UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

BIOFERTILIZACIÓN CON MICROORGANISMOS EFICIENTES Y MEZCLA DE FÓSFORO, BORO, COBRE Y ZINC EN PLANTONES DE SHAINA (*Colubrina glandulosa* Perkins)

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

PAOLO SANDRO RUNCO DE LA CRUZ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 30 de Enero del 2018, a horas 7:30 p.m. en la Sala de Grados de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

BIOFERTILIZACIÓN CON MICROORGANISMOS EFICIENTES Y MEZCLA DE FÓSFORO, BORO, COBRE Y ZINC EN PLANTONES DE SHAINA *(Colubrina glandulosa* Perkins)"

Presentado por el Bachiller: **PAOLO SANDRO RUNCO DE LA CRUZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"BUENO"**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 28 de Junio de 2018

Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO
PRESIDENTE

Ing. JAIME TORRES GARCÍA
VOCAL

Ing. RAÚL ARAUJO TORRES
VOCAL

Dr. VICENTE S. POCOMUCHA POMA
ASESOR

Escaneado con CamScanner

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y por darme la familia y los amigos que tengo.

A mis padres Wilfredo Moises Runco Negrete y Ceverina de la Cruz Vasquez; quienes me infundieron ética y el rigor que guía transitar por la vida.

A mis hermanos Alex Álvaro, Wilfredo Andrés, Gaby Paola Runco de la Cruz; por su apoyo incondicional que espiritualmente me llenan de fortaleza y esperanza quienes de una u otra forma ayudaron a la culminación de la presente investigación.

Y una mención especial para Alis Sandra Fretel Yalico por siempre creer en mi capacidad de poder alcanzar cada meta trazada.

AGRADECIMIENTOS

La culminación de la presente investigación no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaré y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de que más los necesitaba.

A mi asesor, Ph.D Pocomucha Poma, Vicente, patrocinadores del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Andy Vela Zevallos, por brindarme su apoyo en el desarrollo de la presente tesis.

A mis amigos en especial: Karol E. Rosas Chávez, Carlos E. Medina Villanueva, Renan Dionicio Machari, Samir Ríos Sacramento, Yumber Durand Ordoñez y Rosa Juan de Dios; por brindarme su apoyo en el desarrollo de la presente tesis.

A los señores técnicos del vivero: Wilmer y Carlos, por su apoyo incondicional mi inmensa gratitud.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), por ser el alma Mater que me brindó la oportunidad de formarme como profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales, por haber sido los principales forjadores para mi formación como profesional

ÍNDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA 3

2.1. Antecedentes generales de *Colubrina galndulosa* Perkins 3

2.1.1. Taxonomía de la especie 3

2.1.2. Descripción botánica y morfológica 3

2.1.3. Distribución geográfica 4

2.1.4. Ecología de la especie 4

2.1.5. Silvicultura de la especie 5

2.2. Biofertilizantes 6

2.2.1. La biofertilización 7

2.2.2. Experiencias de biofertilización en especies vegetales 8

2.3. Microorganismos eficientes 10

2.4. Los macro y micronutrientes 11

2.4.1. El fósforo 12

2.4.2. El boro 13

2.4.3. El cobre 14

2.4.4. El zinc 15

2.5. Características morfológicas 16

2.5.1. Altura de planta 17

2.5.2. Diámetro de tallo 18

2.5.3. Tamaño del sistema radicular 19

2.5.4. Peso de la planta 21

2.6. Índices de calidad 21

2.6.1. Índice de robustez 22

2.6.2. Índice de Dickson 23

2.6.3. Relación altura/ longitud radicular 23

III. MATERIALES Y MÉTODOS 25

3.1. Descripción del área de investigación 25

3.1.1. Ubicación política 25

3.1.2. Ubicación geográfica 25

3.1.3. Zona de vida 25

3.1.4. Clima 26

3.2. Materiales y equipos 26

3.2.1. Material biológico 26

3.2.2. Insumos 26

3.2.3. Equipos y herramientas 26

3.3. Metodología 27

3.3.1. Diseño estadístico 27

3.3.2. Instalación del experimento 29

3.3.3. Preparación de la cama de almacigo.....29

3.3.4. Germinación de semillas.....29

3.3.5. Preparación del sustrato y llenado de bolsas.....29

3.3.6. Selección y repique 30

3.3.7. Preparación de los biofertilizantes.....30

3.3.8. Aplicación de los biofertilizantes.....30

3.3.9. Labores culturales.....32

3.4. Evaluación.....32

3.4.1. Medición de altura y diámetro de planta.....32

3.4.2. Medición del peso fresco y seco del tallo y de la raíz.....32

3.4.3. Calculo de índices de calidad de planta.....33

3.4.3.1. Índice de robustez.....33

3.4.3.2. Índice de Dickson.....33

3.4.3.3. Relación altura/longitud de la raíz.....34

3.4.4. Procesamiento de información y análisis estadístico 34

IV. RESULTADOS 36

4.1. Crecimiento en altura de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins 36

4.2. Crecimiento en diámetro de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins 39

4.3. Biomasa de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins.....42

4.3.1. Biomasa aérea de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins....42

4.3.2. Biomasa radicular de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins....44

4.4. Índices de calidad de *Colubrina glandulosa* Perkins 47

4.4.1. Índice de robustez....47

4.4.2. Índice de calidad de Dickson....49

4.4.3. Relación altura/longitud de raíz 51

V. DISCUCIÓN....54

5.1. Crecimiento en altura de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins 54

5.2. Crecimiento en diámetro de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins 55

5.3. Biomasa de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins....57

5.4. Índices de calidad de *Colubrina glandulosa* Perkins 60

VI. CONCLUSIONES 64

VII. RECOMENDACIONES....65

VIII. ABSTRACT....66

IX. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA 68

X. ANEXOS....79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro Página

1. Dosis de fertilizantes……..……..……... 27
2. Descripcion de la parcela experimental…….. 27
3. Esquema del análisis de varianza (ANVA)……..……. 28
4. Proporciones de nutrientes presentes para cada dosis (tratamiento)... 31
5. Interacción de nutrición en distintas dosis……..…….. 31
6. Clasificaión de los índices de calidad……. 34
7. ANVA y prueba de Duncan en altura de plantones de Shaina…...…… 36
8. Crecimiento promedio mensual acumulado de altura en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins…….. 37
9. ANVA y prueba de Duncan en diametro de plantones de Shaina…..... 39
10. Crecimiento promedio en diámetro en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins……..……. 40
11. Análisis de varianza para la biomasa aérea acumulada de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins……. 41
12. Prueba Duncan (α:0.05) para la biomasa aérea acumulada de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins…….. 42
13. Biomasa aérea por tratamientos, en 4 evaluaciones……..…… 42
14. Análisis de varianza para la biomasa radicular acumulada de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins…….. 43
15. Prueba Duncan (α:0.05) para la biomasa radicular acumulada en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins…….. 44
16. Biomasa radicular por tratamientos en las 4 evaluaciones efectuadas 44

17. Índice de robustez de las plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins por tratamiento……...…… 46
18. Índice de Dickson de las plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins por evaluaciones y tratamiento…… 48
19. Relación altura/longitud de raíz en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins……. 50
20. Alturas promedio correspondiente a la primera evaluación…...……. 77
21. Alturas promedio correspondiente a la segunda evaluación…….. 77
22. Alturas promedio correspondiente a la tercera evaluación……. 77
23. Alturas promedio correspondiente a la cuarta evaluación…….. 78
24. ANVA de alturas promedio en la primera evaluación……...…….. 78
25. ANVA de alturas promedio en la segunda evaluación……. 78
26. ANVA de alturas promedio en la tercera evaluación…… 79
27. ANVA de alturas promedio en la cuarta evaluación……. 79
28. Diámetros promedio correspondientes a la primera evaluación…...…. 79
29. Diámetros promedio correspondientes a la segunda evaluación…..... 80
30. Diámetros promedio correspondientes a la tercera evaluación……. 80
31. Diámetros promedio correspondientes a la cuarta evaluación…...…… 80
32. ANVA de diámetro promedios en la primera evaluación……. 81
33. ANVA de diámetro promedios en la segunda evaluación……...…… 81
34. ANVA de diámetro promedios en la tercera evaluación…….. 81
35. ANVA de diámetro promedios en la cuarta evaluación…… 82
36. Evaluación de biomasa correspondiente a la primera evaluación……. 82

37. Evaluación de biomasa correspondiente a la segunda evaluación…... 83

38. Evaluación de biomasa correspondiente a la tercera evaluación…….. 83

39. Evaluación de biomasa correspondiente a la cuarta evaluación…… 84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Página

1. Croquis del experimento……..……. 28
2. Crecimiento acumulado en altura de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins……..……. 38
3. Crecimiento acumulado en diámetro en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins…… 40
4. Incremento de la biomasa aérea por tratamientos……..…… 43
5. Incremento de la biomasa radicular por tratamientos…….. 45
6. Biomasa aérea versus biomasa radicular por tratamientos…… 45
7. Índice de robustez de las plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins. 47
8. Índice de Robustez de las plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins en el último mes de evaluación……..……..……. 47
9. Índice de robustez en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins..… 49
10. Índice de calidad de Dickson en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins en el último mes de evaluación……. 49
11. Relación altura/longitud radicular en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins……..……. 51
12. Relación altura/longitud radicular en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins en el último mes de evaluación……..……. 51
13. Limpieza y ubicación del área experimental…….. 86
14. Preparación de sustrato para el experimento…… 86
15. Germinación de plántulas de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins).. 87
16. Plántulas listas para el repique..…….. 87

17. Ubicación del diseño experimental…….. 88

18. Señalización del diseño y plántulas establecidas……. 88

19. Timbo 1 de biofertilizante utilizado……..……..…… 89

20. Timbo 2 de biofertilizante utilizado…….. 89

21. Timbo 3 de biofertilizante utilizado…….. 90

22. Timbo 4 de biofertilizante utilizado…….. 90

23. Dosis de acuerdo al tratamiento a aplicar…….. 91

24. Dosificaciones preparadas de biofertilizantes, por tratamiento planteado……. 91

25. Aplicación del biofertilizante, de acuerdo al tratamiento en estudio….. 92

26. Evaluación de alturas en plantones de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins) con regla graduada en mm……..……..…… 92

27. Evaluación del diámetro en plantones de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins) con vernier mecánico……. 93

28. Anotación inmediata de datos registrados en las evaluaciones……. 93

29. Plantas sacrificadas para el cálculo de biomasa…….. 94

30. Cálculo de biomasa a nivel de laboratorio……. 94

31. Colocación de muestras en la estufa, para cálculo de biomasa…...…. 95

32. Registro de peso final en muestras de plantones de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins)……..…… 95

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó con el objetivo de determinar la dosis optima de biofertilización en el crecimiento inicial de plantas de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins), en fase de vivero. Se desarrolló en el Vivero Forestal y en el Laboratorio de Certificación de Semillas Forestales de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. Se usaron cuatro tipos de microorganismos eficientes: suero de leche, melaza, material verde y nutrientes (N – K, P - B, Cu - Zn, Mg - Mn). Se probaron 5 dosis de biofertilizante: 890 ml de dosis de biofertilizante (T_1), 1010 ml de dosis de biofertilizante (T_2), 1125 ml de dosis de biofertilizante (T_3), 1255 ml de dosis de biofertilizante (T_4) y 1380 ml de dosis de biofertilizante (T_5) y un tratamiento testigo (T_0). Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con 6 tratamientos y 3 repeticiones. Se evaluaron las variables altura, diámetro y biomasa de planta; además, el Índice de robustez, Índice de calidad de Dickson y Relación altura/longitud radicular de planta. El mayor crecimiento en la altura y diámetro de planta se dio con la dosis de biofertilizante (T_5), con 48.52 cm y 3.57 mm. Así mismo en la biomasa seca aérea y la biomasa secar radicular, se registró 1.476 g y 0.808 g respectivamente. En los índices de calidad, todos los tratamientos presentaron calidades bajas, sin embargo, el tratamiento T_5 fue el que presento mejor calidad, teniendo 11.68 en el Índice de robustez, 0.17 para el Índice de calidad de Dickson y 4.05 Relación altura/longitud radicular.

I. INTRODUCCIÓN

La importancia en la producción y comercialización de productos biofertilizantes está enmarcada en el manejo de microorganismos benéficos para el fortalecimiento de sistemas de producción sostenible. Esto en respuesta a la preocupación por la excesiva utilización de fertilizantes, que repercuten en la contaminación ambiental, en la que actualmente estamos inmersos (ALARCÓN y FERRERA-CERRATO, 2000).

Los biofertilizantes son preparados a base de microorganismos al cual se le añade algunos micronutrientes y son aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética (BASHAN y HOLGUIN, 1998), Cuando estos son aplicados, ciertos microorganismos del suelo interaccionan positivamente con las plantas incrementando su vigor (ALARCÓN y FERRERA-CERRATO, 2000). Estos organismos se comportan como auténticos biofertilizantes y son susceptibles de ser manipulados y utilizados en los viveros donde generalmente los suelos o sustratos no contienen la carga nutritiva suficiente e ideal para el normal desarrollo de las plantas. Realizar la biofertilización en viveros, evidencia las bondades de la asociación planta-microorganismo en diferentes especies y no se limitan a la etapa de vivero solamente, sino que continúan en campo definitivo, reduciendo el porcentaje de mortalidad después del plantado, esto nos propone preguntarnos: ¿la biofertilización con microrganismos eficientes y mezcla de

fósforo, boro, cobre y zinc, influye favorablemente en el crecimiento de plantas de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins) en fase de vivero?. Bajo toda premisa aplicar un biofertilizante influye favorablemente en el crecimiento de plantas de Shaina en etapa de vivero. En la presente investigación se aplicará un biofertilizante bajo distintas dosis de mezcla preparado a partir de residuos vegetales con un agregado de microorganismos eficientes y elementos minerales, por lo que se propuso el siguiente:

Objetivo general

- Evaluar los efectos de biofertilizantes aplicados con microorganismos eficientes y mezcla de fosforo-boro, cobre-zinc más microorganismos eficiente en la calidad de plantones de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins) bajo condiciones de vivero.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto del biofertilizante en altura y diámetro de plantones de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins) en fase de vivero.
- Calcular la biomasa aérea y radicular en plantones de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins), bajo el efecto del biofertilizante.
- Determinar el efecto del biofertilizante mediante el Índice de Robustez, Índice de Dickson, y la relación parte altura/longitud radicular.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes generales de *Colubrina galndulosa* Perkins

2.1.1. Taxonomía de la especie

CRONQUIST (1981), lo clasifica de la siguiente manera:

División : MAGNOLIOPHYTA

Clase : MAGNOLIOPSIDA (Dicotiledóneas)

Subclase : Rosidae

Orden : Rhamnales

Familia : RHAMNACEAE

Género : *Colubrina*

Especie : *Colubrina glandulosa* Perkins

Nombre común : Shaina

2.1.2. Descripción botánica y morfológica

Árbol de 10 a 25 m de altura y de 10 a 50 cm de diámetro. Tronco recto y cilíndrico, a veces un poco irregular. Corteza exterior marrón o gris, fisurada. Plantas juveniles con ramas muy largas y delgadas. Hojas simples, opuestas o sub opuestas y con un par de glándulas en la base de 5 a 20 cm de

largo y de 3 a 10 cm de ancho, ovado - elípticas, con ápice acuminado o redondeado, bordes enteros y base cordada (FLORES, 2002).

Las plantas juveniles presentan hojas de mayor tamaño en comparación con los adultos. Pecíolos de 1 a 4 cm de largo y ligeramente acanalados en la parte superior, flores amarillentas, con frutos tipo cápsulas triloculares de 0.6 a 0.8 cm de largo, verdes, tornándose marrón oscuro y dehiscentes al madurar (WINDSOR y DUNNE, 1997).

2.1.3. Distribución geográfica

UGARTE, (1997) menciona que la especie crece a bajas y medianas elevaciones, en climas húmedos o muy húmedos. Común en bosques secundarios y áreas abiertas. Deja caer sus hojas durante la estación seca, pero las repone a inicios de la estación lluviosa. Florece y fructifica de diciembre a mayo. Las flores son visitadas por insectos. Las semillas son dispersadas por la explosión de los frutos y las aves pequeñas

2.1.4. Ecología de la especie

REUTER (1991), menciona que la especie *Colubrina glandulosa* Perkins, pertenece al grupo ecológico de las heliófilas durable; es decir es una especie que puede estar asociadas con heliófitas efímeras o en estadios sucesionales posteriores, muchas de las cuales son de las denominadas maderas preciosas.

La especie Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins) es usada con frecuencia en la generación de sombra al cultivo del cacao, también encontramos a : guaba (*Inga edulis* Mart.), capirona (*Calycophylum*

spruceanum (Benth.) K.Schum), pucaquiro (*Sickingia williamsii* Standl), etc., estas especies brindan múltiples beneficios como: productos de autoconsumo, barreras vivas en zonas de viento, fertilización del suelo (fijación de nitrógeno), incorporación de hojarasca, con ello el reciclaje de nutrientes y supresión de malezas, evitan la erosión del suelo causada por las lluvias, algunas de ellas tienen usos medicinales, también sirven como combustibles fósiles (leña) o forraje, y finalmente estas especies forestales en combinación con el cacao contribuyen a incrementar la capacidad de fijación de carbono (LARREA, 2007).

2.1.5. Silvicultura de la especie

Los frutos se abren en el árbol cuando maduran y liberan semillas. Para su recolección, éstas presentan un color negruzco y la labor consiste en cortar las ramas justo antes de que se abran, ya que éstas se encuentran adheridas de manera axilar (CATIE, 2000).

Asimismo, HERRERA (2002) manifiesta que los frutos muy verdes pueden secarse al sol por 20 - 30 horas para que se abran, además es conveniente que no debe excederse el secado, ya que éstas pierden su viabilidad, del mismo modo puede almacenarse por años a 5 ºC herméticamente sellados y con bajo contenido de humedad, pudiendo lograrse una germinación del 90 % después de 4 años. Cada kilogramo contiene 400 000 – 750 000 semillas.

Estudios realizados por MILTHORPE y MOORBY (1982) hallaron que, el porcentaje de germinación obtenida de C. glandulosa Perkins en camas

de almacigo fue de un 78%, y en bolsas con sustratos de manera directa con tinglado de hojas de palmeras obtuvo un 80%, respectivamente, del mismo modo manifiesta que la especie de *Colubrina glandulosa* Perkins presenta un tipo de germinación epígea.

2.2. Biofertilizantes

Los biofertilizantes pueden definirse como: productos tecnológicos elaborados con microorganismos benéficos que promueven el crecimiento de las plantas y les pueden proporcionar nutrientes (SAGARPA, 2015).

Los biofertilizantes son insumos formulados con uno o varios microorganismos, los cuales, de una forma u otra, proveen o mejoran la disponibilidad de nutrientes cuando se aplican a los cultivos (ACUÑA, 2003).

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos. Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son clasificados dentro de dos grupos: El primer grupo incluye microorganismos que tienen la capacidad de sintetizar substancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al stress por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta. El segundo grupo incluye microorganismos los cuales son capaces de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos (BASÁN Y HOLGUIN, 1998).

Los biofertilizantes son productos elaborados en base de microorganismos, bacterias y hongos que ayudan al proceso de la nutrición biológica de las plantas, permitiendo así un buen aprovechamiento del nitrógeno atmosférico desarrollando un sistema radicular, ayudando a una mayor solubilidad y conductividad de nutrientes (CONFRAS, 2014).

2.2.1. La biofertilización

La biofertilización resulta de suma importancia en los momentos actuales en que se dan los primeros pasos para cambiar la llamada Agricultura Moderna por la Agricultura Orgánica, que propugna la sostenibilidad de los sistemas agrícolas desde el punto de vista productivo, ecológico, económico y social (GARCÍA-TRUJILLO, 1993).

La sostenibilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo debe fomentar el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los agroecosistemas. En este sentido, los biofertilizantes constituyen un componente vital de los sistemas sostenibles, ya que son un medio económicamente atractivo y aceptable de reducir los insumos externos y de mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos (MEJIA, 1995).

El empleo de microorganismos biofertilizantes constituye una vía importante para atenuar la escasez de fertilizantes minerales, a la vez que contribuye a disminuir los costos de la producción agrícola, ya que la fijación biológica logra cubrir hasta el 50% del nitrógeno necesario para las plantas (MARTÍNEZ, 1986), además, estos microorganismos ayudan a mantener el

equilibrio biológico, ya que no producen afectaciones al suelo, a la salud y al ambiente en general (HERNANDEZ *et al*., 1994).

Uno de los elementos más valiosos que puede utilizar la agricultura ecológica es el uso de biofertilizantes, lo cual en los sistemas productivos es una alternativa viable y sumamente importante para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, ya que permite una producción a bajo costo, no contamina el ambiente y mantiene la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad (TERRY, 2005).

Entre los beneficios del uso de microorganismos en la agricultura están su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, la descomposición de residuos orgánicos, la desintoxicación con plaguicidas, la supresión de enfermedades e las plantas, el aporte de nutrientes al suelo y la producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas (SAGARPA, 2015). La efectividad en el uso de microorganismos se logra cuando se dan las condiciones óptimas para metabolizar los sustratos, como disponibilidad de agua, oxigeno (dependiendo de si son aerobios obligados o anaerobios facultativos), pH y temperatura, así como la disponibilidad de fuentes energéticas (TERRY, 2005).

2.2.2. Experiencias de biofertilización en especies vegetales

El trabajo desarrollado por FERRERA-CERRATO y VILLERIAS (1984) en Palo dulce (*Eysenthardtia polystachya* (Ortega) Sarg.), se encontró que las cepas de rizobio SLP-1 y CESAT-35 fueron incapaces de producir nódulos en ausencia de las micorrizas; además, el mayor contenido de P

(0.28%) se halló en el tratamiento con la cepa de rizobio CESAT-35 + Glomus sp.

La inoculación con *Glomus fasciculatum* y con una bacteria solubilizadora de fósforo, permitió una utilización mayor del P de la roca fosfórica en alfalfa (*Medicago sativa* L.) que cuando estos microorganismos se inocularon independientemente (Piccini y Azcon, (1987), citado por HERNANDEZ *et al*., 1994).

En cítricos, CAÑIZARES *et al*. (1992) hallaron un mayor crecimiento y desarrollo de las plántulas que fueron inoculados con combinaciones de micorriza, fosfobacterias y un estimulador de crecimiento vegetal, y plantearon lo beneficiosa que resulta la aplicación de estos biofertilizantes combinados, con el fin de reducir la estancia en los viveros.

En plantas de centrosema (*Centrosema pubescens* Benth), PAULINO y AZCON (1987) informaron que el crecimiento y la nutrición de esta leguminosa fueron mejorados considerablemente por la inoculación con *Glomus fasciculatum*, conjuntamente con bacterias u hongos solubilizadores de la roca fosfórica.

En Leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam) GUZMÁN-PLAZOLA *et al*. (1988) informaron que *Rhizobium loti* solamente produjo efectos significativos en las plantas inoculadas con micorriza. Además, hallaron que el efecto de la micorriza en la nutrición y el desarrollo de las plantas se redujeron con el incremento del fosforo en el suelo, debido al efecto depresivo de este elemento en la colonización de las micorrizas.

Los trabajos realizados posteriormente por COSTA y PAULINO (1990) en Leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam) demostraron que el mayor rendimiento de MS (10.4 g/maceta) se alcanzó cuando a la leucaena se inoculó con rizobio y micorriza, al compararlo con rizobio (5.7) o micorriza (8.1) por separado. En otros indicadores medidos también los mejores resultados se obtuvieron por la acción conjunta de estos dos microorganismos.

2.3. Microorganismos eficientes

La tecnología de los microorganismos de montaña (MM), es una tecnología relativamente nueva que permite acelerar los procesos de compostaje, entre otras cosas (VOLENS, 2009).

Kyan (1999), citado por LEBLANC y TABORA (2000) menciona que los microorganismos de montaña o microorganismos eficientes fue desarrollado por el Dr. Teruo HIGA. Inicialmente MM fue desarrollado como un inoculante microbiano para aumentar los microorganismos benéficos y la diversidad microbiana del suelo. Esto pretendía mejorar la calidad y salud del suelo, para aumentar el crecimiento, producción y la calidad de los cultivos. Después de muchos estudios y prácticas, los efectos de MM fueron comprobados en gran cantidad de fincas. Hoy en día es bastante popular en la agricultura orgánica. Es importante mencionar que los MM aumenta la población de organismos benéficos del suelo y todos estos microorganismos necesitan tener alimento, agua y un medio para vivir y prosperar.

VÍQUEZ y MONTERO (2009) manifiesta que los microorganismos se pueden localizar en el mantillo que se forma en la superficie de suelo de la

montaña o en bosques vírgenes, por lo que los llamamos Microorganismos de Montaña (MM) y la acción de estos sobre la materia orgánica es la de descomponerla y aumentar el contenido de humus que contienen nutrientes y sustancias que al aplicarlas al suelo o a las hojas quedan disponibles a las plantas. Teóricamente, esos microorganismos permiten acelerar la descomposición de la materia orgánica, eliminar los malos olores y una liberación mayor de nutrientes para la planta. Por otro lado, la solución de microorganismos activados también puede ser utilizada para purificar el agua, desinfectar cocinas y baños y eliminar los olores de las letrinas.

GALUSSER (2010) manifiesta que los Microorganismos de Montaña trabajan en la regeneración de suelos y cultivos a través de la reproducción e incorporación de abonos orgánicos sólidos (bokashi) y líquidos (bioles). Estos dan fertilidad en los suelos y por ende mejoran la calidad de sus frutos. Los MM constituyen una herramienta agrícola con la que se pueden complementar los abonos químicos comerciales, permitiendo al productor el aprovechamiento de materiales existentes de la finca.

2.4. Los macro y micronutrientes

Los elementos esenciales para las plantas son 17 incluyendo O, H y C provenientes de H_2O, CO_2 y aire, los demás corresponden a los nutrientes minerales, los cuales, según la cantidad absorbida por la planta, se clasifican en macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes son nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, los cuales se encuentran en el tejido de las plantas en concentraciones superiores a 0.1%, con base en la masa

seca. Los micronutrientes son requeridos en los tejidos de las plantas en concentraciones menores a 100 µg/g de masa seca. Con estos elementos y la luz del sol, las plantas son capaces de sintetizar todos los compuestos que necesitan. Sin embargo, otros elementos minerales, son considerados beneficiosos porque son esenciales para algunas especies de plantas bajo ciertas condiciones (WELCH, 1995.).

Las plantas requieren de elementos nutritivos para completar su ciclo vegetativo; CIA (2002), menciona que los minerales esenciales incluyen: C, H, O, N y S (principales constituyentes de la materia orgánica); P, B y Si (esterificados con alcoholes en las plantas); K, Na, Mg, Ca, Mn y Cl (absorbidos como iones de la solución del suelo); y Fe, Cu, Zn y Mo (absorbidos como iones o quelatos). La adición más reciente al grupo de minerales esenciales es el níquel, involucrado en el metabolismo de la urea y de los ureidos, la absorción de hierro, la viabilidad de las semillas, la fijación de nitrógeno y el crecimiento reproductivo.

2.4.1. El fósforo

El fósforo es constituyente del ATP, ácidos nucleicos, fosfolípidos y ciertas enzimas. Cumple una función importante en el sistema de transferencia de energía dentro de la planta. El fosforo es esencial para el crecimiento radicular, en el proceso de floración, y en la formación de frutas y semillas. El fosforo se aplica usualmente al suelo en cultivos frutícolas y pocas veces se realizan aspersiones foliares, quizás en parte debido a su lenta absorción foliar de la mayoría de las fuentes, especialmente las sales como los fosfatos de

amonio. Por lo general es poco utilizado en los programas de fertilización foliar en frutales, quizás con la excepción en piña donde algunas empresas aplican fosfato monoamonico (MAP) o ácido fosfórico (MOLINA, 1999).

El fósforo juega un papel importante en el metabolismo energético de la planta, porque hace parte de las moléculas AMP, ADP y ATP (28, 5, 23). Forma parte de los ácidos nucleicos ADN y ARN y, además, participa en la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de almidón. El fósforo también forma parte de otros compuestos como el ácido fítico, importante en la germinación de semillas y en el desarrollo de la raíz. La deficiencia de fósforo afecta el desarrollo debido a que la producción de proteínas es muy baja y la síntesis de almidón, celulosa y sacarosa se reducen. Un efecto notorio de la deficiencia de fósforo es la reducción en la expansión celular, razón por la cual, las plantas pueden presentar enanismo (BARCELO *et al*., 1995).

2.4.2. El boro

El boro (B) es el menos entendido de todos los nutrientes a pesar de que en términos molares, las dicotiledóneas lo requieren en mayores cantidades que otros micronutrientes. La deficiencia de boro es relativamente fácil de inducir y los síntomas aparecen rápidamente junto con los cambios peculiares en la actividad metabólica (KIRKBY y VOLKER, 2007).

El boro participa en la síntesis del uracilo que sirve para la formación de ARN e interviene en actividades celulares como división, diferenciación, maduración, respiración, crecimiento, etc. El boro ha sido asociado con la germinación y crecimiento del polen y puede afectar la

prolongación del tubo polínico debido a su papel en la síntesis de la membrana plasmática y la pared celular, produciendo una disminución en el cuaje y alteraciones fisiológicas en los frutos. El boro por lo tanto es esencial en el desarrollo de la flor y en la fecundación y su deficiencia reduce el cuaje de las flores y disminuye en forma severa el rendimiento de frutos y semillas. El boro también cumple una función importante en el transporte de azúcares y otros compuestos orgánicos desde las hojas a los frutos. La mayoría de los cultivos frutícolas son particularmente sensibles a la deficiencia de B, tal es el caso de café, cítricos, papaya, maracuyá, tomate, chile (MOLINA, 1999).

Desafortunadamente, el Boro es inmóvil en el floema en la mayoría de las plantas y por esta razón el nutriente debe estar presente en el suelo para facilitar el crecimiento radicular. En otras palabras, para que se desarrolle un buen sistema radicular es preciso que el boro esté en cantidades adecuadas en el sitio mismo donde crecen las raíces (junto con el calcio) (YAMADA, 2000).

2.4.3. El cobre

Es un catalizador para la respiración y constituyente de enzimas. Interviene en el metabolismo de carbohidratos y proteínas y en la síntesis de proteínas. El cobre es uno de los micronutrientes necesarios para las plantas en muy pequeñas dosis. En el sustrato, el rango normal es de 0.05 – 0.5 ppm, mientras que en la mayor parte de los tejidos es de 3-10 ppm. En las plantas, el cobre activa ciertas enzimas implicadas en la síntesis de lignina y es esencial para diversos sistemas enzimáticos. También es necesario en el proceso de la fotosíntesis, esencial para la respiración de las plantas y coadyuvante de éstas

en el metabolismo de carbohidratos y proteínas. Además, el cobre ayuda a intensificar el sabor, el color en las hortalizas y en las flores (BLODNICK, 2016).

El cobre es un catión divalente (Cu^{2+}) que junto con el hierro y el manganeso interviene en la síntesis de la clorofila. Se suministra en forma de quelatos en la solución fertilizante. Hace parte de numerosas enzimas, en condiciones de deficiencia, la disminución en la actividad de las enzimas es drástica y está correlacionada con la acumulación de fenoles y el decrecimiento de formación de sustancias melanoticas. En las plantas deficientes de cobre se presenta marchitamiento en las hojas jóvenes, lo cual resulta de dificultades en el transporte del agua, debido a una insuficiente lignificación en las células del xilema. Es importante en la fotosíntesis, por lo que su deficiencia repercute en bajas tasas fotosintéticas y, por lo tanto, bajos niveles de carbohidratos (MARSCHNER, 1998).

2.4.4. El zinc

Interviene en la formación de hormonas que afectan el crecimiento de las plantas. Participa en la formación de proteínas. Si no hay una cantidad adecuada de Zinc en la planta, no se aprovechan bien el Nitrógeno ni el Fósforo. Favorece un mejor tamaño de los frutos. Está involucrado en numerosas reacciones enzimáticas en procesos como la fotosíntesis, transporte de electrones, activación del ácido indolacético. El zinc es importante en la regulación del crecimiento vegetal y participa como activador de numerosas enzimas como la anhidrasa carbónica, e interviene en la síntesis de proteínas. La deficiencia de zinc se presenta en los brotes nuevos de los

árboles frutales por ser un elemento inmóvil, como una clorosis intervenal en hojas jóvenes y una disminución del tamaño de las hojas y reducción del crecimiento. Como efectos adversos en el rendimiento, la deficiencia de zinc puede reducir el peso y tamaño de los frutos, y alterar la formación de granos y semillas (MOLINA, 1999).

El zinc es esencial para el funcionamiento correcto de un gran número de proteínas y de más de 100 enzimas específicas (ANDREINI *et al*., 2006). El zinc también protege a células vegetales y de humanos del ataque dañino de los radicales libres que son muy tóxicos (LATIZA, 2008).

2.5. Características morfológicas

La morfología de la planta es la manifestación de la respuesta fisiológica de la misma a las condiciones ambientales y a las prácticas culturales del vivero, y generalmente es fácil de cuantificar (BIRCHLER *et al*., 1998).

Los parámetros morfológicos, atributos determinados física o visualmente, son los más utilizados en la determinación de la calidad de la planta y proporcionan una comprensión más intuitiva por parte del viverista. Aun cuando se han realizado algunas investigaciones para mostrar que los criterios que adoptan estas características, son importantes para evaluar el desempeño de las plantas después de su plantación en campo (GOMES *et al*., 2002). Su aplicación no permite responder a las exigencias en cuanto a supervivencia y crecimiento, determinadas por las adversidades encontradas en el campo después de la plantación (Fonseca, 2000; citado por GOMES *et al*., 2002).

Los atributos morfológicos son el resultado de una serie de respuestas fisiológicas a la disponibilidad de recursos y a los tipos de estrés durante la fase de cultivo. Lo deseable es que la planta alcance los valores máximos, lo cual implica por una parte que el desarrollo de la planta sea grande y que al mismo tiempo las fracciones aérea y radical estén equilibradas (Mexal, 1990 y Oliet, 2000; citados por COBAS *et al*., 2001).

La morfología es la manifestación física de las plantas y generalmente los principales atributos son:

2.5.1. Altura de planta

Es un buen predictor de la altura futura en campo, pero no para la supervivencia; este parámetro se ha utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad, aunque se considera insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real (MEXAL y LANDIS, 1990). Es fácil de medir, pero no es muy informativa por sí sola, ofrece solo una somera aproximación del área fotosintetizante y transpirante e ignora la arquitectura del tallo (BIRCHLER *et al*., 1998).

Cuando las condiciones del sitio de plantación son adversas respecto a la vegetación herbácea y arbustiva que rodea al brinzal, es conveniente considerar que tenga una altura suficiente que le permite competir adecuadamente. Aunque la altura de las plantas debe definirse en función de las características del sitio de plantación, en general se considera que en coníferas el rango debe fluctuar entre 15 y 20 cm; sin embrago, especies con crecimiento cespitoso en sus etapas iniciales de vida, como *Pinus engelmannii*

Carr, *Pinus michoacana* Lindl y *Pinus montezumae* Lamb, tienen menor crecimiento en altura de planta, por lo que la planta sale del vivero con menos de 15 cm (PRIETO *et al*., 2009)

La altura de planta puede ser manipulada en vivero a través de la fertilización y el riego. Correlacionar solo la altura de la planta con el comportamiento en campo, excluyendo otros parámetros, puede inducir a un error, varios estudios han concluido que la altura inicial de las plantas no se correlaciona con el crecimiento en altura después de la plantación. En clima seco se encontró que la altura de las plantas de *Quercus ilex* y *Pinus halepensis* fue directamente proporcional a su supervivencia, con alturas medias mínimas de 16 y 7.5 cm, respectivamente, para alcanzar supervivencias superiores al 80 %; en plantaciones con el pino en clima semiárido, la supervivencia descendió con una altura media superior a 17.5 (CORTINA *et al*., 1997). Por otro lado, algunos estudios han demostrado que la ventaja inicial en el tamaño de la planta permanece en el tiempo (Funk *et al*., 1974 y Thompson, 1985; citados por BIRCHLER *et al*., 1998).

2.5.2. Diámetro de tallo

Es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de la planta en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Planta con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y tolerar mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a la especie (PRIETO *et al*., 2003 y PRIETO *et al*., 2009).

El diámetro es fácil de medir y da una aproximación de la sección transversal del transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo. El diámetro está influenciado por la densidad del cultivo en vivero y puede verse afectado por prácticas culturales como el repicado apical y también se puede mejorar a través de un aumento en la velocidad y la uniformidad en la germinación (Boyer y South, 1987; citados por BIRCHLER *et al*., 1998). El diámetro es una medida de la robustez de la planta y se ha considerado como el mejor predictor individual del crecimiento y la supervivencia en campo (Cleary *et al*., 1978 y Trompson, 1984; citados por GARCÍA, 2007).

El diámetro permite predecir en gran medida a supervivencia de la planta en campo, especialmente cuando se incluye una estimación de la biomasa de la raíz, aparentemente el diámetro es un buen indicador del comportamiento de la altura y ambos definen la producción de biomasa de la parte aérea y la raíz. En diferentes estudios se ha encontrado que los brinzales con diámetro mayor tienen tasas de supervivencia más altas y se indica que esta aumenta de 5 a 7% por cada milímetro de incremento en el diámetro de los mismos. Una supervivencia alta (> 80%), se logra cuando las plantas tienen de 5 a 6 mm de diámetro (MEXAL y LANDIS, 1990).

2.5.3. Tamaño del sistema radicular

Entre más grande sea el sistema radicular de la planta, tendrá más puntos de crecimiento y mayor posibilidad de explorar el suelo para captar agua y nutrientes; además, incrementara la probabilidad de infección

micorrícica (GONZÁLEZ, 1995). En las raíces finas es en donde se concreta actividad de absorción de agua y nutrientes al ser más activas y permeables, frente a las gruesas, cuya misión se concreta fundamentalmente en el anclaje de las plantas (Thompson, 1985; citado por CASTILLO, 2001).

El mejor sistema radical lo constituye una raíz principal bien conformada, sin deformaciones, abundancia de raíces laterales uniformemente repartidas y de raíces finas o fibrosas donde se la simbiosis con las micorrizas, las cuales aumentan la superficie de la raíz para absorber agua y nutrientes. Precisamente, una forma sencilla de estimar el nivel de micorrización es a través de la superficie de las raíces finas que están cubiertas por las mismas (RODRÍGUEZ, 2008).

El desarrollo del sistema radical depende del agua que contenga el sustrato, lo que determina su crecimiento y desarrollo. Si una planta recibe agua en abundancia no estimulara demasiado el crecimiento de la raíz, pero si el agua escasea será necesario que la planta tenga un sistema radical amplio para que sobreviva (LEYVA *et al*., 2008).

El porcentaje de raíces finas favorece aquellos tratamientos que presentan un nivel de endurecimiento fuerte. Lo anterior está fundamentado en que la planta cuando se desarrolla en un sustrato con abundante agua disminuye el desarrollo de las raíces finas, pues no presenta limitante alguna para absorber agua del suelo, lo mismo puede suceder cuando las condiciones de humedad son adversas en el sustrato, donde se inhibe el desarrollo de raíces finas. En *Pinus halepensis* Mill, se determinó que niveles bajos o

moderados de endurecimiento, no ejercen ninguna influencia sobre la capacidad de formación de nuevas raíces, pero niveles fuertes si la inhiben (VILLAR *et al*., 1997).

La inducción de un estrés hídrico moderado al final del periodo vegetativo, detiene el crecimiento en altura, mientras que el diámetro del cuello de la raíz continúa creciendo, debido probablemente al crecimiento radical (LEYVA *et al*., 2008).

2.5.4. Peso de la planta

El peso (biomasa aérea y radical) de la planta tiene una alta correlación con la supervivencia en campo, con la misma consistencia que el diámetro del tallo o cuello de la raíz. También, el diámetro está fuertemente correlacionado con el peso de la parte aérea y del sistema radical. El peso seco es un indicador efectivo cuando se relaciona el peso seco de la parte aérea con el peso seco del sistema radical (THOMPSON, 1985; VERA, 1999 y MEXAL y LANDIS, 1990).

2.6. Índices de calidad

La calidad morfológica y fisiológica de los plantones ha sido estudiada ampliamente (DOMINGUEZ *et al*., 1997; ROYO *et al*., 1997; VILLAR *et al*., 2000 y VILLAR *et al*., 2001).

Investigadores forestales han trabajado para identificar variables cuantificables que puedan ser usados como indicadores de unos plantones de calidad, y mejor aún, para predecir su desempeño una vez establecida en campo. En tal sentido, THOMPSON (1985), BIRCHLER *et al*. (1998), QUIROZ

et al. (2001) y GARCIA (2006), indican que las variables de tipo cuantitativo son la altura, diámetro del cuello, pares de hojas, biomasa aérea, biomasa de raíces, forma y desarrollo radicular, y consistencia del cepellón.

La magnitud de las variables es difícil de interpretar y en ocasiones resulta engañoso, por ello se han desarrollado diferentes coeficientes o índices (DICKSON *et al.*, 1960 y THOMPSON, 1985) que permiten evaluar y determinar la calidad de plantones. Dichos índices han dado la pauta para que se establezcan estándares de producción de plantones en vivero, las cuales variaran de acuerdo a la especie (QUIROZ *et al*., 2001).

2.6.1. Índice de robustez

Es la relación entre la altura de la plántula (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) y debe ser menor a seis; es un indicador de la resistencia de los plantones a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos. El menor valor indica que se trata de arbolitos más bajos y gruesos, aptos para sitios con limitación de humedad, ya que valores superiores a seis los dispone a los daños por viento, sequía y helada (RODRÍGUEZ, 2008). Asimismo, valores más bajos están asociados a una mejor calidad de los plantones e indica que es más robusta y con tallo vigoroso; en cambio valores altos indican una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados (PRIETO *et al*., 2003 y PRIETO *et al*., 2009).

Junto con la altura y el diámetro del cuello de la raíz, la robustez se considera una característica que influye en el desempeño temprano de la

plantación. Bajo condiciones favorables, el plantón de mayor tamaño generalmente crece mejor que plantones más pequeña; sin embargo, plantones más grandes no sobrevive tan bien como la de menor tamaño (Burdett, 1983; Thompson, 1984; Iverson, 1984 y Ritchie, 1984; citados por GARCÍA, 2007).

2.6.2. Índice de Dickson

Dado que ninguna de estas características podría por si solas describir la calidad de plantones, Dickson *et al*. (1960), citados por PRIETO *et al*. (1999) desarrollaron un índice de calidad que permite evaluar mejor las diferencias morfológicas entre plantones de una muestra y predecir el comportamiento en campo. Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de plantones, dado que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantones desproporcionadas y descartar plantones de menor altura, pero con mayor vigor (Fonseca *et al*., 2002; citado por GARCÍA, 2007). Asimismo, Dickson *et al*. (1960), citados por PRIETO *et al*. (1999) sugieren que, a mayor valor del índice, mejor calidad de plantones.

2.6.3. Relación altura/ longitud radicular

Esta relación ha sido vista como una medición del balance entre el área de transpiración (tallo y hojas) y el área de absorción (raíces finas y gruesas) de agua y nutrientes de los plantones. Se calculó como el cuociente entre el peso seco del tallo y el peso seco de la raíz. Su interpretación es equivalente al del coeficiente de vigorosidad (GONZÁLES, 2007).

Predice el éxito de la plantación. Debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radicular de los plantones. La relación 1:1 favorece altas tasas de supervivencia en los sitios de plantación sin limitantes ambientales; en sitios con limitantes de humedad se sugiere utilizar brinzales con relaciones de 0.5:1 a 1:1; mientras que en sitios sin limitantes de humedad las relaciones pueden ser de 1.5:1 a 2.5:1. Se recomienda que los viveristas y plantadores establezcan la relación deseada en base a las especies y características del sitio de plantación (Prieto *et al*., 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de investigación

3.1.1. Ubicación política

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el vivero forestal y laboratorio de certificación de semillas, perteneciente a la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS, Tingo María), localizado políticamente en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado en la región de Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

De acuerdo a Javier Pulgar Vidal, Tingo María pertenece a la Selva Alta o Rupa Rupa, Geográficamente el área experimental se localiza específicamente en las siguientes coordenadas UTM: Este 3900283 y Norte 8970774.

3.1.3. Zona de vida

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de Leslie R. Holdridge, Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PT).

3.1.4. Clima

La zona presenta una temperatura media anual de 24.3 °C, teniendo mínimas de 19.2 °C que presenta en la época lluviosa (en los meses de febrero a marzo) y máxima de 29.4 °C (presente generalmente en los meses de junio – agosto). La precipitación promedio por año 3,300 mm/año, siendo los meses con mayor presencia de lluvia entre diciembre a abril. La altitud sobre el nivel del mar promedio del lugar del estudio es de 665 m y la humedad relativa es de 87%, disminuyendo en los meses de junio a agosto e incrementándose en los meses de enero a marzo por el incremento de las precipitaciones (EMC JAQ, 2009).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material biológico

- Plantones de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins*)*
- Microorganismos eficientes

3.2.2. Insumos

- Biofertilizantes
- Fungicida
- Bolsas de polietileno de 6x10.

3.2.3. Equipos y herramientas

- Estufa
- Balanza analítica
- Vernier
- GPS
- Cámara fotográfica
- Aspersor
- Regla graduada en mm

- Machete

3.3. Metodología

3.3.1. Diseño estadístico

La investigación, se realizó con un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones. Utilizándose cinco dosis de biofertilizante mas un tratamiento testigo (Sin dosis). La unidad experimental se conformó por 10 plantas (Sub-unidades experimentales) en un área experimental de 2 m x 6 m; teniendo un total de 180 plantones de Shaina a evaluar.

Cuadro 1. Dosis de biofertilizantes

Descripción	Tratamiento
Testigo	T_0
890 ml de biofertilizante	T_1
1010 ml de biofertilizante	T_2
1125 ml de biofertilizante	T_3
1255 ml de biofertilizante	T_4
1380 ml de biofertilizante	T_5

Cuadro 2. Descripción de la parcela experimental

Descripción	Total
Tratamientos	6
Repeticiones	3
Unidad Experimental	18

Tamaño de Unidad Experimental	10

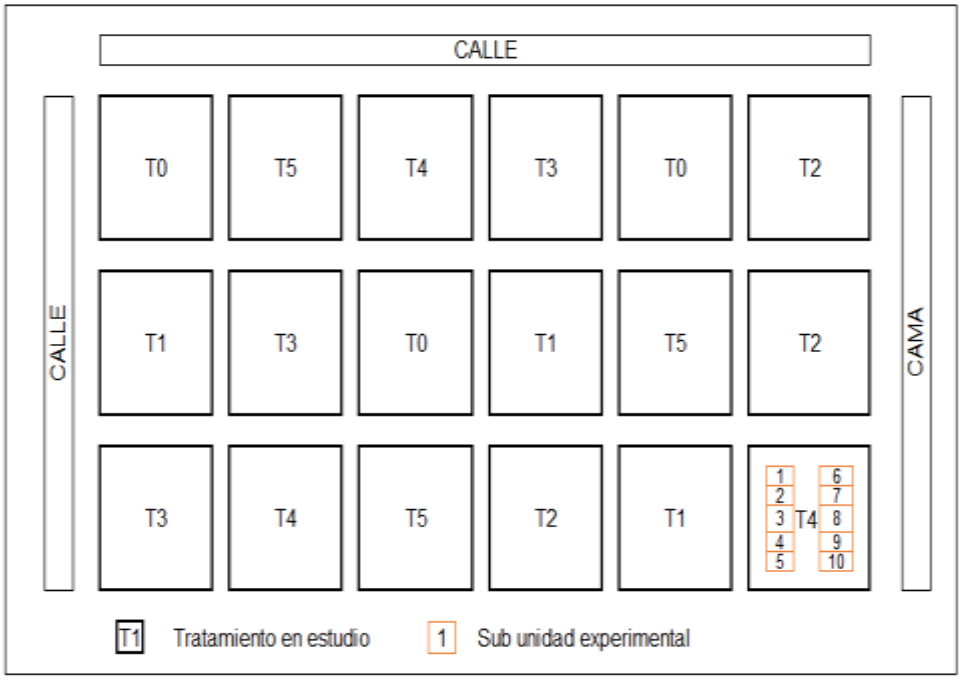

Figura 1. Croquis del experimento

Cuadro 3. Esquema del análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F
Tratamientos	t – 1	$\sum_{i=1}^{t} \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$	SCtrat /gl trat	CMtrat/CMee
Error experimental	t (r -1)	SCtotal - (SCtrat + SC bloque)	SCee /glee	
Total	tr – 1	$\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{r} Y_{ij} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$		

3.3.2. Instalación del experimento

El trabajo de investigación se instaló dentro del Vivero Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, específicamente ocupando un espacio dentro de las camas de almacigo, los mismos que fueron distribuidos en forma paralela con una orientación de este a oeste, su construcción fue a base de concreto y con una cubierta.

3.3.3. Preparación de la cama de almacigo

La cama de almacigo seleccionada, fue un metro de ancho por seis metros de largo, se adecuo para la ejecución de la presente investigación, con un deshierbado, nivelado y colocado un tinglado a 1.9 m de altura.

3.3.4. Germinación de semillas

Se seleccionaron las semillas de Shaina en un balde con agua fría (eliminando las semillas flotantes, siendo estas vanas), luego se aplicó un tratamiento pre-germinativo que fue sumergir la semilla en agua a 70°C. Estas semillas se sembraron en una pequeña área de la cama de almacigo, ordenándose de acuerdo al protocolo del ISTA (2002).

3.3.5. Preparación del sustrato y llenado de bolsas

El sustrato utilizado fue el de vivero, en proporción 3:2:1 (tierra : arena : aserrín), aplicándose adicionalmente un abono orgánico (abonaza) con alto porcentaje de materia orgánica. Antes del llenado de las bolsas se

desinfecto el sustrato con un fungicida para hongos (Cupravit). Para el llenado del sustrato se utilizó bolsas de polietileno negro de 6”x10”x2 μ.

3.3.6. Selección y repique

Se seleccionó las plántulas del germinador de acuerdo a las condiciones fitosanitarias optimas y homogenizándose en cuanto a diámetro y altura, evitando la variabilidad en la investigación. Estas plántulas fueron repicadas en las repeticiones de los tratamientos en estudio, Figura 1.

3.3.7. Preparación de los biofertilizantes

Los biofertilizantes se obtuvieron del módulo de abono orgánico de DEVIDA. Se prepararon cuatro tipos de biofertilizantes, Utilizándose la interacción de: microorganismos eficientes, suero de leche, estiércol, melaza de caña y cuatro mezclas de distintos minerales. Estos fueron fermentados en recipientes durante 30 días desde su elaboración (Figura 19, 20, 21 y 22). De los biofertilizantes obtenidos para las dosis de los tratamientos, se tiene como componentes minerales mayoritarios, los siguientes:

- Recipiente 1 (nitrógeno - potasio)
- Recipiente 2 (fosforo - boro)
- Recipiente 3 (cobre - zinc)
- Recipiente 4 (magnesio - manganeso)

3.3.8. Aplicación de los biofertilizantes

Posteriormente a la obtención de los biofertilizante, se utilizó la interacción de éstos, en proporciones distintas para los minerales presentes en cada recipiente (Cuadro 4), estas proporciones de la interacción fue igual en

todos los tratamientos, siendo diferente, la cantidad de dosis por tratamiento. (Cuadro 5). Cada dosificación (tratamiento) fue diluida en un total de 5 L de agua. Las dosis de los biofertilizantes se aplicaron cada 15 días, para todo el periodo de evaluación (4 meses), de acuerdo a las combinaciones de los tratamientos del diseño experimental.

Cuadro 4. Proporciones de nutrientes presentes para cada dosis (tratamiento)

Recipiente	Contenido	Proporción en cada Dosis(%)
1	Nitrógeno – Potasio (N - K)	33.3
2	Fosforo – Boro (P - B)	55.5
3	Cobre – Zinc (Cu - Zn)	5.6
4	Magnesio – Manganeso (Mg - Mn)	5.6
	Total de interacción	100

Cuadro 5. Interacción de nutrientes en distintas dosis.

Interacción de nutrientes				Dosis	Frecuencia de aplicación	Tratamiento
N - K	P - B	Cu - Zn	Mg - Mn			
300 ml	490 ml	50 ml	50 ml	890 ml	Quincenal	T_1
340 ml	560 ml	55 ml	55 ml	1010 ml	Quincenal	T_2
375 ml	625 ml	62.5 ml	62.5 ml	1125 ml	Quincenal	T_3
418 ml	695 ml	71 ml	71 ml	1255 ml	Quincenal	T_4
459 ml	765 ml	78 ml	78 ml	1380 ml	Quincenal	T_5

3.3.9. Labores culturales

Consistió en regar a los plantones cada 2 días en ausencia de lluvias, además se realizó el control de maleza, dicha actividad se realizó con frecuencia de 15 días.

3.4. Evaluación

Las evaluaciones de altura y diámetro fueron registradas durante un periodo de cuatro meses a partir del repique, cada evaluación fue realizada una vez al mes. Es decir, la primera evaluación fue efectuada al mes del repique.

La cuantificación de biomasa de igual manera, fue realizada durante el periodo de cuatro meses; las cuales fueron evaluadas después del repique. Para lo cual, los plantones fueron extraídos de los envases (bolsas de vivero), además se limpió las raíces para retirar los restos de sustrato. Luego, en el laboratorio cada plantón fue seccionado a la altura del cuello de la raíz, obteniéndose por separado valores del peso de la parte aérea y de la parte radical.

3.4.1. Medición de altura y diámetro de planta

Para la evaluación de la altura se midió con una regla graduada de 60 cm, desde el cuello de la planta hasta la yema apical de la planta. Para la evaluación del diámetro, se obtuvo con un vernier digital y fue medido en el cuello de la raíz.

3.4.2. Medición del peso fresco y seco del tallo y de la raíz

Este procedimiento se llevó a cabo las cuatro veces que fue evaluada la biomasa. Se separaron ambas partes con tijeras de podar y el peso húmedo se determinó con una balanza digital (precisión de milésimas de gramo). Posteriormente, se colocó cada parte o componente por separado en sobre de papel manteca. Es decir, en cada sobre fue colocada la parte aérea de las plantas por repetición por tratamiento, procediendo de manera similar con la parte radical de las plantas por repetición por tratamiento. Finalmente, por cada evaluación realizada, se obtuvo 10 sobres con la parte aérea y 10 con el componente radical de las plantas, los que fueron colocados en la estufa para su secado a una temperatura de 70 °C. Transcurridas las 72 horas se registró el peso seco al horno de las plántulas.

3.4.3. Calculo de índices de calidad de planta

Con las variables antes referidas, se calcularon los siguientes índices de calidad de planta por tratamiento:

3.4.3.1. Índice de robustez

Relaciona la altura (cm) y el diámetro (mm) de la planta, y fue determinada con la fórmula propuesta por Roller (1977), citado por THOMPSON (1985):

$$Indice\ de\ robustez\ (IR) = \frac{Altura\ (cm)}{Diametro\ (mm)}$$

3.4.3.2. Índice de Dickson

Reúne varios atributos morfológicos en un solo valor que es usado como índice de calidad; a mayor valor de índice mejor calidad de planta. Su cálculo se realizó con la fórmula sugerida por DICKSON *et al*. (1960):

$$ICD = \frac{Peso\ seco\ total\ (g)}{\frac{Altura\ (cm)}{Diametro\ (mm)} + \frac{Peso\ seco\ parte\ aerea\ (g)}{Peso\ seco\ raiz\ (g)}}$$

3.4.3.3. Relación altura/longitud de la raíz

Predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de las plantas.

$$R\ altura/longitud\ de\ raiz\ = \frac{Altura\ (cm)}{Longitud\ de\ raiz\ (cm)}$$

Cuadro 6. Clasificación de los índices de calidad.

Variable	Calidad		
	Baja	Media	Alta
Índice de robustez	≥ 8.0	7.9 – 6.0	< 6.0
Índice de Dickson	< 0.2	0.2 – 0.4	≥ 0.5
Relación altura/Longitud de raíz	> 2.5	2 – 2.5	< 2

Fuente: SÁENZ *et al.* (2010).

3.4.4. Procesamiento de información y análisis estadístico

Todos los datos colectados, se procedió ordenar y realizar el procesamiento para la obtención de la media y los gráficos mediante el programa Microsoft Excel 2013, Los datos además fueron sometidos a un

análisis de varianza (ANVA) a un nivel de significancia del 95 % y la comparación de promedios se realizó bajo la prueba de Duncan (α: 0.05).

IV. RESULTADOS

4.1. Crecimiento en altura de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins

En el Cuadro 7, se muestra el análisis de varianza para la variable altura en plantas de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins), donde, los biofertilizantes (T_1, T_2, T_3, T_4 y T_5) y testigo, no mostraron diferencias significativas en las dos primeras evaluaciones realizadas; pero si se encontró diferencias significativas en la tercera y cuarta evaluación. El coeficiente de variabilidad resultó en un rango de 5 a 12 %, siendo 9 % de coeficiente de variación para la cuarta evaluación; teniendo en cuenta las condiciones medioambientales y el suelo, rango aceptable para viveros a campo abierto.

En todas las evaluaciones, la dosis de 1380 ml de biofertilizante (T_5) se mostró como el mejor tratamiento para el crecimiento en altura; obteniendo 48.52 cm en la cuarta evaluación en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins. Seguido de 1010 ml de biofertilizante (T_2) con 44.86 cm; encontrándose que han sido las mejores dosis que influyeron en el crecimiento de altura (Cuadro 7).

En la comparación de medias Duncan de las tres primeras evaluación se observa que existe poca diferencia estadística significativa, siendo la segunda evaluación en que todas las dosificaciones fueron estadísticamente iguales.

Cuadro 7. ANVA y prueba de Duncan en altura de plantones de Shaina.

<	Dosis	ANVA		Duncan	
		F calculada	C.V (%)	Altura (cm)	Significación
Primera evaluación	T_0	2.017 **ns**	5.603	7.33	ab
	T_1			7.21	ab
	T_2			7.03	b
	T_3			7.77	ab
	T_4			7.21	ab
	T_5			7.88	a
Segunda evaluación	T_0	2.006 **ns**	5.785	10.26	a
	T_1			9.53	a
	T_2			9.55	a
	T_3			9.76	a
	T_4			9.54	a
	T_5			10.64	a
Tercera evaluación	T_0	3.459 *****	12.633	19.64	b
	T_1			20.08	b
	T_2			22.17	ab
	T_3			18.4	b
	T_4			21.75	ab
	T_5			26.67	a
Cuarta evaluación	T_0	4.007 *****	9.312	38.62	bc
	T_1			38.84	bc
	T_2			44.86	ab
	T_3			37.01	c
	T_4			39.41	bc
	T_5			48.52	a

ns: no presenta diferencias estadísticas significativas; *****: presenta diferencias estadísticas significativas; Letras distintas presentan significancia para α=0.05

En el Cuadro 8 y Figura 2, se muestra el crecimiento acumulado en cada una de las evaluaciones realizadas, evidenció la influencia de los biofertilizantes utilizados en el crecimiento en altura de plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins. Sin embargo, fue la dosis con 1380 ml de biofertilizantes (T_5) el que presentó mayor incremento en altura con 48.52 cm, seguido de las dosis: 1010 ml, 1255 ml, 890 ml, 0 ml y 1125 ml con 44.86 cm, 39.41 cm, 38.84, 38.62 y 37.01 cm respectivamente.

Cuadro 8. Crecimiento promedio mensual acumulado de altura en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins

Trat / eval.	Promedio de altura de planta por evaluación (cm)			
	1 eval.	2 eval.	3 eval.	4 eval.
T_0	7.33	10.26	19.64	38.62
T_1	7.21	9.53	20.08	38.84
T_2	7.03	9.55	22.17	44.86
T_3	7.77	9.76	18.40	37.01
T_4	7.21	9.54	21.75	39.41
T_5	7.88	10.64	26.67	48.52

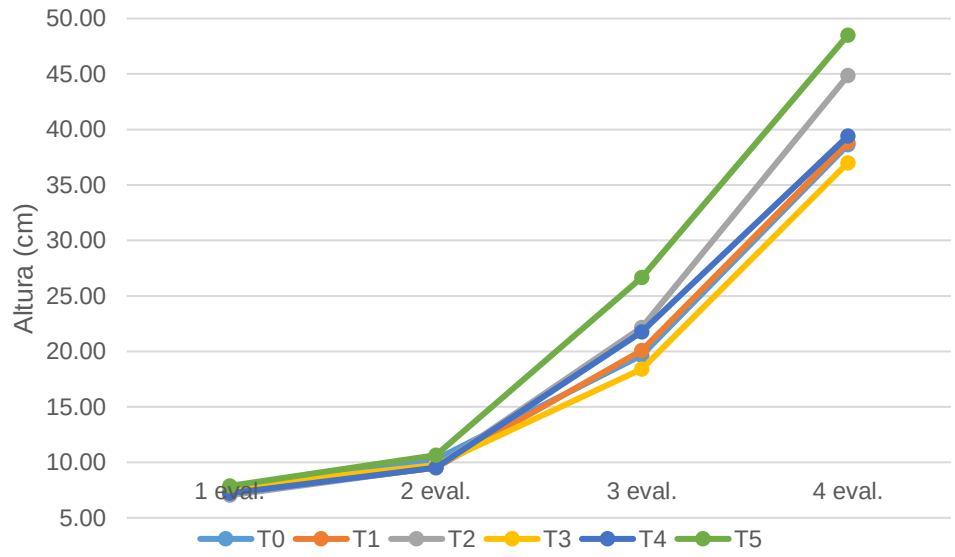

Figura 2. Crecimiento acumulado en altura de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins.

4.2. Crecimiento en diámetro de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins

En el Cuadro 9, se muestra el análisis de varianza para la variable altura en plantones de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins), donde, los biofertilizantes (T_1, T_2, T_3, T_4 y T_5) y testigo, no mostraron diferencias significativas en las tres primeras evaluaciones realizadas; pero si se encontró diferencias significativas cuarta evaluación. El coeficiente de variabilidad resultó en un rango de 3 a 9 %, rango aceptable para viveros a campo abierto.

La prueba de Duncan para los promedios del diámetro, se encontró que la dosis de los biofertilizantes 1380 ml (T_5) y 1010 ml (T_2) obtuvieron mayores diámetros (3.57 mm y 3.25 mm) frente a otras dosis. El testigo T_0 mostro menor crecimiento de diámetro en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins, con apenas 2.86 mm en diámetro acumulado

Cuadro 9. ANVA y prueba de Duncan en diámetro de plantones de Shaina.

Ítem	Dosis	ANVA		Duncan	
		F calculada	C.V (%)	Diámetro (mm)	Significación
Primera evaluación	T_0	2.714 **ns**	3.801	0.96	ab
	T_1			0.94	b
	T_2			1.03	a
	T_3			0.99	ab
	T_4			1.02	a
	T_5			0.98	ab
Segunda evaluación	T_0	1.610 **ns**	5.463	1.19	a
	T_1			1.13	a
	T_2			1.12	a
	T_3			1.19	a
	T_4			1.16	a
	T_5			1.24	a
Tercera evaluación	T_0	2.332 **ns**	9.194	1.92	b
	T_1			1.97	b
	T_2			2.24	ab
	T_3			2.04	ab
	T_4			2.15	ab
	T_5			2.37	a
Cuarta evaluación	T_0	3.796 *****	6.974	2.86	b
	T_1			2.99	b
	T_2			3.25	ab
	T_3			3.16	b
	T_4			3.05	b
	T_5			3.57	a

ns: no presenta diferencias estadísticas significativas; *****: presenta diferencias estadísticas significativas; Letras distintas presentan significancia para α=0.05

En el Cuadro 10 y Figura 3 se muestra las observaciones realizadas para el crecimiento acumulado del diámetro; teniendo la dosis T_5 un diámetro acumulado de 3.57 mm y la dosis T_2, un diámetro de 3.25 mm. Siendo el tratamiento testigo T_0 el que demostró el menor desempeño frente a los demás tratamientos.

Cuadro 10. Crecimiento promedio en diámetro en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins.

Trat / eval.	Promedio diámetro de plantas por evaluación (mm)			
	1 eval.	2 eval.	3 eval.	4 eval.
T_0	0.96	1.19	1.92	2.86
T_1	0.94	1.13	1.97	2.99
T_2	1.03	1.12	2.24	3.25
T_3	0.99	1.19	2.04	3.16
T_4	1.02	1.16	2.15	3.05
T_5	0.97	1.24	2.37	3.57

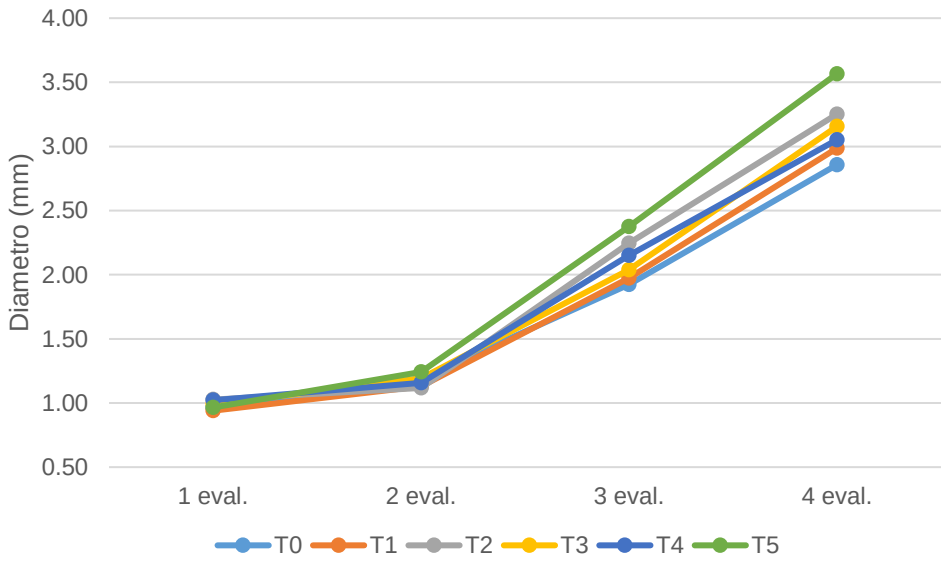

Figura 3. Crecimiento acumulado en diámetro en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins.

4.3. Biomasa de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins

4.3.1. Biomasa aérea de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins

En el Cuadro 11, se presenta los resultados del análisis de varianza en la variable biomasa aérea para plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins, luego de la aplicación de la dosis de biofertilizantes (T_1, T_2, T_3, T_4 y T_5) y testigo (T_0). Se encontraron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre los tratamientos respecto a la variable biomasa aérea en plantas de Shaina.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la biomasa aérea acumulada de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamientos	5	0.4143	0.0829	4.430 *	4.387
Error	12	0.1122	0.0187		
Total	17	0.5266			

* = significancia estadística a un nivel de $\alpha = 0.05$

CV % = 11.903

En el Cuadro 12, se muestra la comparación de promedios prueba Duncan a los promedios de la biomasa acumulada, encontramos que los tratamientos: dosis de 1380 ml (T_5) y 1010 ml (T_2), fueron quienes más influyeron en el incremento de biomasa aérea, con 1.476 g y 1.299 g respectivamente; siendo en caso contrario la dosis T_3, el que menor biomasa aérea acumulo en el experimento (0.923 g).

Cuadro 12. Prueba Duncan (α : 0.05) para la biomasa aérea acumulada de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins.

Orden de merito	Tratamiento	Promedio	Significación		
1	T_5	1.476	a		
2	T_2	1.299	a	b	
3	T_4	1.124		b	c
4	T_0	1.056		b	c
5	T_1	1.016		b	c
6	T_3	0.923			c

En el Cuadro 13 se muestra la ganancia de biomasa aérea que se registró mediante el proceso de secado en estufa a las plantas, encontrado la mayor biomasa aérea almacenada en el tratamiento con dosis 1380 ml de biofertilizante (T_5) con 1.476 g, siendo este tratamiento el que mayor biomasa incrementó en los plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins; y el menor incremento de biomasa se vio reflejada en el tratamiento con aplicación de biofertilizantes con dosis de 1125 ml (T_3) con 0.923 g.

Cuadro 13. Biomasa aérea por tratamientos, en 4 evaluaciones

Trat / Eval.	1 eva.	2 eva.	3 eva.	4 eva.
T_0	0.106	0.671	0.850	1.056
T_1	0.114	0.526	0.634	1.016
T_2	0.182	0.695	1.311	1.299
T_3	0.160	0.632	0.644	0.923

T_4	0.173	0.502	0.943	1.124
T_5	0.124	0.702	1.262	1.476

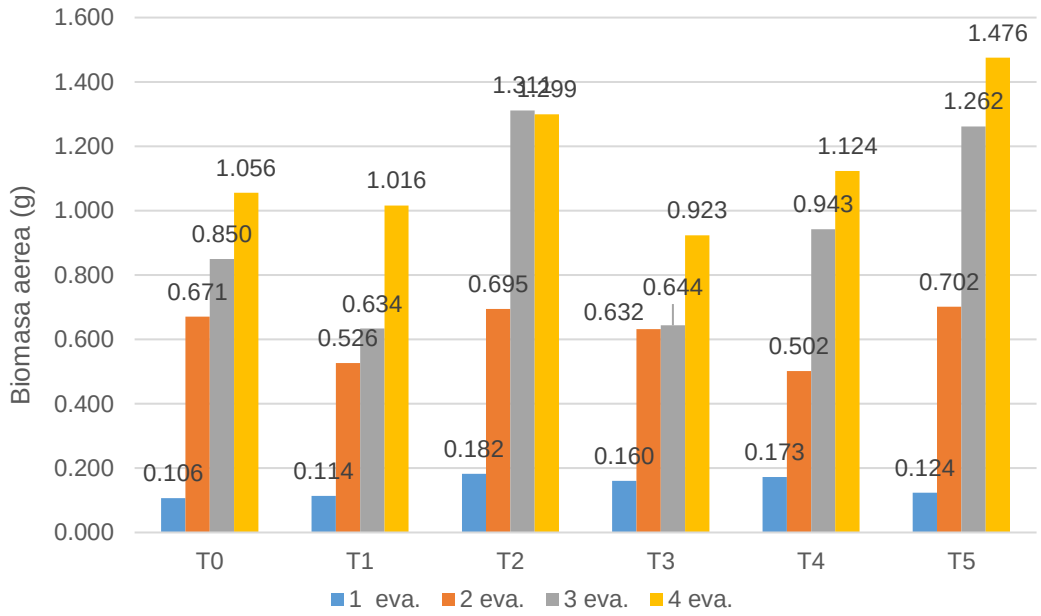

Figura 4. Incremento de la biomasa aérea por tratamientos.

4.3.2. Biomasa radicular de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins

En el Cuadro 14, se presenta el análisis de varianza de la variable biomasa radicular en plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins, donde las dosis de biofertilizantes y testigo (T_0, T_1, T_2, T_3, T_4 y T_5) no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la biomasa radicular acumulada de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamientos	5	0.1655	0.0331	2.324 **ns**	4.387
Error	12	0.0854	0.0142		

Total	17	0.2509

ns = No significancia; C.V. (%) =20.72

En el Cuadro 15, se presenta la prueba Duncan para los promedios de la biomasa radicular acumulada, encontrando que la dosis 1380 ml (T_5), fue quien más influyo en el incremento de biomasa radicular (0.8075 g). El tratamiento testigo (T_0) tuvo menor desempeño de incremento de biomasa radicular (0.447g).

Cuadro 15. Prueba Duncan (α:0.05) para la biomasa radicular acumulada en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins

Orden de Merito	Tratamiento	Promedio	Significancia	
1	T_5	0.808	a	
2	T_2	0.632	a	b
3	T_4	0.538	a	b
4	T_3	0.516	a	b
5	T_1	0.511	a	b
6	T_0	0.447		b

En el Cuadro 16 y Figura 5, se muestra el incremento de biomasa radicular, donde se registró que la dosis de 1380 ml (T_5) fue el que mayor biomasa incremento (0.808 g), seguido de 1010 ml (T_2), 1255 ml (T_4), 1125 ml (T_3) y 890 ml (T_1) (0.632 g, 0.538 g, 0.516 g y 0.511 g), por último, el tratamiento que menos desempeño de incremento de biomasa radicular fue el tratamiento testigo (T_0) con 0.447 g.

Cuadro 16. Biomasa radicular por tratamientos en las 4 evaluaciones efectuadas.

Trat. / Eval.	1 eva.	2 eva.	3 eva.	4 eva.

T_0	0.016	0.067	0.164	0.447
T_1	0.019	0.077	0.186	0.511
T_2	0.028	0.102	0.313	0.632
T_3	0.029	0.069	0.234	0.516
T_4	0.022	0.074	0.222	0.538
T_5	0.067	0.098	0.407	0.808

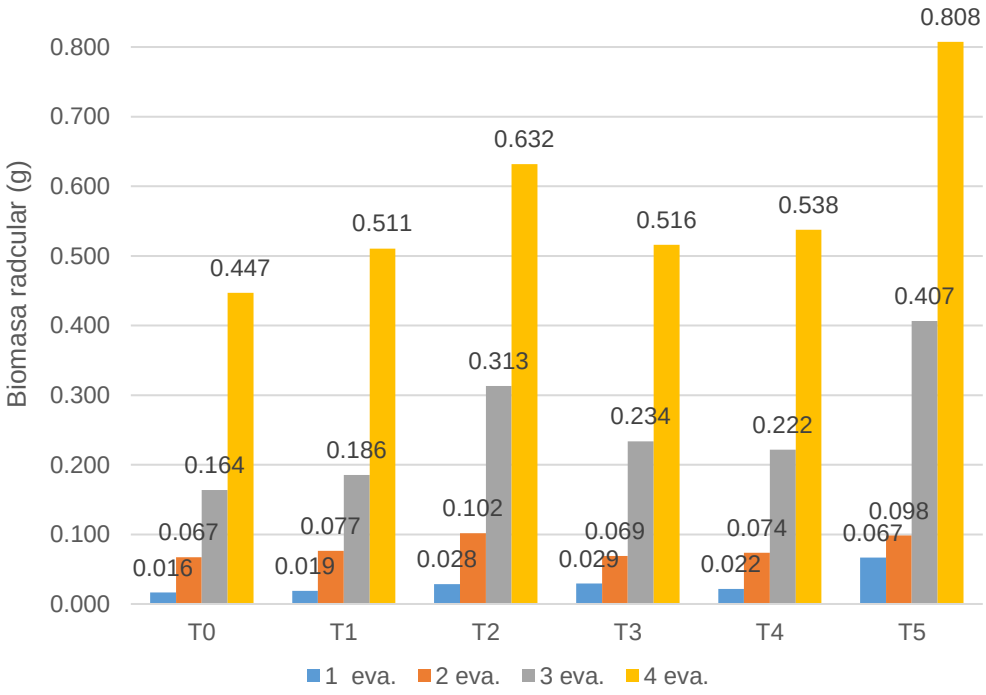

Figura 5. Incremento de la biomasa radicular por tratamientos.

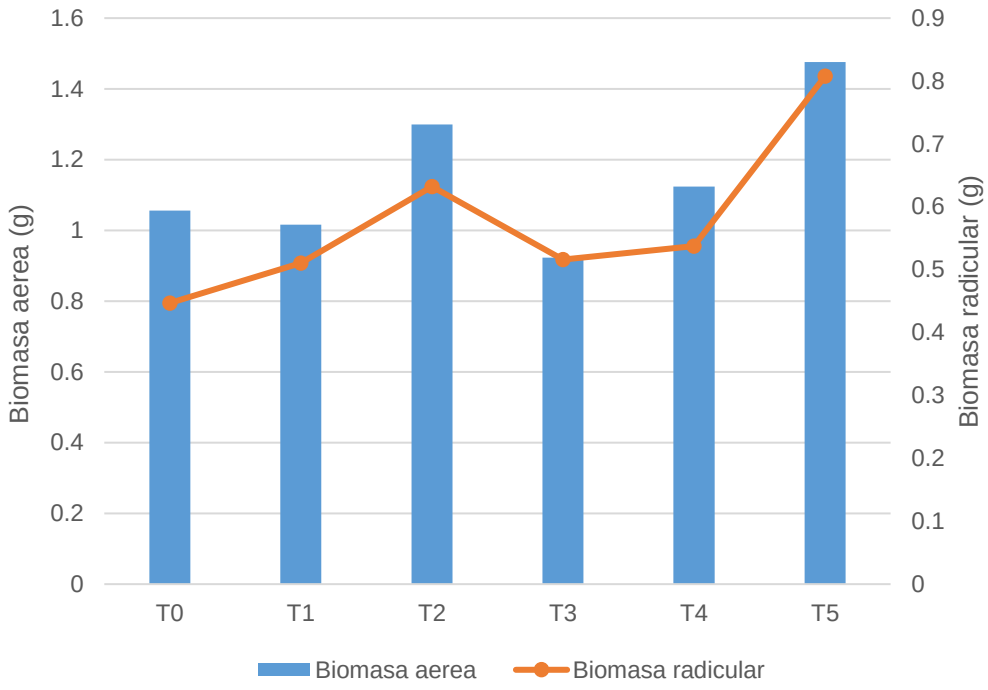

Figura 6. Biomasa aérea versus biomasa radicular por tratamientos.

4.4. Índices de calidad de *Colubrina glandulosa* Perkins

4.4.1. Índice de robustez

Se muestra en el Cuadro 17 y Figura 7, los valores obtenidos de la relación altura/diámetro o índice de robustez por tratamiento durante las seis evaluaciones. Se observa, además, que los valores del índice de robustez presentan tendencia similar entre los tratamientos durante las cuatro evaluaciones.

De acuerdo al Cuadro 6 (SÁENZ *et al.*, 2010) En la primera evaluación se presentaron calidades medias en el índice de robustez; sin embargo, todos los tratamientos presentaron calidad baja desde la segunda evaluación.

Cuadro 17. Índice de robustez en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins por tratamiento

Trat / Eval.	1 eva.	2 eva.	3 eva.	4 eva.
T_0	7.78	8.53	10.08	13.25
T_1	7.84	8.59	10.20	12.92
T_2	6.78	8.68	10.11	12.98
T_3	7.97	8.08	8.96	11.51
T_4	6.98	8.40	9.93	12.31
T_5	7.85	8.24	11.02	11.68

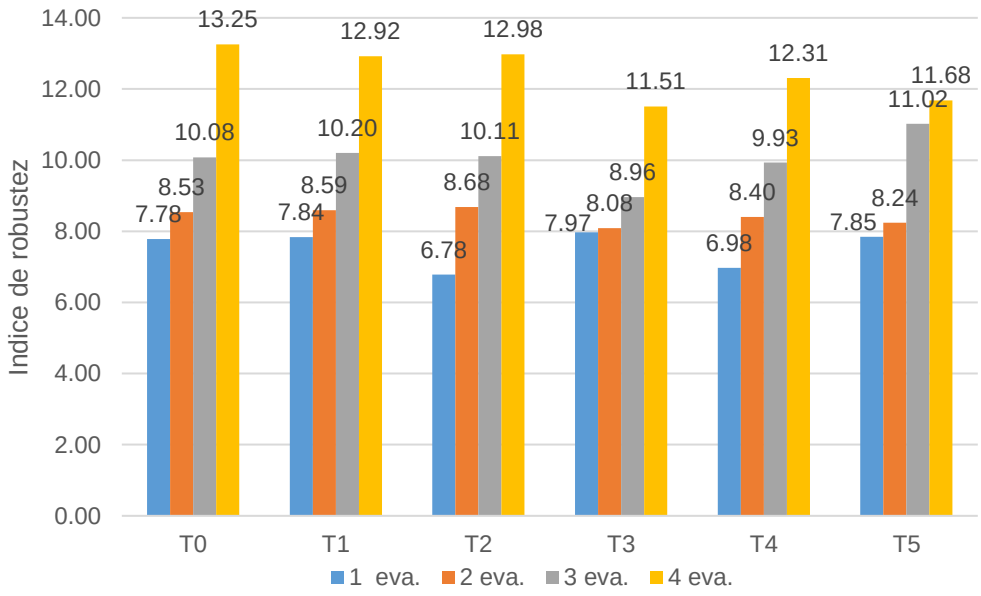

Figura 7. Índice de robustez de las plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins.

En la Figura 8 se muestra la última evaluación del índice de robustez; ordenándose de manera descendente, el T_0 (13.25), T_2 (12.98), T_1

(12,92) obtuvieron menores calidades, seguidos de T_4 (12.31), T_5 (11.68) y T_3 (11.51), los que mejores calidades registraron.

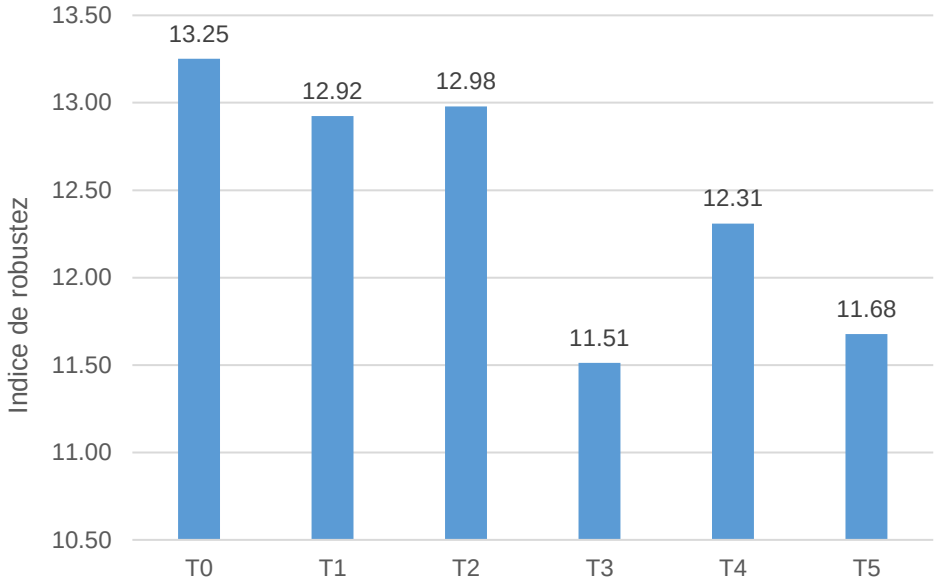

Figura 8. Índice de Robustez de las plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins en el último mes de evaluación.

4.4.2. Índice de calidad de Dickson

En el Cuadro 18, se muestran los valores obtenidos en el índice de calidad de Dickson por tratamiento para las cuatro evaluaciones realizadas. Se observa que los valores del índice de Dickson presentan una tendencia similar entre los tratamientos durante las cuatro evaluaciones.

De acuerdo al Cuadro 6 (SÁEN *et al*., 2010), todos los tratamientos, en todas las evaluaciones presentaron calidades bajas en el índice de calidad de Dickson.

Cuadro 18. Índice de Dickson de las plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins por evaluaciones y tratamiento.

Trat / Eval.	1 eva.	2 eva.	3 eva.	4 eva.
T_0	0.01	0.04	0.07	0.10
T_1	0.01	0.04	0.06	0.10
T_2	0.02	0.05	0.11	0.13
T_3	0.01	0.04	0.07	0.11
T_4	0.01	0.04	0.08	0.12
T_5	0.02	0.05	0.12	0.17

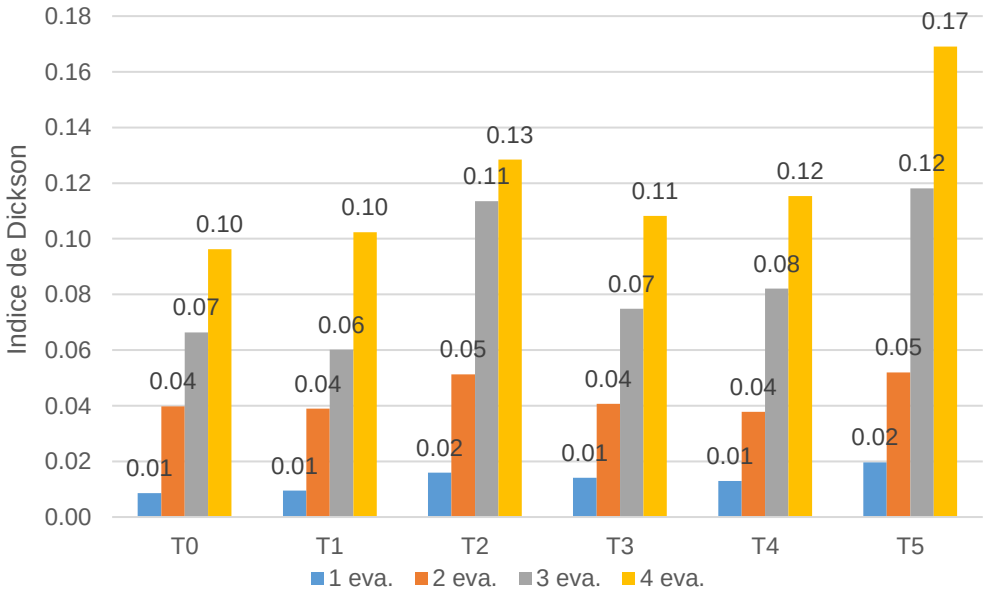

Figura 9. Índice de Dickson de las plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins.

En la Figura 10, se presenta la última evaluación del índice de Dickson muestra calidades bajas. Siendo, el tratamiento T_5 (0.17) fue el más cercano a la calidad media; seguidos de T_2 (0.13), T_4 (0.12), T_3 (0.11) y T_1 (0.10) y T_0 (0.10).

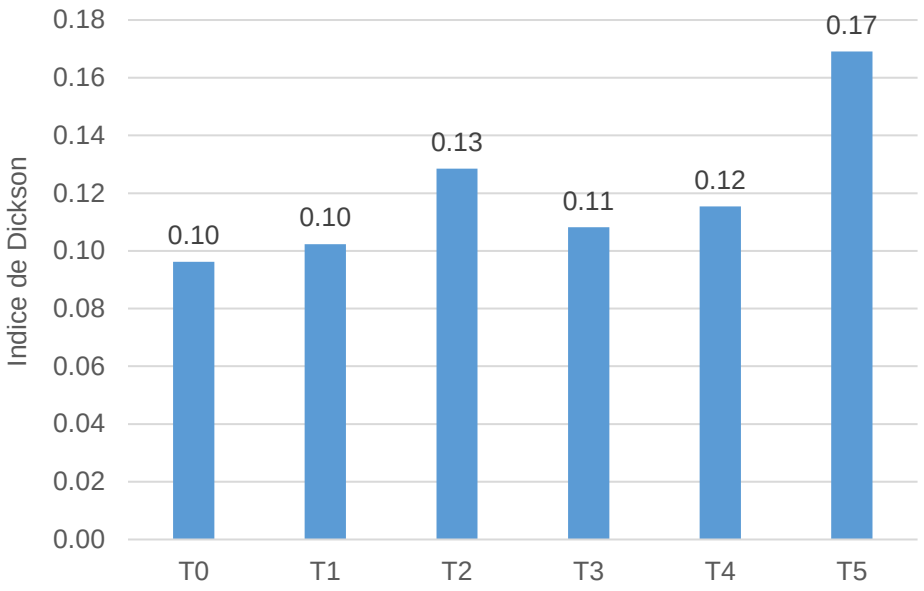

Figura 10. Índice de calidad de Dickson en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins en el último mes de evaluación.

4.4.3. Relación altura/longitud de raíz

En el Cuadro 19 se muestra los valores de la relación altura/longitud de raíz en las cuatro evaluaciones realizadas, se observa que lo valores similares entre los tratamientos de acuerdo a las evaluaciones realizadas.

De acuerdo al Cuadro 6 (SÁENZ *et al*., 2010); las dosis 0 ml (T_0), 1010 ml (T_2,) 1255 ml (T_4) y 1380 ml (T_5) (2.32, 2.32, 2.34 y 2.35) presentaron calidades medias en la primera evaluación. Sin embargo, en el resto de evaluaciones y tratamientos los valores de relación altura/longitud radicular presentaron calidades bajas

Cuadro 19. Relación altura/longitud de raíz en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins.

Trat / Eval.	1 eva.	2 eva.	3 eva.	4 eva.
T_0	2.32	2.47	3.13	4.28
T_1	2.54	3.00	3.05	4.25
T_2	2.32	2.73	3.33	4.23
T_3	2.80	3.03	2.81	3.85
T_4	2.34	2.91	3.22	3.96
T_5	2.35	2.51	3.60	4.05

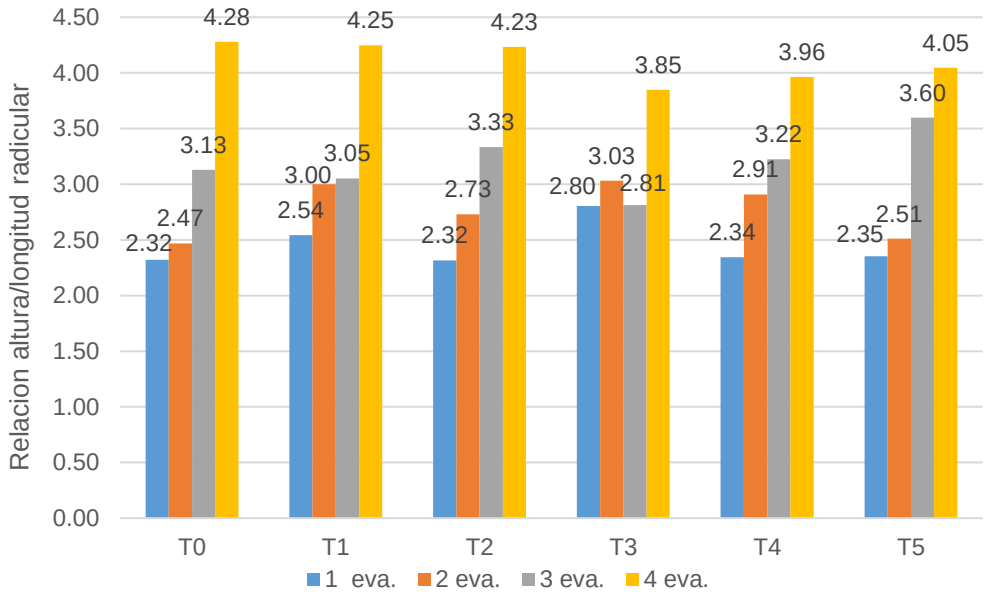

Figura 11. Relación Altura/Longitud radicular en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins.

En la Figura 12, se muestra la última evaluación respecto a la relación entre altura/longitud radicular, los tratamientos evaluados muestran calidades bajas.

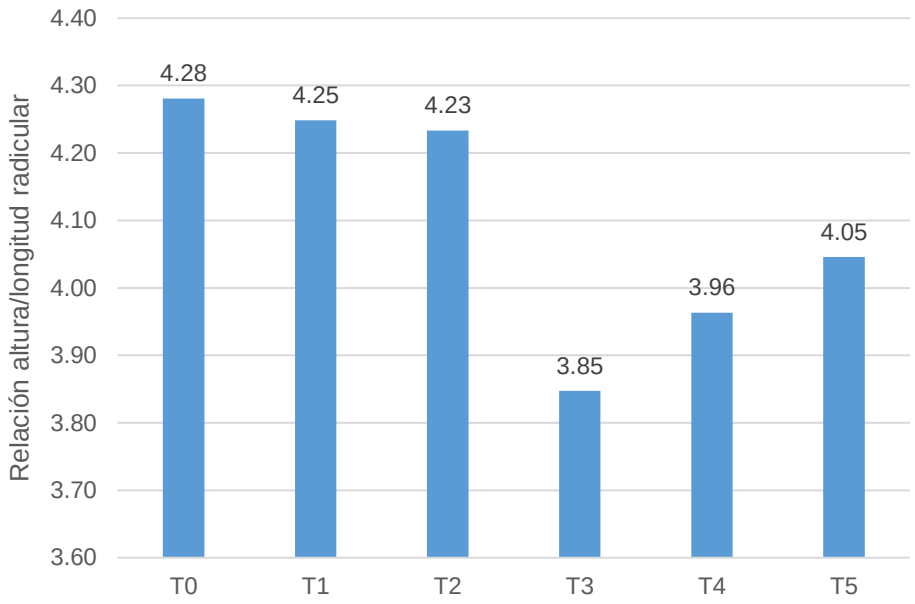

Figura 12. Relación altura/longitud radicular en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins en el último mes de evaluación.

V. DISCUCIÓN

5.1. Crecimiento en altura de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins

Después del cuarto mes de evaluación se confirma que, al utilizar Biofertilizantes enriquecedores del sustrato, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos con biofertilizantes (T_0, T_1, T_2, T_3, T_4 y T_5), resultando el tratamiento T_5 (1380 ml de dosis de biofertilizante) con mayor altura alcanzada en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins (48.52 cm) y siendo el tratamiento T_3 (1125 ml de dosis de biofertilizante) con el menor desarrollo en altura promedio (37.01 cm).

De estos resultados se desprende: La dosis de 1380 ml de biofertilizante (T_5) permite mayor crecimiento de altura en plantones de Shaina, esto debido a que contiene la dosis ideal (alta dosis de nitrógeno, potasio, fósforo y boro) para el óptimo crecimiento de las plantas en altura. Además, la especie de Shaina se adaptó al sustrato biofertilizado utilizado en el tiempo del experimento, permitiendo a la planta un buen desarrollo radicular, que a su vez le brinda mayor capacidad en la asimilación de los nutrientes de los biofertilizantes dosificados en los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento T_3 (1125 ml de dosis de biofertilizante) obtuvo el menor desarrollo de altura (37.01 cm); seguido del tratamiento testigo T_0 (38.62 cm) en el menor desarrollo de altura, esto debido a que este tratamiento no contiene ninguna dosis de biofertilización.

Al respecto, MEXAL y LANDIS (1990) sostienen que la altura del plantón es un buen predictor de la altura futura en campo, pero no para la supervivencia; este parámetro se ha utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad, aunque se considera insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad. BIRCHLER *et al*. (1998) por su parte, manifiestan que es fácil de medir, pero no es muy informativa por sí sola, ofrece sólo una somera aproximación del área fotosintetizante y transpirante e ignora la arquitectura del tallo. Trabajos de HERNANDEZ *et al*. (1994), CAÑIZARES *et al.*, (1992) y PAULINO y AZCON (1987) verifican que la inoculación de biofertilizantes en especies vegetales mejoran considerablemente el crecimiento y la nutrición de las plantas inoculadas.

5.2. Crecimiento en diámetro de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins

En plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins producidas con distintas dosis de biofertilización, después de 4 meses de evaluación se encontró diferencias significativas entre las dosis de biofertilizante (T_0, T_1, T_2, T_3, T_4 y T_5). Es así que el mayor diámetro de tallo lo obtuvieron plantones producidos con el tratamiento T_5 (1380 ml de dosis de biofertilizante) con 3.57 mm, mientras que plantones producidos con el tratamiento testigo (T_0) alcanzaron menor el diámetro 2.86 mm.

De los tratamientos en estudio: el tratamiento con dosis de 1380 ml de biofertilizante permite un mayor crecimiento en diámetro de los

plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins esto debido a la mayor concentración de N, K, P, B, Cu, Zn, Mg y Mn, convirtiéndose en el sustrato ideal para el desarrollo en diámetro. Siendo caso contrario el tratamiento testigo T_0 (sin dosis de biofertilización), el cual presentó el menor desarrollo de diámetro del tallo, debido a que el sustrato no fue enriquecido con dosis de biofertilizantes influyendo directamente en el poco desarrollo de plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins.

Por su parte, Cleary *et al*. (1978) y Thompson (1984), citados por GARCÍA (2007) sostienen que el diámetro es una medida de la robustez de la planta y se ha considerado como el mejor predictor individual del crecimiento y la supervivencia en campo. Sobre el tema, PRIETO *et al*. (2003) y PRIETO *et al*. (2009), afirman que el diámetro del cuello de la raíz o diámetro basal es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de la planta en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantones con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a la especie. Los valores de diámetro alcanzados por el tratamiento T_5 fue el más significativo (3.57 mm), teniendo un valor más cercano a 5 mm, siendo un buen indicador de su futura supervivencia en campo definitivo.

Asimismo, MEXAL y LANDIS (1990) indican que una supervivencia alta (> 80%), se logra cuando los plantones tienen de 5 a 6 mm de diámetro, de esta afirmación, se desprende que en todos los tratamientos

(T_0, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5) los plantones producidos de *Colubrina glandulosa* Perkins, no nos puede garantizar una supervivencia > al 80%.

Resultados similares se obtuvieron por parte de MENDOZA (1996), QUEVEDO (1994) y MANAYALLE (1995), quienes en la aplicación de distintas dosis de abonos orgánicos en plantas de bolaina y capirona, obtuvieron mayor desarrollo de diámetro y altura con la mayor concentración de abono orgánico en comparación con el tratamiento testigo. Aquí radica la importancia de enriquecer los suelos con biofertilizantes y abonos orgánicos, ya que influyen positivamente en el desarrollo y producción de plantones, en comparación con los métodos de producción tradicionales (Sustrato vivero: tierra, arena, aserrín) quienes tienen menor desempeño en el crecimiento de dichas plantas a producir. Tal como lo asegura CALVO-ALVARADO *et al*. (2008) en un ensayo para evaluar el efecto de cinco sustratos en el crecimiento de tres especies forestales, concluyeron que suelos mejorados con macro y microelementos tienen mejores tasas de crecimiento.

5.3. Biomasa de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins

Con respecto a la biomasa de la parte aérea, se encontró que los resultados fueron significativos ($\alpha = 0.05$). mostrándose en el ANVA la significancia entre los tratamientos. Mediante la prueba Duncan se encontró que, el tratamiento con mayor dosis de biofertilizante (T_5), tuvo un mayor incremento de la biomasa aérea (1.476), siendo este el tratamiento con mayor significancia frente a los demás; seguido a este tratamiento está el T_2, T_4, T_0 y T_1 (1010 ml, 1255 ml, sin dosis y 1010 ml de biofertilizante, respectivamente)

(1.299 g, 1.124 g, 1.056 g y 1.016 g, respectivamente), por último, el tratamiento que gano menor biomasa fue el T_3 (0.923). Sin embargo, este mismo resultado no se refleja en la biomasa de la sección radicular; en el cual no se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos en el ANVA. Contrariamente en prueba de Duncan para la biomasa de la sección radicular se encontró diferencias a $\alpha = 0.05$, siendo el tratamiento con mayor dosis de biofertilizante (T_5) el que mayor biomasa radicular alcanzó (0.808 g), seguido a éste están los tratamientos T_2, T_4, T_3, T_1 (0.632 g, 0.538 g, 0.516 g, 0.511 g respectivamente), por último, el que menor biomasa radicular alcanzó fue el tratamiento testigo T_0 (0.447 g).

En ambos casos, la mayor biomasa acumulada, tanto aérea como radicular, lo obtuvo el tratamiento T_5, debido a que éste fue el que mayor dosis de biofertilizante tuvo, esto conllevó a la mayor cantidad de nutrientes disponibles para las plantas. Sin embargo, la menor biomasa de la sección aérea lo obtuvieron los tratamientos T_1 y T_3 con 1.016 g y 0.923 g respectivamente; contrariamente al T_0 que fue superior a ellos. La biomasa de la sección radicular fue el tratamiento testigo T_0 el que menor biomasa acumuló, esto debido a que no se le dosificó alguna dosis de biofertilizante, por ende, tuvo menor desarrollo en biomasa frente a los demás tratamientos. Estos resultados de biomasa fueron variables entre tratamientos, lo cual contrastan con PARDE (1980), el cuál afirma que la biomasa aérea presenta una mayor variación, sobre todo en los primeros meses de edad, hasta estabilizarse.

ARTEAGA *et al*. (2003) determinaron la influencia del sustrato y la fertilización sobre el crecimiento de *Pinus durangenesis* Martinez, demuestran

que la fertilización tiene un efecto estadísticamente significativo para el crecimiento en diámetro del tallo de la planta, en el peso seco y en la relación parte aérea/parte radicular. El presente estudio ha tenido un efecto estadísticamente significativo para todas las variables analizadas; la cual se vio reflejada en las plántulas de *Colubrina glandulosa* Perkins, donde el tratamiento con mayor dosis de biofertilizante T_5 (1380 ml de biofertilizante), alcanzaron niveles de 1.476 g y 0.808 g de biomasa aérea y radicular respectivamente, promedio por planta a los cuatro meses de evaluados.

El incremento de biomasa en las plantas se ve favorable al incrementarse las variables de diámetro y altura, ALVARADO (2001), en una la plantación de Pashaco (*Schizolobium parahybum)*, aplicó el abono orgánico humus de lombriz a las plantas (T_0 = 0 kg, T_1 = 1 kg, T_2 = 2 kg y T_3 =3 kg), los resultados determinaron que las plantas aplicadas humus, fueron superiores a las plantas que no recibieron la dosis, demostrando con esto la factibilidad de realizar plantaciones forestales de Pashaco (*Schizolobium parahybum*) con enriquecimiento del suelo para mejor productividad; TRINIDAD (2000) afirma que no en vano, los abonos orgánicos están considerados universales por el hecho que aportan casi todos los nutrimentos que las plantas necesitan para su desarrollo.

THOMPSON (1985), VERA (1995), MEXAL y LANDIS (1990), refieren que el peso (biomasa aérea y radical) de la planta tiene alta correlación con la supervivencia en campo, con la misma consistencia que el diámetro del tallo o cuello de la raíz. También, el diámetro está fuertemente correlacionado con el peso de la parte aérea y del sistema radical. El peso seco es un

indicador efectivo cuando se relaciona el peso seco de la parte aérea con el peso seco del sistema radical.

5.4. Índices de calidad de *Colubrina glandulosa* Perkins

Al cuarto mes después del repique y de acuerdo a SÁENZ *et al.* (2010), los tratamientos T_0 (13.25), T_1 (12.92), T_2 (12.98), T_3 (11.51), T_4 (12.31) y T_5 (11.68), presentaron calidad baja.

RODRÍGUEZ (2008) sostiene que el índice de robustez es la relación entre la altura del brinzal (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm), debiendo ser menor a seis; asimismo afirma que es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos. El menor valor indica que se trata de plantones más bajos y gruesos, aptos para sitios con limitación de humedad; mientras valores superiores a seis los dispone a los daños por viento, sequía y helada.

Sobre el tema, PRIETO *et al*. (2003) y PRIETO *et al*. (2009), indican que valores más bajos están asociados a una mejor calidad de la planta lo cual indica que es más robusta y con tallo vigoroso; en cambio valores altos indican una desproporción entre el crecimiento en altura y diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados. Esto evidencia el hecho de que en el experimento los plantones producidos con tubetes, contrariamente a los parámetros altura y diámetro, son los que mejor calidad en índice de robustez obtuvieron (la totalidad de tratamientos), lo cual explica que pese a

tener menor crecimiento respecto a los producidos en bolsas, los tallos crecieron proporcionalmente a sus diámetros (no sufrieron elongación). Siendo caso contrario, en plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins producidos en esta investigación, ya que no se observa el mismo resultado, debido a que existió una desproporción de altura – diámetro, observándose el exceso de elongación del tallo frente a un menor desarrollo del diámetro del tallo.

Junto con la altura y el diámetro del cuello del tallo, la robustez se considera una característica que influye en el desempeño temprano de la plantación. Bajo condiciones favorables, la planta de mayor tamaño generalmente crece mejor que planta más pequeña; sin embargo, una planta más grande no sobrevive tan bien como la de menor tamaño (Burdett, 1983; Thompson, 1984; Iverson, 1984 y Ritchie, 1984; citados por GARCÍA, 2007).

En el índice de calidad de Dickson (ICD), y de acuerdo a SÁENZ *et al.* (2010), se obtuvieron en los tratamientos T_0 (0.10), T_1 (0.10), T_2 (0.13), T_3 (0.11), T_4 (0.12) y T_5 (0.17), valores de calidades bajas en este índice.

Estudios realizados con diferentes especies de coníferas, como *Pinus halepensis*, indican que se obtuvieron valores de ICD entre 0.3 y 0.5 de acuerdo a la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización (OLIET, 1995). En abeto y pino, Hunt (1990), citado por GARCÍA (2007) determinó un ICD inferior a 0.15, lo que podría significar problemas en el establecimiento en campo, por lo que se recomienda un valor de ICD de 0.2 como mínimo, para contenedores de hasta 60 ml, basado en resultados de plantaciones. La especie *Colubrina glandulosa* Perkins aun no siendo una especie similar, y al

presentar calidad baja en el ICD, claro está la desproporción en los valores de altura, diámetro y biomasa, y la posible poca supervivencia en campo definitivo.

Sobre el tema, COBAS *et al*. (2001) manifiestan que el ICD se ha empleado en especies de latifoliadas, como en *Hibiscus elatus* donde se obtuvieron valores hasta de 0.01 y también de 0.09 a 0.3 empleando el sustrato conformado con turba de musgo (25%), humus de lombriz (30%), estiércol de caballo (20%) y compost (25%) y aplicando dos riegos diarios en la especie estudiada sin fertilización.

Tomando en consideración estos resultados, podemos fácilmente inferir que en la investigación todos los tratamientos aún no están listos para campo definitivo, por lo que tendrían problemas en su establecimiento (supervivencia no garantizada) en campo, no siendo recomendable hacerlo. LEYVA *et al*. (2008) corrobora lo antes descrito, al indicar que en *Eucalyptus* los ICD que reflejaron mayores valores correspondieron con los mejores resultados en plantación (mayor al 86%), observándose una relación directa entre la supervivencia y el ICD.

Igualmente, en la relación altura/longitud de raíz, y de acuerdo a SÁENZ *et al.* (2010), los tratamientos T_0 (4.28), T_1 (4.25), T_2 (4.23), T_3 (3.85), T_4 (3.96) y T_5 (4.05) presentaron calidades bajas en esta relación.

El desarrollo del sistema radical depende del agua que contenga el sustrato, lo que determina su crecimiento y desarrollo. Si una planta recibe agua en abundancia no estimulará demasiado el crecimiento de la raíz, pero si

el agua escasea, será necesario que la planta tenga un sistema radical amplio para que sobreviva (LEYVA, *et al*., 2008).

La inducción de un estrés hídrico moderado al final del periodo vegetativo, detiene el crecimiento en altura, mientras que el diámetro del cuello de la raíz continúa creciendo, debido probablemente al crecimiento radical (LEYVA *et al*., 2008). contrariamente al sitio donde se produjo plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins en el cual se suministró el agua regando diariamente a todos los plantones de los tratamientos en estudio, el cual indujo al poco desarrollo de elongación de la raíz para la obtención de agua necesaria para su metabolismo.

SÁENZ *et al*. (2010) determino la relación altura / longitud de raíz, en especies del genero Pino en viveros de clima templado en Michoacan, encontrando en especies de crecimiento normal y ciclo anual un 92% de alta calidad y 8 % de calidad baja, y en especies de crecimiento cespitoso un 100% de calidad alta. Encontrándose la presente investigación, aun no siendo de la misma especie, resultados con valores contrarios, debido a la desproporción entre el largo del tallo y la longitud radicular, en todos los tratamientos estudiados

De acuerdo con Prieto *et al*., (2003), éste indicador predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de las plantas, por lo tanto, se tendrían bajas tasas de supervivencia en las plantaciones principalmente con la planta de mantenimiento.

VI. CONCLUSIONES

- En la producción de plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins, el mayor crecimiento en altura y diámetro, se obtuvo con la dosis de 1380 ml de biofertilizante (T_5) el cual alcanzó una altura total promedio de 48.52 cm y un diámetro final de 3.57 mm, siendo este tratamiento estadísticamente significativo, frente a los demás.
- En plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins, el tratamiento que produjo mayores valores de biomasa seca aérea y biomasa seca radicular, fue el tratamiento con la dosis de 1380 ml biofertilizante (T_5) con 1.476 g y 0.808 g, representando estadísticamente alta significación frente a los demás tratamientos
- Todos los tratamientos presentaron calidades bajas en los índices y relaciones de calidad, siendo la dosis de 1380 ml de biofertilizante (T_5) el que mejor calidad tuvo entre estos rangos, 11.68 en el índice de robustez, 0.17 en el índice de Dickson y 4.05 en la relación altura/longitud radicular.

VII. RECOMENDACIONES

- En la producción de plantones de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins) a nivel de vivero, emplear la dosis de 1380 ml de biofertilización diluidas en 5 L de agua para obtener mejores plantones.
- En investigaciones al cual se enriquece el sustrato, se debe realizar el análisis foliar para determinar la absorción de nutrientes por las plantas, la cual nos da una comparación más relevante de los efectos nutricionales del abono y/o la fertilización.
- Ejecutar investigaciones similares en condiciones climáticas distintas, ya que el presente experimento se ejecutó en época de invierno, pudiendo obtenerse resultados distintos en época de verano.
- Producir plantones de otras especies forestales con la misma dosis de biofertilizantes, ya que será factible la producción de plantones en menor tiempo y de buena calidad.
- Propiciar e incentivar la continuidad de investigaciones en esta línea, experimentando en distintas especies forestales de la zona.

BIOFERTILIZATION WITH EFFICIENT MICROORGANISMS AND MIXTURE OF PHOSPHORUS, BORO, COPPER AND ZINC IN SEEDLINGS OF SHAINA (*Colubrina glandulosa* Perkins)

VIII. ABSTRACT

The low quality, mortality in the final field and the prolonged time to produce seedlings in nursery, due to the poor production and non-fertilization of seedlings in nursery, reason for which the present research was carried out with the objective of determining the optimum dosage of biofertilization in the initial growth of Shaina plants (Colubrina glandulosa Perkins), in nursery stage. It was developed in the Forest Nursery and in the Laboratory of Certification of Forest Seeds of the National Agrarian University of the Jungle, Tingo María. As biological material we used Shaina plants, and as biofertilizers, four mixtures of efficient microorganisms, buttermilk, molasses and green material (N – K, P - B, Cu - Zn, Mg - Mn). Four doses of biofertilizer and one control treatment (T_0), 890 ml of biofertilizer dose (T_1), 1010 ml of biofertilizer dose (T_2), 1125 ml of biofertilizer dose (T_3), 1255 ml of biofertilizer dose (T_4) and 1380 ml of biofertilizer dose (T_5). We used the completely randomized design (DCA), with 6 treatments and 3 replicates, ANVA and the Duncan test (α: 0.05) for the studied variables: height, diameter and biomass; In addition, the robustness index, Dickson quality index and root height / length ratio. The highest growth in height and diameter was obtained by the treatment with greater dosage of biofertilizer

T_5, with 48.52 cm and 3.57 mm respectively. In the accumulation of aerial dry biomass and the biomass was radicular drying, it was the T_5 treatment that recorded the highest biomass in both cases with 1.476 g and 0.808 g respectively. In the quality indexes, all the treatments presented low quality, however, the T_5 treatment was the one that had the best quality among these treatments, having 11.68 in the Robustness Index, 0.17 for the Dickson Quality Index and 4.05 Ratio of height / root length.

Keywords: *Shaina*, biofertilization, production, microorganisms, seedlings, treatment.

IX. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ACUÑA, O. 2003. El uso de biofertilizantes en la agricultura. Centro de Investigaciones Agronómicas. Costa Rica. [En línea]: UNEP, (http://cep.unep.org/repcar/capacitacion-y-concienciacion/cenat/biofertilizantes.pdf, 12 de abril de 2016).

ALVARADO, L.C. 2001. Incremento de altura y diámetro de Shizolobium parahybum (pashaco) en el periodo de repoblación utilizando diferentes dosis de humus de lombriz en la comunidad de Nina Rumi Iquitos - Perú. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE ZINC, 2008. El Zinc en los Fertilizantes. LATIZA. Documento técnico. [En línea]: LATIZA, (http://latiza.com/archivos_publicar/Brochure%20Zinc%20en%20los%20fertilizantes.pdf, documento, 14 de marzo de 2016).

ARTEAGA, B.; LEON, S.; AMADOR, C. 2003. Efecto de la Mezcla de Sustratos y Fertilización sobre el Crecimiento de Pinus durangensis Martinez en Vivero. Universidad Veracruzana, Recursos Genética Forestales. Foresta Veracruzana. Xalapa, México. 8 p.

BARCELÓ C., NICOLÁS R., SABATER G., SÁNCHEZ T. 1995. Nutrición mineral. En: Fisiología vegetal. 7 ed. Ediciones Pirámide S.A., Madrid, p 151-167.

BASÁN Y., HOLGUÍN, G. 1998. Propuesta de la división de la planta al crecimiento promoviendo rizobacterias en dos clasificaciones: biocontrol PGPB (promotora del crecimiento vegetal bacterias) y PGPB. Biol suelo. Bioquímica Vol. 30. México., p. 1225-1228.

BIRCHLER, T., ROSE R.W., ROYO A., PARDOS M. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, Oregon State University, Oregon. EE.UU y Universidad Politécnica de Madrid, España. 7:109-121.

BLODNICK, E. 2016. La función del cobre en el cultivo de plantas. PROMIX. Boletín digital. [En línea]: PROMIX (http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-cobre-en-el-cultivo-de-plantas/, 12 de febreo de 2016).

CAÑIZARES, E., GARCÍA, M., ASCUY, J., NARDO, A., SOSA, J., HERRERA, R. 1992. Efecto de la inoculación de hongos micorrizógenos vesículo-arbusculares (MVA) y otros biofertilizantes sobre el crecimiento de plántulas de cítricos (*Citrus volkameriana*). Programa y Resúmenes VIII Seminario Científico. I Taller Internacional sobre Biofertilización en los Trópicos. INCA. La Habana, Cuba. p. 39.

CASTILLO, M.C. 2001. Influencia de la calidad de Pinus pseudostrobus en sobrevivencia y crecimiento de un ensayo de reforestación en Iturbide, N. L. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 87 p.

CATIE, T. 2000. Manejo Silvicultural de la especie de Shaina. *Colubrina glandulosa* Perkins, en la Amazonía peruana. Pucallpa. 63 p.

CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS (CIA). 2002 Fertilización foliar: Principios y aplicaciones. Universidad de Costa Rica. Memorias. Costa Rica. 145 p.

COBAS, L.M., CASTILLO M.I., GONZÁLEZ I.E. 2001. Comportamiento de diferentes parámetros morfológicos en la calidad de la planta de *Hibiscus elatus*, cultivada en viveros sobre tubetes en la provincia de Pinar del Río. Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Vol. 3. Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río 20 100, Cuba. 4 p.

CONFEDERACIÓN DE FEDERACIONES DE LA REFORMA AGRARIA SALVADOREÑA (CONFRAS). 2014. Programa de Campesino a Campesino – PCAC (s.f) Preparando y usando biofertilizantes orgánicos. [En línea]: CONFRAS http://coopcoffees.com/for-producers/documentation/agriculture/biofertilizantes.pdf. doc el 12 de enero del 2016).

COSTA, N., PAULINO, V. 1990. Respuesta de la Leucaena en Individual y inoculación combinada con *Rhizobium* y micorrizas. Reporte de Investigación. Vol. 11 N° 45 México.

CRONQUIST, A. 1981. Un sistema integrado de clasificación de las Angiospermas. Ed Columbia University Press. 1062 p.

DICKSON, A., LEAF, A.L., HOSNER, J.F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. The Forestry Chronicle 36:10-13.

DOMÍNGUEZ, L.S., HERRERO, S.N, CARRASCO, M.I., OCAÑA B.L., PEÑUELAS, R.J.L. 1997. Ensayo de diferentes tipos de contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Pinus pinea*: resultados de vivero. In: Actas del II Congreso Forestal Español. Puertas F., y Rivas M. (eds.). Pamplona. Mesa 3:189-194.

FLORES, F. 2002. Manual Técnico de Plantaciones Forestales. Cajamarca, Perú. 120 p.

FERRERA - CERRATO, R., VILLERIAS, S. 1984. Efectos de *Glomus* - *Rhizobium* dobles inoculación sobre el crecimiento de *Eysenthardtia polyatachya*. La fijación de nitrógeno Árbol. Reportes de investigación. Vol. 02 N° 15, 60 p.

GALUSSER, S. 2010. Abonos con microorganismos de montaña: un éxito en Perú. [En línea]: VOENSAMERICA (http://volensamerica.org/Abonos-enriquecidos-con.html?lang=es, documento, 28 Ene. 2018).

GARCÍA, M.A. 2006. Importancia de la calidad del plantín forestal. In: XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. 10 p. In: http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/ contenido/pdf/2007/312.II. GARCIA. pdf.

GARCÍA, M.J.J. 2007. Guía para el establecimiento de plantaciones de pinos a raíz desnuda en Michoacán. Boletín Técnico Núm. 3. Vol. 1. C. E. Uruapan. CIRPAC. INIFAP. SAGARPA-COFOM. Uruapan, Mich. 39 p.

GARCIA-TRUJILLO, R. 1993. Tendencias mundiales de la Agricultura Orgánica. Conferencias y Mesas Redondas. Primer Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. ISCAH, La Habana, Cuba. 154 p.

GONZÁLEZ, M. 1993. Estudio del efecto de diferentes regimenes de acondicionamiento de plantas de *Nothofagus alpina* 1/0 a raíz denuda. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 117 p.

GONZÁLES, M. 2007. Crecimiento de plantas de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst 1 / 0 producidas en contenedor en función de dosis de fertirriego. Tesis Ing Forestal. Universidad Austral de Chile.

GOMES, J.M., COUTO L., LEITE H.G., XAVIER A., GARCÍA S.L.R. 2002. Parâmetros morfológicas na avaliação da qualidade de Mudas de Eucalyptus grandis. Rev. Árvore 26 (6):655-664.

GUZMAN - PLAZOLA, R., FERRERA - CERRATO, R., ETCHEVERS. J. 1988. *Leucaena leucocephala*, una planta de alta micorricidad y la dependencia en los suelos ácidos. Reportes de investigación N° 969. México.

HERNANDEZ, M., PEREIRA, M., TANG, M. 1994. Utilización de los microorganismos biofertilizantes en los cultivos tropicales. Pastos y Forrajes, Vol. 17, N° 3, Cuba. 183 p.

HERRERA, Y. 2002. Estudio de la especie forestal de Shaina. *C. glandulosa* Perkins. Afiche en Revista Forestal Centroamericana Oct-Dic 1997, nº 21. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

ISTA, P. 2002. Normas Internacionales para los Ensayos de Semillas Manual para Ensayos de germinación de Semillas Forestales. Turrialba, Costa Rica. Manual Técnico. 128 p.

KIRKBY, E., VOLKER, R. 2007. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad. Sociedad Internacional de Fertilización. Reino Unido. 325 p.

LARREA, A. 2007. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de combinaciones agroforestales de *Theobroma cacao* L. & determinación de la ecuación alométrica para el cacao. Tesis Ingeniera Ambiental. LIMA, Perú. UNALM. 146 p.

LEBLANC, H. y TABORA, P. 2000. Abono orgánico fermentado (BOKASHI). Tecnología tradicional adaptada para una agricultura sostenible y un manejo de desechos modernos. Guacino, Limón, Costa Rica. Primera edición. 25 p.

LEYVA, R.F., ROSELL P.R., RAMÍREZ R.A., ROMERO R. I. 2008. Manejo de endurecimiento por riego para elevar la calidad de las plantas de *Eucalyptus sp*. cultivadas en vivero de la Unidad Silvícola Campechuela. Universidad de Granma. Central del Batey. Campechuela. Granma. Cuba. 14 p.

MARSCHNER, H. 1998. Nutrición Mineral de las plantas superiores. Ed. Prensa académica, San Diego USA. 889 p.

MEJIA, G. 1995. Agricultura para la vida. Movimientos alternativos frente a la agricultura química. Documento técnico. Cali Colombia. 252 p.

MEXAL, J.G., LANDIS T.D. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: Target seedlings symposium. Gen. Tech. Rep. USDA Forests. 13:105-119.

MOLINA, E. 1999. Fertilización y nutrición de naranja en Costa Rica, In Congreso Agronómico Nacional XI, Colegio de Ingenieros Agrónomos, UNED, San José, Costa Rica, Vol. III, p. 291- 304.

MILTHORPE, M., MOORBY, R. 1982. Estudios realizados en porcentaje de germinación de *Colubrina glandulosa*. CATIE. Costa Rica. 128 p.

PAULINO, V., AZCÓN, R. 1987 respuesta de *Centrosema pubescens* Benth. a la inoculación de micorrizas vesiculares arbusculares de y microorganismos solubilizadores de fosfato en medio con roca fosfórica. Revista Brasileña Vol. 11: p. 263.

PRIETO, R.J.A., VERA C.G., MERLÍN B.E. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAPSAGARPA. Durango, Dgo. México. 24 p.

PRIETO, R.J.A., GARCÍA R.J.L., MEJÍA B.J.M., HUCHÍN A.S., AGUILAR V.J.L. 2009. Producción de plantones del género Pinus en vivero en clima

templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo. México. 48 p.

PRIETO R.J.A., VERA C.G., MERLÍN B.E. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación. Folleto técnico número 12. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP-SAGAR. Durango, Dgo. 23 p.

QUIROZ, M.I., FLORES, M.L., PINCHEIRA, B.M., VILLARROEL, M.A. 2001. Manual de viverización y plantación de especies nativas. Instituto Forestal. Valdivia, Chile. 160 p.

REUTER, S. 1991. Manual de Manejo Forestal, Proyectos de Bosques Latifoliados - Heliófitos de selva Baja. 124 p.

RODRÍGUEZ, T.D.A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156 p.

ROYO, A., FERNÁNDEZ, M., GIL, L., GONZÁLEZ, E., PUELLES, A., RUANO, R., PARDOS, J.A. 1997. Calidad de plantones de vivero de *Pinus halepensis* Mill. destinada a repoblación forestal. Tres años de resultados en la comunidad valenciana. Montes. 50:29-39.

SÁENZ, J., VILLASEÑOR, F., MUÑOZ, H., RUEDA, A., PRIETO, J. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Uruapan, México. 54 p.

SECRETARIA DE AGRICULTURA GANADERIA DESARROLLO RURAL PESCA Y ALIMENTACIÓN (SAGARPA). 2015. Manual teórico-práctico Los Biofertilizantes y su uso en la Agricultura. SAGARPA-COFUPRO-UNAM. [En línea]: Bioenergeticos, (http://www.bioenergeticos.gob.mx/wp-content/uploads/2015/06/Manual.-Los-biofertilizantes-y-su-uso-en-la-agricultura.pdf, 22 de mayo de 2016).

TERRY, A. 2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Revista Colombiana biotecnología Vol. VII N°2. Colombia. 60 p.

THOMPSON, B. 1985. Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking. In: Evaluating seeling quality: principles, procedures and predective abilities of major test. M. L. Durges. Forest Research Laboratory. Oregon State University. p. 59-65.

UGARTE, W. 1997. Manual sobre el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones maderables para la amazonia peruana. Manual técnico. Perú. 56 p.

VERA, C. 1995. La influencia de los antidesicanticos en el rendimiento del campo y la fisiología de las plantas de Pino ponderosa (Pinus ponderosa Dougl.). Ph.D. Dissertation. Oregon State University. Corvallis, OR, USA. 133 p.

VILLAR, S.P., DOMÍNGUEZ, S.L., PEÑUELAS, R.J.L., CARRASCO, M.I., HERRERO, S.N., PERAGÓN, J.L., OCAÑA, B.L. 2000. Plantones

grandes y mejor nutridas de *Pinus pinea* tienen mejor desarrollo en campo. In: Actas del 1er Simposio sobre pino piñonero. Junta de Castilla y León (ed.). Valladolid, España. Tomo 1:219-227.

VILLAR, S.P., PLANELLES, R. ENRÍQUEZ, E., PEÑUELAS, R.J.L., ZAZO, M.J. 2001. Influencia de la fertilización y el sombreo en el vivero sobre la calidad de plantones de *Quercus ilex* L. y su desarrollo en campo. Actas del III Congreso Forestal Español. Junta de Andalucía (ed.). Consejería de Medio Ambiente. Granada, España. Mesa 3:770-776.

VILLAR, S.P., OCAÑA, B.L., PEÑUELAS, R.J.L., CARRASCO, M.I., DOMÍNGUEZ, L.S. 1997. Efecto de diferentes niveles de endurecimiento por estrés hídrico en el contenido de nutrientes y la resistencia a la desecación de plántulas de Pinus halepensis L. In: Actas del II Congreso Forestal Español. p. 673-678.

VIQUEZ, W.; MONTERO, M. 2009. Microorganismo de Montaña. [En línea]: INFOAGRO, (http://www.infoagro.go.cr/hojasi/Brunca/Potrero/Grande .pdf. documento, 01 Abr. 2017).

VOLENS. 2009. Abonos con microorganismos de montaña: un éxito en Perú. Tarapoto, Perú. [En línea]: Volens, (http://volensamerica.org/Abonos-enriquecidos-con.html?lang=es, documentos, 28 Jul 2017).

WELCH, R. 1995. Nutrición por micronutrientes en las plantas. Opiniones críticas, ciencia de las plantas vol. 14, N°1, p. 49-82.

WINDSOR, H.; DUNNE, K. 1997. Árboles útiles de la amazonia peruana; Ecología y propagación de especies. Madre de Dios, Perú. 125 p.

YAMADA, T. 2000. Boro: ¿será que estamos aplicando la dosis suficiente para un adecuado desenvolvimiento de las plantas? POTAFOS: Revista Informaciones Agronómicas Vol. I N° 90: p.1-5.

X. ANEXOS

Anexo 1. Datos registrados en campo y gabinete

Cuadro 20. Alturas promedio correspondiente a la primera evaluación

Tratamientos	R1	R2	R3	Promedio
T0	7.48	7.1	7.4	7.33
T1	6.84	7.44	7.36	7.21
T2	7.18	7.18	6.73	7.03
T3	7.65	8.28	7.38	7.77
T4	7.72	6.81	7.09	7.21
T5	8.46	7.95	7.22	7.88

Cuadro 21. Alturas promedio correspondiente a la segunda evaluación

Tratamientos	R1	R2	R3	Promedio
T0	10.06	10.27	10.46	10.26
T1	9.39	9.73	9.48	9.53
T2	10.18	9.46	9	9.55
T3	9.53	10.59	9.17	9.76
T4	10.25	8.79	9.57	9.54
T5	10.94	11.12	9.87	10.64

Cuadro 22. Alturas promedio correspondiente a la tercera evaluación

Tratamientos	R1	R2	R3	Promedio
T0	15.11	21.62	22.18	19.64
T1	16.88	22.67	20.70	20.08

T2	22.16	22.72	21.64	22.17
T3	17.64	18.39	19.16	18.40
T4	24.02	19.42	21.80	21.75
T5	25.95	30.69	23.37	26.67

Cuadro 23. Alturas promedio correspondiente a la cuarta evaluación

Tratamientos	R1	R2	R3	Promedio
T0	36.00	39.79	40.08	38.62
T1	32.94	43.78	39.81	38.84
T2	43.25	43.93	47.39	44.86
T3	38.07	33.28	39.67	37.01
T4	33.57	39.00	45.67	39.41
T5	49.00	47.83	48.72	48.52

Cuadro 24. ANVA de alturas promedio en la primera evaluación

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F calc.	F tab.
Tratamientos	5	1.7356	0.3471	2.0167	3.106
Error	12	2.0655	0.1721		
Total	17	3.801			

C.V % 5.60312798

Cuadro 25. ANVA de alturas promedio en la segunda evaluación

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F calc.	F tab.
Tratamientos	5	3.2772	0.6554	2.0063	3.106
Error	12	3.9202	0.3267		

Total	17	7.1974			
	C.V %	5.78453941			

Cuadro 26. ANVA de alturas promedio en la tercera evaluación

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F calc.	F tab.
Tratamientos	5	127.0152	25.403	3.4594	3.106
Error	12	88.1171	7.3431		
Total	17	215.1324			
	C.V %	12.6325908			

Cuadro 27. ANVA de alturas promedio en la cuarta evaluación

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F calc.	F tab.
Tratamientos	5	299.6206	59.9241	4.0696	3.106
Error	12	176.697	14.7248		
Total	17	476.3176			
	C.V %	9.31165643			

Cuadro 28. Diámetros promedio correspondientes a la primera evaluación

Tratamientos	R1	R2	R3	Promedio
T0	0.95	0.95	0.99	0.96
T1	0.96	0.94	0.92	0.94
T2	0.99	1.03	1.07	1.03
T3	0.98	0.95	1.04	0.99
T4	1.06	1.01	1.00	1.02
T5	1.00	0.99	0.91	0.97

Cuadro 29. Diámetros promedio correspondientes a la segunda evaluación

Tratamientos	R1	R2	R3	Promedio
T0	1.09	1.21	1.28	1.19
T1	1.06	1.2	1.13	1.13
T2	1.1	1.17	1.08	1.12
T3	1.2	1.18	1.2	1.19
T4	1.21	1.08	1.18	1.16
T5	1.18	1.3	1.25	1.24

Cuadro 30. Diámetros promedio correspondientes a la tercera evaluación

Tratamientos	R1	R2	R3	Promedio
T0	1.83	1.93	2.01	1.92
T1	1.62	2.12	2.18	1.97
T2	2.37	2.24	2.12	2.24
T3	2.11	2.01	1.99	2.04
T4	2.20	2.11	2.14	2.15
T5	2.28	2.73	2.11	2.37

Cuadro 31. Diámetros promedio correspondientes a la cuarta evaluación

Tratamientos	R1	R2	R3	Promedio
T0	2.99	2.71	2.88	2.86
T1	2.79	3.01	3.16	2.99
T2	3.43	3.03	3.30	3.25
T3	3.23	3.15	3.09	3.16
T4	2.77	3.20	3.19	3.05
T5	3.53	3.23	3.94	3.57

Cuadro 32. ANVA de diámetros promedio en la primera evaluación

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F calc.	F tab.
Tratamientos	5	0.019	0.0038	2.8214	3.106
Error	12	0.0162	0.0014		
Total	17	0.0352			

C.V % 3.80078064

Cuadro 33. ANVA de diámetros promedio en la segunda evaluación

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F calc.	F tab.
Tratamientos	5	0.0332	0.0066	1.6075	3.106
Error	12	0.0495	0.0041		
Total	17	0.0827			

C.V % 5.46289868

Cuadro 34. ANVA de diámetros promedio en la tercera evaluación

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F calc.	F tab.
Tratamientos	5	0.4421	0.0884	2.3352	3.106
Error	12	0.4543	0.0379		
Total	17	0.8964			

C.V % 9.19449409

Cuadro 35. ANVA de diámetros promedio en la cuarta evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F calc.	F tab.
Tratamientos	5	0.9131	0.1826	3.7997	3.106
Error	12	0.5767	0.0481		
Total	17	1.4898			

C.V % 6.97374226

Cuadro 36. Evaluación de biomasa correspondiente a la primera evaluación.

Trat.	N°	Diam.	Sección aérea			Sección radicular		
			fresco	seco	Long.	fresco	seco	Long.
T0	1	0.90	1.075	0.190	6.80	0.120	0.030	2.70
	2	0.95	0.636	0.023	7.60	0.018	0.002	3.50
	x	0.93	0.856	0.106	7.20	0.069	0.016	3.10
T1	1	0.90	0.969	0.144	7.10	0.102	0.025	2.50
	2	0.95	0.468	0.084	7.40	0.057	0.012	3.20
	x	0.93	0.718	0.114	7.25	0.079	0.019	2.85
T2	1	1.00	0.890	0.161	6.70	0.083	0.023	4.10
	2	1.05	1.820	0.203	7.20	0.136	0.034	1.90
	x	1.03	1.355	0.182	6.95	0.110	0.028	3.00
T3	1	0.95	0.567	0.099	8.20	0.099	0.025	2.70
	2	1.02	1.338	0.222	7.50	0.120	0.034	2.90
	x	0.99	0.952	0.160	7.85	0.110	0.029	2.80
T4	1	1.00	1.322	0.220	6.80	0.103	0.028	4.30
	2	1.05	0.707	0.125	7.50	0.058	0.016	1.80
	x	1.03	1.015	0.173	7.15	0.080	0.022	3.05
T5	1	0.95	0.792	0.025	8.60	0.094	0.081	4.90
	2	1.00	1.459	0.223	6.70	0.102	0.052	1.60
	x	0.98	1.126	0.124	7.65	0.098	0.067	3.25

Cuadro 37. Evaluación de biomasa correspondiente a la segunda evaluación.

Trat.	N°	Diam.	Sección aérea			Sección radicular		
			fresco	seco	Long.	fresco	seco	Long.
T0	1	1.25	1.522	0.831	10.08	0.491	0.078	3.80
	2	1.15	1.420	0.510	10.40	0.380	0.056	4.50
	x	1.20	1.471	0.671	10.24	0.436	0.067	4.15
T1	1	1.1	1.351	0.461	9.20	0.352	0.071	3.40
	2	1.1	1.628	0.591	9.70	0.389	0.082	2.90
	x	1.10	1.490	0.526	9.45	0.371	0.077	3.15
T2	1	1.15	2.827	0.791	10.00	0.690	0.098	3.60
	2	1.05	2.312	0.598	9.10	0.382	0.105	3.40
	x	1.10	2.570	0.695	9.55	0.536	0.102	3.50
T3	1	1.25	2.301	0.702	9.80	0.462	0.065	3.90
	2	1.15	1.233	0.562	9.60	0.381	0.073	2.50
	x	1.20	1.767	0.632	9.70	0.422	0.069	3.20
T4	1	1.15	1.680	0.321	8.80	0.521	0.065	3.50
	2	1.1	2.207	0.682	10.10	0.351	0.082	3.00
	x	1.13	1.944	0.502	9.45	0.436	0.074	3.25
T5	1	1.3	2.824	0.682	10.80	0.432	0.132	3.50
	2	1.2	1.799	0.721	9.80	0.520	0.065	4.70
	x	1.25	2.312	0.702	10.30	0.476	0.098	4.10

Cuadro 38. Evaluación de biomasa correspondiente a la tercera evaluación.

Trat.	N°	Diam.	Sección aérea			Sección radicular		
			fresco	seco	Long.	fresco	seco	Long.
T0	1	1.85	3.905	0.918	17.90	1.097	0.231	6.50
	2	2.00	2.871	0.782	20.90	1.340	0.096	5.90

	x	1.93	3.388	0.850	19.40	1.219	0.164	6.20
	1	2.15	2.961	0.486	21.30	1.115	0.192	7.00
T1	2	1.80	3.367	0.781	19.00	1.036	0.179	6.20
	x	1.98	3.164	0.634	20.15	1.076	0.186	6.60
	1	2.35	4.876	1.154	26.10	1.303	0.189	6.30
T2	2	2.10	5.891	1.468	18.90	1.468	0.437	7.20
	x	2.23	5.384	1.311	22.50	1.386	0.313	6.75
	1	1.85	2.971	0.781	16.50	0.983	0.340	6.20
T3	2	2.20	2.816	0.506	19.80	0.972	0.127	6.70
	x	2.03	2.894	0.644	18.15	0.978	0.234	6.45
	1	2.25	3.681	0.876	18.90	0.991	0.232	6.80
T4	2	2.10	2.794	1.009	24.30	1.137	0.211	6.60
	x	2.18	3.238	0.943	21.60	1.064	0.222	6.70
	1	2.60	6.518	1.357	30.10	1.792	0.311	7.30
T5	2	2.10	5.673	1.167	21.70	1.312	0.502	7.10
	x	2.35	6.096	1.262	25.90	1.552	0.407	7.20

Cuadro 39. Evaluación de biomasa correspondiente a la cuarta evaluación.

Trat.	N°	Diam.	Sección aérea			Sección radicular		
			fresco	seco	Long.	fresco	seco	Long.
	1	3.05	4.904	1.021	37.30	1.131	0.327	9.30
T0	2	2.70	4.425	1.091	38.90	1.203	0.567	8.50
	x	2.88	4.665	1.056	38.10	1.167	0.447	8.90
	1	3.20	4.788	1.123	40.10	1.203	0.600	7.20
T1	2	2.75	5.012	0.909	36.80	0.789	0.421	10.90
	x	2.98	4.900	1.016	38.45	0.996	0.511	9.05
	1	3.45	7.451	1.301	46.70	1.108	0.562	11.30
T2	2	3.40	7.216	1.297	42.20	1.490	0.702	9.70
	x	3.43	7.334	1.299	44.45	1.299	0.632	10.50
T3	1	3.25	3.943	0.903	38.20	0.982	0.607	9.90

	2	3.10	4.003	0.943	34.90	1.272	0.425	9.10
	x	3.18	3.973	0.923	36.55	1.127	0.516	9.50
	1	2.85	4.523	0.927	40.80	1.290	0.483	9.80
T4	2	3.30	5.138	1.320	34.90	0.981	0.592	9.30
	x	3.08	4.831	1.124	37.85	1.136	0.538	9.55
	1	4.05	10.372	1.542	53.10	1.381	0.743	13.20
T5	2	4.30	7.526	1.409	44.40	1.297	0.872	10.90
	x	4.18	8.949	1.476	48.75	1.339	0.808	12.05

Anexo 2. Panel fotográfico

Figura 13. Limpieza y ubicación del área experimental.

Figura 14. Preparación de sustrato para el experimento.

Figura 15. Germinación de plántulas de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins)

Figura 16. Plántulas listas para el repique.

Figura 17. Ubicación del diseño experimental.

Figura 18. Señalización del diseño y plántulas establecidas.

Figura 19. Timbo 1 de biofertilizante utilizado.

Figura 20. Timbo 2 de biofertilizante utilizado.

Figura 21. Timbo 3 de biofertilizante utilizado.

Figura 22. Timbo 4 de biofertilizante utilizado.

Figura 23. Dosis de acuerdo al tratamiento a aplicar.

Figura 24. Dosificaciones preparadas de biofertilizantes, por tratamiento planteado.

Figura 25. Aplicación del biofertilizante, de acuerdo al tratamiento en estudio.

Figura 26. Evaluación de alturas en plantones de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins) con regla graduada en mm.

Figura 27. Evaluación del diámetro en plantones de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins) con vernier mecánico.

Figura 28. Anotación inmediata de datos registrados en las evaluaciones.

Figura 29. Plantas sacrificadas para el cálculo de biomasa.

Figura 30. Calculo de biomasa a nivel de laboratorio.

Figura 31. Colocación de muestras en la estufa, para cálculo de biomasa.

Figura 32. Registro de peso final en muestras de plantones de Shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins).