximo
<b>Y1</b>	40	15.23250	7.47301	609.30000	6.00000	31.50000
<b>Y2</b>	40	20.59500	8.47143	823.80000	9.80000	41.00000
<b>Y3</b>	40	12.50000	5.33974	500.00000	4.00000	23.00000
<b>Y4</b>	40	3.89525	3.12714	155.81000	0.80100	10.06300
<b>Y5</b>	40	2.02880	1.80905	81.15200	0.19300	5.45500
<b>Y6</b>	40	1.86645	1.41516	74.65800	0.35100	5.85900
<b>Y7</b>	40	1.40113	1.20793	56.04500	0.25700	3.95600
<b>Y8</b>	40	0.85430	0.76383	34.17200	0.09200	2.39900
<b>Y9</b>	40	0.54682	0.47379	21.87300	0.11400	2.07900
<b>Y10</b>	40	1.58245	0.76922	63.29800	0.53500	3.88500

Coeficientes de correlación Pearson, N = 40										
Prob >  r  suponiendo H0: Rho=0										
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
<b>Y1</b>	1.00000	0.64771	0.41449	0.89913	0.91481	0.81741	0.90784	0.92755	0.81917	0.16575
		<.0001	0.0078	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.3067
<b>Y2</b>	0.64771	1.00000	0.45132	0.79643	0.77235	0.77260	0.79008	0.78093	0.75531	0.09809
	<.0001		0.0035	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.5471
<b>Y3</b>	0.41449	0.45132	1.00000	0.52696	0.55791	0.45125	0.48450	0.52289	0.39226	0.52050
	0.0078	0.0035		0.0005	0.0002	0.0035	0.0015	0.0005	0.0123	0.0006
<b>Y4</b>	0.89913	0.79643	0.52696	1.00000	0.97655	0.96138	0.99529	0.98350	0.95191	0.17278
	<.0001	<.0001	0.0005		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.2864
<b>Y5</b>	0.91481	0.77235	0.55791	0.97655	1.00000	0.87959	0.97242	0.99548	0.87430	0.32015
	<.0001	<.0001	0.0002	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0440
<b>Y6</b>	0.81741	0.77260	0.45125	0.96138	0.87959	1.00000	0.95625	0.90072	0.98583	-0.02746
	<.0001	<.0001	0.0035	<.0001	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001	0.8665
<b>Y7</b>	0.90784	0.79008	0.48450	0.99529	0.97242	0.95625	1.00000	0.98523	0.96114	0.15203
	<.0001	<.0001	0.0015	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001	<.0001	0.3490
<b>Y8</b>	0.92755	0.78093	0.52289	0.98350	0.99548	0.90072	0.98523	1.00000	0.89968	0.25965
	<.0001	<.0001	0.0005	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001	0.1057
<b>Y9</b>	0.81917	0.75531	0.39226	0.95191	0.87430	0.98583	0.96114	0.89968	1.00000	-0.03100
	<.0001	<.0001	0.0123	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		0.8494
<b>Y10</b>	0.16575	0.09809	0.52050	0.17278	0.32015	-0.02746	0.15203	0.25965	-0.03100	1.00000
	0.3067	0.5471	0.0006	0.2864	0.0440	0.8665	0.3490	0.1057	0.8494	

## Anexo 2. Panel fotográfico



Foto 1 y 2. Preparación del sustrato



Fotos 3. Lavado de contenedores



Fotos 4. Preparación de desinfectante



Fotos 5. Desinfección de bandejas



Fotos 6. Llenado de sustratos



Fotos 7 y 8. Llenado de sustratos en bandeja



Fotos 9 y 10. Siembra de semilla.



Fotos 11. Siembra de semilla

Fotos 12. Traslado de bandejas



Fotos 13 y 14. Inoculando micorriza comercial



Fotos 15. Inoculando tierra micorrizada

Fotos 16. Riego



Fotos 17. Diferentes tratamientos



Fotos 18 al 24. Plántulas de algarrobo a los 7 meses, listo para la evaluación



Fotos 25 y 26. Corte del tallo del plantón



Fotos 27 y 28. Separación de raíz del sustrato.



Fotos 29 y 30. Lavado de raíces



Fotos 31. Medición de la raíz



Fotos 32. Pesado de la raíz



Fotos 33. Pesado del tallo fresco



Fotos 34. Peso seco del tallo



**UNSCH**

FACULTAD DE CIENCIAS  
**AGRARIAS**

## CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y contolar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R; hacen constar que el trabajo titulado;

**Inoculantes micorrícicos, sustratos y contenedores en la producción de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.) en Vivero de Alta Tecnología de Canaán 2750 msnm, Ayacucho**

Autor : Delia Fernández Huamán

Asesor : Yuri Galvez Gastelú

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **catorce por ciento (14 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

**Nota:** Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 1973406563

Ayacucho, 08 de diciembre de 2022

M.Sc. **WALTER AUGUSTO MATEU MATED**  
Presidente de comisión

# Inoculantes micorrícicos, sustratos y contenedores en la producción de plantones de algarrobo (*Prosopis* sp.) en Vivero de Alta Tecnología de Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

*por* Delia Fernández Huamán

---

**Fecha de entrega:** 06-dic-2022 01:29p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1973406563

**Nombre del archivo:** TESIS\_DELIA\_FERNANDEZ\_CORREGIDO\_01.09.2022.docx (6.29M)

**Total de palabras:** 21886

**Total de caracteres:** 119132

# Inoculantes micorrícicos, sustratos y contenedores en la producción de plántones de algarrobo (*Prosopis* sp.) en Vivero de Alta Tecnología de Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	2%
3	<a href="http://www.scielo.org.ar">www.scielo.org.ar</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://aprenderly.com">aprenderly.com</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://www.laabelaverde.com">www.laabelaverde.com</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="http://www.repositorio.usac.edu.gt">www.repositorio.usac.edu.gt</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.uchile.cl">repositorio.uchile.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://bibliotecadigital.ciren.cl">bibliotecadigital.ciren.cl</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo