

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE *Colubrina glandulosa* Perkins (SHAINA) ESTABLECIDO EN SUELO DEGRADADO EN EL CENTRO POBLADO DE NARANJILLO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

KENNY LEVI SALAZAR POLONIO

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 012-2020-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 03 de marzo de 2020, a horas 11:15 p.m. en la en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE *Colubrina glandulosa* Perkins (SHAINA) ESTABLECIDO EN SUELO DEGRADADO EN EL CENTRO POBLADO DE NARANJILLO”

Presentado por el Bachiller: **SALAZAR POLONIO Kenny Levi**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** 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 el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 10 de Agosto de 2020

**Ing. RAÚL ARAUJO TORRES
PRESIDENTE**

**Ing. M.Sc. JOSÉ LEVANO
CRISOSTOMO
MIEMBRO**



**Dr. EDILBERTO CHUQUILIN
BUSTAMANTE
MIEMBRO**

**Ing. JORGE LUIS VERGARA
PALOMINO
ASESOR**

**Ing. FRÍTS PALOMINO VERA
ASESOR**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE *Colubrina glandulosa* Perkins (SHAINA) ESTABLECIDO EN SUELO DEGRADADO EN EL CENTRO POBLADO DE NARANJILLO”

Ejecutor	: Bach. SALAZAR POLONIO Kenny Levi
Asesores	: Ing. VERGARA PALOMINO, Jorge Luis Ing. PALOMINO VERA, Frits
Programa de investigación	: Gestión de bosques y plantaciones forestales
Línea de investigación	: Silvicultura, dendrología, manejo y ordenación forestal
Eje temático	: Plantaciones forestales
Lugar de ejecución	: Naranjillo Km 5
Duración	: Inicio : Enero 2019 Término : Junio 2019
Financiamiento	: FEDU : No Propio : Si Otros : No

Tingo María – Perú

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico en primer lugar a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza ante las adversidades que se presentan durante toda esta etapa.

A mis padres José Andrés Salazar Claudio y Adela Polonio León, que con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos José Joandre Salazar Polonio y Luane Jade Salazar Polonio, por sus muestras de cariño e inspiración a salir adelante, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A toda mi familia porque con sus consejos, oraciones y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi “Alma Mater”, a la plana docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal por impartirme sus conocimientos.

A los ingenieros VERGARA PALOMINO, Jorge Luis y PALOMINO VERA, Frits, asesores del presente trabajo de investigación, por su oportuna y acertada orientación en la ejecución de la tesis.

A todas aquellas personas que en forma directa e indirecta colaboraron para la culminación del presente trabajo y perdónenme si me olvide de alguien.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Fertilización forestal	5
2.2. Fertilizante molimax 20-20-20	6
2.2.1. Composición	6
2.2.2. Presentación y modo de uso.....	6
2.3. La dolomita.....	7
2.4. La roca fosfórica.....	9
2.5. El compost	10
2.6. <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	11
2.6.1. Taxonomía.....	11
2.6.2. Distribución geográfica	11
2.6.3. Descripción botánica.....	12
2.6.4. Ecología de la especie.....	12
2.6.5. Usos	13
2.7. Suelo degradado	14
2.7.1. Plantas indicadoras de suelos ácidos	17
2.7.2. Helecho o macorilla (<i>Pteridophyta</i>)	18
2.8. Índice de robustez.....	18
2.9. Antecedentes	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Lugar de ejecución	21

3.1.1. Antecedente de la parcela experimental	23
3.2. Materiales y equipos	23
3.2.1. Material biológico o unidad de estudio	23
3.2.2. Materiales	23
3.2.3. Equipos.....	23
3.3. Aspectos de la investigación	24
3.3.1. Tratamientos en estudio	25
3.3.2. Variables en estudio	26
3.3.2.1. Variables independientes	26
3.3.2.2. Variables dependientes	26
3.3.3. Diseño del experimento	27
3.3.4. Modelo aditivo lineal (MAL).....	27
3.4. Metodología	28
3.4.1. Determinación del efecto de la fertilización sobre la altura total y diámetro del tallo en las plantas <i>Colubrina</i> <i>glandulosa</i> Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados.....	28
3.4.1.1. Establecimiento de la parcela experimental	28
3.4.1.2. Mantenimiento de la parcela	32
3.4.1.3. Medición de la altura total.....	32
3.4.1.4. Medición del diámetro de tallo.....	32
3.4.2. Evaluación del efecto de la fertilización sobre la robustez y el diámetro de copa en las plantas de	

<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados	33
3.4.3. Determinación del efecto de la fertilización en la mortalidad de plantas de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados.....	33
3.4.3.1. Análisis de datos	34
IV. RESULTADOS	36
4.1. Efecto de la fertilización sobre la altura total y diámetro del tallo en las plantas <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados	36
4.1.1. Altura total	36
4.1.2. Diámetro del tallo	39
4.2. Efecto de la fertilización sobre la robustez y el diámetro de copa en las plantas de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados.....	42
4.2.1. Robustez	42
4.2.2. Diámetro de copa	45
4.3. Efecto de la fertilización en la mortalidad de plantas de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados	48
V. DISCUSIÓN	50
5.1. Determinación del efecto de la fertilización sobre la altura total y diámetro del tallo en las plantas <i>Colubrina glandulosa</i>	

Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados	50
5.2. Evaluación del efecto de la fertilización sobre la robustez y el diámetro de copa en las plantas de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados	52
5.3. Determinación del efecto de la fertilización en la mortalidad de plantas de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados	54
VI. CONCLUSIONES	55
VII. RECOMENDACIONES	56
VIII. ABSTRACT	57
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXO	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Crecimiento promedio en distritos de la región San Martín.....	14
2. Datos meteorológicos correspondientes al segundo semestre del año 2017.	22
3. Datos meteorológicos correspondientes al primer semestre del año 2018.	22
4. Tratamientos considerados en el estudio.	26
5. Esquema del análisis de la varianza.....	35
6. ANVA para el efecto de la fertilización sobre la altura total de <i>Colubrina glandulosa</i>	36
7. Comparación de medias para el efecto de la fertilización sobre la altura total de <i>Colubrina glandulosa</i>	37
8. ANVA para el efecto de la fertilización sobre el diámetro del tallo en <i>Colubrina glandulosa</i>	39
9. Comparación de medias para el efecto de la fertilización sobre el diámetro del tallo en <i>Colubrina glandulosa</i>	40
10. ANVA para el efecto de la fertilización sobre el índice de robustez en <i>Colubrina glandulosa</i>	42
11. Comparación de medias para el efecto de la fertilización sobre la robustez de <i>Colubrina glandulosa</i>	44
12. ANVA para el efecto de la fertilización sobre el diámetro de copa de <i>Colubrina glandulosa</i>	45

13. Comparación de medias para el efecto de la fertilización sobre el diámetro de copa de <i>Colubrina glandulosa</i>	46
14. Mortalidad (%) en <i>Colubrina glandulosa</i> sometidas a fertilización en suelos degradados.	48
15. Matriz de datos para la altura total (cm) de las plantas de shaina sometidas a diferentes tratamientos.....	68
16. Matriz de datos para el diámetro del tallo (mm) de las plantas de shaina sometidas a diferentes tratamientos.....	70
17. Matriz de datos para el diámetro de copa en las plantas de shaina sometidas a diferentes tratamientos.....	72
18. ANVA para la altura inicial de shaina y sometido a fertilización.	74
19. ANVA para la altura total de shaina al mes de establecido y sometido a fertilización.	75
20. ANVA para la altura total de shaina a dos meses de establecido y sometido a fertilización.	75
21. ANVA para la altura total de shaina a tres meses de establecido y sometido a fertilización.	75
22. ANVA para la altura inicial de shaina a cuatro meses de establecido y sometido a fertilización.	75
23. ANVA para la altura total de shaina a cinco meses de establecido y sometido a fertilización.	76
24. ANVA para el incremento de la altura total en shaina sometido a fertilización.	76

25. Comparación de medios del incremento de la altura total en shaina sometido a fertilización.....	76
26. ANVA para el diámetro de tallo inicial de shaina sometido a fertilización.	76
27. ANVA para el diámetro del tallo de shaina al meses de establecido y sometido a fertilización.	77
28. ANVA para el diámetro del tallo de shaina a dos meses de establecido y sometido a fertilización.	77
29. ANVA para el diámetro del tallo de shaina a tres meses de establecido y sometido a fertilización.	77
30. ANVA para el diámetro del tallo de shaina a cuatro meses de establecido y sometido a fertilización.	77
31. ANVA para el diámetro del tallo de shaina a cinco meses de establecido y sometido a fertilización.	78
32. ANVA para el incremento del diámetro de tallo en shaina sometido a fertilización.....	78
33. Comparación de medias para el incremento del diámetro de tallo en shaina sometido a fertilización.	78
34. ANVA para la robustez inicial de shaina sometido a fertilización.	78
35. ANVA para la robustez de shaina al mes de establecido y sometido a fertilización.....	79
36. ANVA para la robustez de shaina a dos meses de establecido y sometido a fertilización.	79

37. ANVA para la robustez de shaina a tres meses de establecido y sometido a fertilización.	79
38. ANVA para la robustez de shaina a cuatro meses de establecido y sometido a fertilización.	79
39. ANVA para la robustez de shaina a cinco meses de establecido y sometido a fertilización.	80
40. ANVA para el incremento de la robustez en shaina sometido a fertilización.	80
41. Comparación de medias para el incremento de la robustez en shaina sometido a fertilización.....	80
42. ANVA el diámetro de copa inicial de shaina sometido a fertilización.	80
43. ANVA para el diámetro de copa de shaina al mes de establecido y sometido a fertilización.	81
44. ANVA para el diámetro de copa de shaina a dos meses de establecido y sometido a fertilización.	81
45. ANVA para el diámetro de copa de shaina a tres meses de establecido y sometido a fertilización.	81
46. ANVA para el diámetro de copa de shaina a cuatro meses de establecido y sometido a fertilización.	81
47. ANVA para el diámetro de copa de shaina a cinco meses de establecido y sometido a fertilización.	82
48. ANVA para el incremento del diámetro de copa en shaina sometido a fertilización.	82

49. Comparación de medias para el incremento del diámetro de copa en shaina sometido a fertilización.82
50. Comportamiento de la mortalidad (%) en las plantas de shaina.82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Esquema de la parcela experimental establecido en suelo degradado.....	27
2. Distribución de los puntos de muestreo de suelos en la parcela.	29
3. Esquema de abonamiento durante el establecimiento (mezclado) y crecimiento (en hoyos) de plantas de <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins.	31
4. Comportamiento de la altura total de <i>Colubrina glandulosa</i> sometidas a fertilización en suelos degradados.	38
5. Comportamiento del diámetro de tallo en <i>Colubrina glandulosa</i> sometidas a fertilización en suelos degradados.	41
6. Comportamiento de la robustez en <i>Colubrina glandulosa</i> sometidas a fertilización en suelos degradados.	44
7. Comportamiento del diámetro de copa en <i>Colubrina glandulosa</i> sometidas a fertilización en suelos degradados.	47
8. Comportamiento de mortalidad (%) en <i>Colubrina glandulosa</i> sometidas a fertilización en suelos degradados.	49
9. Compost mezclado con suelo del terreno.....	83
10. Dosis de Roca fosfórica para aplicar como parte del tratamiento.	84
11. Instalación de plantones en terreno definitivo.....	84

12.	Planta de shaina luego de la primera limpieza.	85
13.	Medición del diámetro de copa con wincha.	85
14.	Medición del diámetro de tallo con vernier.	86
15.	Medición de la altura total en las plantas de shaina.....	86
16.	Visita por parte del asesor a la parcela experimental.	87
17.	Banner con información del proyecto de tesis colocado en la parcela experimental.	87
18.	Resultado del análisis de suelos.	88
19.	Métodos e interpretación del análisis de los suelos.	89
20.	Mapa de distribución de la parcela experimental.	90

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la dolomita, compost y 20+20+20 en el crecimiento de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) establecido en suelo degradado. Se realizó en un predio particular ubicado en el distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, a una altitud de 640 msnm, se utilizó como tratamientos a los abonos Dolomita, Compost y el fertilizante sintético 20-20-20 distribuidos en tres tratamientos bajo un diseño en bloques completos al azar; y se midieron la altura total de las plantas, el diámetro del tallo, diámetro de copa, el índice de robustez y la mortalidad hasta los cinco meses de establecido, siendo analizado bajo el análisis de la varianza y la comparación de medias de Duncan. Se observó efectos significativos en las aplicaciones de los abonos favoreciendo a los individuos al alcanzar mayor altura total en comparación al testigo, dicha diferencia fue notoria a partir del cuarto mes de establecido, mientras que en el diámetro de tallo fue favorecido a partir del tercer mes de establecido; en caso de la robustez y el diámetro de copa, se registró mayor promedio en las plantas que fueron tratadas con roca fosfórica y la mortalidad fue superior en el que recibió dolomita. Se concluye que el uso de fertilizantes favorece el crecimiento de las plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) establecidas en condiciones de suelos degradados.

Palabras clave: *Colubrina glandulosa*, suelo degradado, dolomita, roca fosfórica, mortalidad.

I. INTRODUCCIÓN

Los niveles de pérdida de la calidad de los suelos en diferentes partes del mundo, es creciente, acontecimiento que ocurre por diversas causas, como la compactación, la erosión, modificaciones de la estructura, reemplazo progresivo de áreas pastoriles y forestales, así como la disminución de la materia orgánica. En el país, de acuerdo al INRENA (2009) el 33.5% de los suelos se encuentran degradados, sobre todo en la zona altoandina, debido a su fisiografía compleja, laderas de fuertes pendientes y tierras con manifestaciones de sobre pastoreo y baja fertilidad.

Las actividades de repoblación forestal en la cuenca del alto Huallaga se viene realizando con limitaciones durante el establecimiento y en mayor medida en la actividad de manejo de las plantaciones debido a que no se cuenta todavía con información sistematizada y confiable que permita valorar y demostrar las ventajas ecológicas y económicas de la tecnología de producción, principalmente sobre las características silviculturales que faciliten la replicación de la especie por pequeños agricultores para producciones a escala comercial.

Otra de las limitantes que se tiene es a la gran cantidad de suelos con diferentes grados de pérdida nutrimentales a lo cual lo denominan suelos degradados y en dichos suelos se está fomentando el establecimiento de

plantaciones forestales como *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) por su rápido crecimiento pero la limitada o deficiente contenido nutricional de suelos perjudica su crecimiento de las plantas; de manera paralela se cuenta con una diversa gama de fertilizantes en el mercado el cual generalmente se elaboraron con la finalidad de la producción agrícola y no se cuenta con productos específicamente para la nutrición forestal, ante ello surge la interrogante como ¿La aplicación de fertilizantes afectará de manera significativa el crecimiento de las plantas *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en un suelo degradado?

La importancia del estudio radica en que los efectos de los árboles sobre la fertilidad varían según las especies y condiciones ambientales. Es importante determinar los mecanismos que producen dichos resultados para poder tomar decisiones respecto a las técnicas de manejo adecuadas para obtener impactos deseables.

Además, el déficit nutricional varía de acuerdo a la edad de la plantación, debido a los cambios en las tasas de crecimiento de los árboles, a las tasas de suministro de nutrientes del suelo y a los ciclos nutricionales. El aporte de la dosis de fertilización debe tener un objetivo estratégico para superar el déficit durante todo el desarrollo de la plantación. Por lo tanto, es necesario en rotaciones de un ciclo intermedio o largo, suplementar en más de una oportunidad durante el período de la rotación el suministro de nutrientes del suelo, dado que la efectividad de la fertilización es de 3 a 4 años, para evitar una disminución de las tasas potenciales de crecimiento de las

plantaciones. Esta estrategia debe determinar el tamaño de las distintas dosis, la oportunidad y la frecuencia de su aplicación durante el desarrollo de la plantación.

El presente estudio repercutirá como información básica para la toma de decisiones en la elaboración de otros estudios de mayor nivel investigativo y la replicabilidad en otras zonas y con otras especies forestales establecidas en suelos degradados con la finalidad de buscar una alternativa de solución a esta problemática que se incrementa con el avance de los años.

Como respuesta hipotética se tiene que la fertilización edáfica afecta positivamente al crecimiento de las plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que son establecidos en suelos degradados, dicha hipótesis fue corroborado en base a los aspectos morfológicos de las plantas evaluadas.

Objetivo general

- Determinar el efecto de la fertilización en el crecimiento de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) establecido en suelo degradado.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la fertilización sobre la altura total y diámetro del tallo en las plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados.

- Evaluar el efecto de la fertilización sobre la robustez y el diámetro de copa en las plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados.
- Determinar el efecto de la fertilización en la mortalidad de plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Fertilización forestal

La aplicación de fertilizantes a las especies arbóreas suele considerarse inapropiada y de escaso rendimiento, por lo que solo se emplea habitualmente en la fase de vivero y en el momento de la plantación que es cuando la capacidad de respuesta de estas plantas es mayor. No obstante, las especies forestales se ven beneficiadas por la fertilización, a pesar de que esta práctica no sea rentable, por el largo periodo de retorno económico de la inversión (Fernández 2008).

El objetivo final de la estrategia de la fertilización debe ser mantener las tasas potenciales de crecimiento del sitio, considerando el nivel de los otros factores del manejo de la plantación. Más que una fertilización al establecimiento de media estación o post-raleo, la fertilización se debe considerar como una corrección del estado nutricional a lo largo del desarrollo de la plantación (fertilización continuada). Esta estrategia debe ser evaluada económicamente para determinar su rentabilidad. El establecimiento con una estrategia de una fertilización continuada para las plantaciones forestales requiere de un marco conceptual de la nutrición en el sistema clima-plantación-suelo. Por otra parte, resulta muy necesario contar con un sistema de diagnóstico que permita predecir los tamaños de sus componentes y el

funcionamiento de los procesos ecofisiológicos involucrados (Rodríguez y Álvarez 2010).

Chapman y Allan (1978) señalan que las razones para aplicar fertilizantes son: Hacer posible la plantación y el desarrollo de los árboles elegidos en lugares en que no se logra el desarrollo adecuado de los árboles debido a una falta general de fertilidad o deficiencias específicas de nutrientes y, una vez plantados, acelerar el ritmo de crecimiento de los árboles, aumentar las posibilidades de supervivencia y acortar la fase de establecimiento.

2.2. Fertilizante molimax 20-20-20

2.2.1. Composición

El fertilizante sintético está referido a la aplicación de Molimax 20-20-20 (MOLINOS y CÍA 2018), el cual presenta los siguientes nutrientes principales:

- 20% Nitrógeno (N).
- 20% Fósforo (P_2O_5).
- 20% Potasio (K_2O).

2.2.2. Presentación y modo de uso

La presentación es granulado color oscuro, rojizos, blancos a grises y que vienen en sacos de 50 kg y generalmente su uso está referido en

cultivos que requieren alta cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio en las primeras etapas de su desarrollo, como: hortalizas, espárrago, papa, frutales, algodón, etc. (MOLINOS y CÍA 2018).

Para Martínez (2001), la correcta aplicación de los fertilizantes, consisten en actividades como mezclar en el hoyo de la plantación, aplicar en bandas alrededor de las plantas o enterrados en algunos puntos alrededor de la planta. La forma escogida para hacerlo no solo influye en los costos de aplicación, sino también en la respuesta de las plantas.

2.3. La dolomita

La dolomita es un mineral blanco, marrón claro o rosa. Forma cristales romboédricos que a menudo tienen caras curvas. También puede ser masiva o granular. La dolomita también está presente en las vetas hidrotérmicas, serpentinitas, rocas ígneas básicas alteradas y en algunos carbonatitos (Price y Walsh, 2005). Es muy similar a la calcita, pero efervesce con menos facilidad, a menos que este pulverizada; con lustre vítreo a perlino, crucero romboédrico (en tres direcciones) (López 1993).

Los dos carbonatos más comunes son la calcita, CaCO_3 (carbonato cálcico) y la dolomita, carbonato de calcio y magnesio - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Dado que estos minerales son similares tanto desde el punto de vista físico como químico, son difíciles de distinguir entre sí. Los dos tienen un brillo vítreo, una dureza entre 3 y 4 y una exfoliación romboédrica casi perfecta. Sin embargo, pueden distinguirse utilizando ácido clorhídrico diluido. La calcita reacciona

vigorosamente con este ácido, mientras que la dolomita reacciona mucho más lentamente. La calcita y la dolomita suelen encontrarse juntas como constituyentes principales de las rocas sedimentarias caliza y dolomía. Cuando el mineral dominante es la calcita, la roca se denomina caliza, mientras que la dolomía resulta de un predominio de dolomita (Tarbuk 2005).

La aplicación en la agricultura, es el tercer mercado más grande para el uso de la dolomita y casi todos los productores suministran algún material agrícola. El mercado agrícola tiene utilidad en tiempos de crisis de la industria del acero. Existen dos principales vertientes a conocer de la dolomita: como aditivo del suelo y la dolomita que se usa como materia base para los fertilizantes de magnesio de calcio (SECRETARÍA DE ECONOMÍA 2017).

Aumenta la productividad del terreno por el rápido aumento del pH del suelo (disminuye la acidez) y/o ayuda a corregir deficiencias de magnesio y/o ratios (cocientes) de calcio - magnesio. Cuando se aplican en 2,5 ton/ha puede alcanzar resultados similares a la re-elevación del pH y reducir la toxicidad de aluminio (SECRETARÍA DE ECONOMÍA 2017).

La dolomita es también utilizada hasta cierto punto como aditivo de alimento para animales. La dolomita para uso en la industria del fertilizante debe contener mínimo 90% $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ combinado, así como un contenido de sílice que no exceda del 5%. La dolomita de grado bajo con 15 a 20% MgO puede ser usada como acondicionador de suelos. Ayuda a proteger el ácido láctico producido en dietas de grano y a reducir los efectos de la acidosis láctica (SECRETARÍA DE ECONOMÍA 2017).

2.4. La roca fosfórica

El fósforo (P) es un elemento nutricional esencial para las plantas y los animales. El uso apropiado de las rocas fosfóricas (PR) como fuentes de fósforo puede contribuir a los cultivos sustentables.

Con el término rocas fosfóricas (PR) se conoce a los minerales que contienen fósforo. Las rocas fosfóricas son un recurso finito y no renovable. Los depósitos de roca fosfórica se encuentran alrededor del mundo. Pocos depósitos han sido explotados y alrededor del 90% de la producción de roca fosfórica mundial se utiliza en la industria de los fertilizantes para producir fertilizantes de fósforo. El restante 10% se utiliza en la fabricación de alimentos para animales, detergentes y productos químicos (QuimiNet 2006).

Sin embargo, muchos depósitos de roca fosfórica se encuentran en los trópicos y los subtrópicos y no han sido explotados. Una razón es que estos yacimientos no cumplen los estándares para la producción de fertilizantes basados en fósforo soluble en agua utilizando tecnología convencional. Otra razón es que los depósitos son muy pequeños para sustentar la inversión requerida para su explotación y proceso.

La roca fosfórica es la materia prima principal para la producción de fertilizantes basados en fósforo. El compuesto fosfórico en la roca fosfórica es una forma del mineral apatita. Dependiendo de su origen e historia geológica, las apatitas pueden tener características físicas, químicas y cristalográficas distintas (QuimiNet 2006).

Los factores que influyen la efectividad de la roca fosfórica para su uso en fertilizantes son: su reactividad, las propiedades del suelo, las condiciones climáticas, las especies que se cultivarán y las prácticas de cultivo. La efectividad agrícola de la roca fosfórica se incrementa en cuanto sube la sustitución de carbonatos por fosfatos en el cristal de apatita, la baja concentración de carbonato de calcio en el mineral y el tamaño de la partícula (menos de 0,15 mm). La roca fosfórica es un fertilizante natural, que presenta una adecuada relación de precios por unidad de nutriente, pero de menor concentración y más lenta solubilidad que los fertilizantes industriales. En suelos ácidos, mantiene una progresiva solubilización a través del tiempo que posibilita un aporte de P similar al de las fuentes más solubles (QuimiNet 2006).

2.5. El compost

El compost es el producto que resulta del proceso de compostaje. Está constituido principalmente por materia orgánica estabilizada, donde no se conoce su origen, puesto que se degrada generando partículas más finas y oscuras (NORMA CHILENA OFICIAL N° 2880 2005). Se entiende por compost al producto terminado del proceso de composteo de la fracción orgánica, entendiéndose como la porción de los residuos sólidos urbanos que es biodegradable (NORMA AMBIENTAL MEXICANA N° 020 2011).

La calidad del compost no es un concepto absoluto, sino que depende de los usos a que se destine. En tal sentido se conceptualizan como

la capacidad o aptitud del compost para satisfacer las necesidades de las plantas, con un mínimo impacto ambiental y sin riesgo para la salud pública (Ansorena *et al.* 2011).

2.6. *Colubrina glandulosa* Perkins

2.6.1. Taxonomía

Cronquist (1981) lo clasifica como:

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
Subclase	: Rosidae
Orden	: Rhamnales
Familia	: RHAMNACEAE
Género	: <i>Colubrina</i>
Especie	: <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins.
Nombre común	: Shaina

2.6.2. 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.

2.6.3. Descripción botánica

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 1 cm de ancho, ovado – elípticas, con ápice acuminado o redondeado, bordes enteros y base cardada (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 (Dunne 2002).

2.6.4. Ecología de la especie

Las plantas se pueden agrupar en dos gremios ecológicos: las heliófitas y las esciófitas (DESCO 2005). Reuter (1991) señala que la especie *C. 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 *C. glandulosa* Perkins., es usada con frecuencia en la generación de sombra al cultivo del cacao, también encontramos a: *Inga edulis*,

Calycophyllum spruceanum, *Sikinga williamsi*, 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 (Larrea 2007).

2.6.5. Usos

Es una especie no leguminosa de rápido crecimiento que se usa como madera de diámetros menores utilizada para techos y cercas (Alegre *et al.* 2000).

Otros autores como Ríos y Domínguez (2007) estudiaron plantaciones de shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins) como se observa en el Cuadro 1, en la zona del Bajo Mayo, que comprende las jurisdicciones de las provincias de Lamas y San Martín. Se resalta que, en el sector Chirapa se encontró plantas con alturas hasta 11,20 m a una edad de 3.08 años de establecido.

En los primeros cinco años esta especie logra producir madera para construcciones, tanto en zonas rurales como urbanas, principalmente como vigas, viguetas, caibros, cercos de protección, palos de escoba, etc., y entre los ocho a diez años se obtiene madera para postes de alumbrado público.

Cuadro 1. Crecimiento promedio en distritos de la región San Martín.

Distrito	Sector	Edad (años)	Ht (m)	Hc (m)	Dap (cm)
Rumizapa	Chirapa	3,08	11,20	8,23	16,68
	Chirapa	4,17	8,63	6,40	10,18
	Pacchilla	2,75	8,40	6,53	8,83
	Pacchilla	2,92	6,70	4,95	8,58
San Roque	Chiricyacu	4,17	9,40	7,90	12,15
	Chiricyacu	3,33	13,00	11,20	12,88
	Aviación	2,42	5,45	4,93	5,13
	Aviación	3,08	11,23	9,80	9,00
Banda de Shilcayo	Brisas La Molina	3,67	4,10	3,29	4,08
	Brisas La Molina	4,08	11,18	7,28	11,58
	Laguna Venecia	4,17	10,30	7,80	10,13
	Laguna Venecia	4,17	9,20	7,90	8,08

Ht: Altura total, Hc: Altura comercial. Fuente: Ríos y Domínguez (2007).

2.7. Suelo degradado

La degradación de suelo es cualquier pérdida de las propiedades de este, necesarias para el bien desarrollo y rendimiento de los cultivos. Si no

se controlan las influencias naturales negativas y si no se realizan prácticas agrícolas adecuadas, los suelos se degradan. Como resultado de la desaparición de la estructura y fertilidad del suelo, la capacidad para mantener el crecimiento y la producción de los cultivos baja progresivamente. Al final tales suelos llegan a ser inadecuados para la agricultura (Graetz 2004).

La degradación y destrucción de muchos ecosistemas en el mundo, ha acelerado la crisis ambiental debido a la reducción rápida de los múltiples servicios ambientales que prestan los ecosistemas, como producción de agua, fijación de CO₂, ciclos de materia, productividad del suelo, biodiversidad, coberturas que previenen erosión, etc. Las tasas de destrucción de todos los ecosistemas continúan ocurriendo apresuradamente, debido a prácticas agrícolas, ganaderas, industriales y de explotación no sostenibles, con el agravante que muchos ecosistemas tendrán variaciones desfavorables para la humanidad con el cambio climático global (Vargas 2011).

La agricultura en la zona de Selva es una actividad completamente desordenada, porque no se tiene en cuenta la capacidad de uso mayor de los suelos para la instalación de los cultivos y menos aún las técnicas de manejo propios del cultivo (López 1994). De esta forma, extensas áreas se encuentran abandonadas, cubiertas en gran parte por especies de gramíneas integrando los denominados "pajonales" o "macorrillares", que año tras año va ganando las tierras dejadas por el hombre (Anderson 1990).

La tala ilegal, la agricultura migratoria de tumba y quema para sembrar cultivos y pastos, factores de desarrollo socio económicos, como las

nuevas carreteras de penetración y las migraciones en búsqueda de mejores oportunidades de vida, constituyen algunas de las fuerzas o procesos que conducen a la deforestación de la Amazonía. Todas estas actividades son practicadas por colonos, pobladores migrantes y nativos y como consecuencia de ellas se están destruyendo los bosques (Palm *et al.* 2005).

Por otro lado, el manejo inadecuado de los suelos tropicales si prácticas conservacionistas y el uso de cultivos ilegales están degradando los suelos de la región oriental del Perú con la pérdida consecuente de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Además, no se están usando los suelos de acuerdo a sus potencialidades (García y Durán 2000).

Los suelos ácidos son aquellos que tienen un pH de valor inferior a 5,5 durante la mayor parte del año. Estos suelos están asociados con un número de toxicidades como es la presencia de Aluminio. Niveles bajos de pH son e principal indicador en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad y movilidad de estos constituyentes y de otros contaminantes inorgánicos presentes en el suelo (FAO 2016). Por esta razón la acidez desde un punto de vista agronómico no debe ser considerada solamente un problema para los suelos, sino también para los cultivos ya que tiene un efecto negativo sobre su producción y rendimiento, en especial sobre aquellos cultivos que son más susceptibles (Bernier y Alfaro 2006).

La acidez del suelo puede afectar el crecimiento de las plantas en forma directa, pero también indirecta ya que incide negativamente en la disponibilidad de nutrientes, los niveles de elementos fitotóxicos, la actividad

microbiana y hasta en las condiciones físicas que existen en los suelos (Vázquez 2013).

Por ello y para una buena conservación del elemento natural suelo, se han considerado diversas alternativas de manejo para corregir los problemas de acidificación, siendo una de las más usadas la aplicación de enmiendas calcáreas (Campillo y Sadzawka 2011).

El encalado consiste en aplicar al suelo sales básicas que neutralizan la acidez. Los materiales que se utilizan como alcalinizantes o correctivos de acidez son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio (Ca) y/o magnesio (Mg) (Espinosa y Molina 1999).

Se debe tener en cuenta que cada cultivo tiene un rango óptimo de pH que permite su crecimiento normal, por lo cual, si el pH no se encuentra en el rango deseado por el cultivo, este tiene interferencia en el desarrollo de sus raíces y reduce así la absorción de agua y nutrientes, que afecta al crecimiento y el rendimiento. En los cultivos destinados para consumo animal sean forrajes o pasturas, el pH del suelo también tiene su efecto en cuanto a calidad, dependiendo del tipo de forraje y del cultivar ya sean gramíneas o leguminosas, perennes o anuales (Bernier y Alfaro 2006).

2.7.1. Plantas indicadoras de suelos ácidos

En algunos casos los indicadores de suelos ácidos con alta saturación de aluminio y bajo contenido de fósforo son las especies vegetales

conocidas como macorilla (*Pteridium aquilinum*); rabo de zorro (*Andropogon bicornis*); Cashaucsha o Chicula (*Imperata brasiliensis*) (Huamani y Mansilla 1995).

2.7.2. Helecho o macorilla (*Pteridophyta*)

Son plantas vasculares que carecen de semillas, reproduciéndose por dispersión de esporas que inician una alternancia generacional, su reproducción es mediante las esporas y rizomas que se extienden horizontalmente por debajo del suelo. Crecen mayormente en suelos ácidos. Su raíz mejora la estructura del suelo, es de tallo subterráneo rizomatoso (Fassbender y Bornemisza 1985).

2.8. Índice de robustez

Corresponde a la relación entre la altura del brinjal (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) y debe ser menor a seis y 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. Los intervalos de robustez de acuerdo a Sáenz *et al.* (2010) son: calidad baja ($\geq 8,0$), calidad media (7,9 – 6,0) y calidad alta ($< 6,0$).

2.9. Antecedentes

Alegre *et al.* (2000), en Alto Amazonas, instaló la shaina a una distancia de 3 x 3 m en donde obtuvo valores de altura (2,77 m) y Dap (3,58

cm) y se incrementó hasta 9,27 m y 9,48 cm respectivamente a dos años; mientras que al instalar shaina con centrocema, registró valores de 2,17 m y 2,60 cm al primer año y de 9,03 m y 9,33 cm al tercer año.

Del Castillo (2003), en el sector Laguna Venecia, registró que el bosque de *Colubrina glandulosa* (6,5 años de edad) presentaba como valores dasométricos: 2157 árboles/ha; áreas basales de 8,20 m²/ha; altura total dominante de 10,5 m y volúmenes de 35,5 m³/ha. La densidad básica media fue $0,37 \pm 0,06$ g/cm³ y una biomasa aérea total de 109,9 t/ha.

Ríos y Domínguez (2007) identificaron y sistematizaron tecnologías agroforestales que presentan como componente arbóreo a la especie forestal *Colubrina glandulosa* Perkins en las provincias de Lamas y San Martín. Los sistemas agroforestales con los mejores volúmenes de producción de madera rolliza de *Colubrina* son aquellas asociaciones para la producción de café bajo sombra con densidades arbóreas totales de 485 y 285 árboles/ha, en donde *Colubrina* representa el 38% y 34% del componente arbóreo, e *Inga* sp representa el 31% y 35%, respectivamente; mientras que *Colubrina* asociado a pastizal presenta el menor volumen de producción.

Torres (2013) encontró que los plantones de *Colubrina glandulosa* procedentes de la producción en fase de vivero que se utilizó como sustrato en la proporción Tierra agrícola (50%) + aserrín (25%) + Bokashi (25%) fue la que presentó mayor crecimiento con valores desde 31,09, 34,87, 100,36 y 129,35 cm a los 3, 5, 7 y 9 meses posteriores al establecimiento, y en caso del

diámetro a 10 cm sobre el suelo se registró valores de 3,16, 3,35, 7,45 y 11,31 mm en los mismos periodos de recolección de datos realizados para la altura. Estudio realizado en Tulumayo.

Carama *et al.* (2017) en plántulas de *Colubrina glandulosa* con 115 días producidos en sustrato constituido por estiércol de bovino (20%), tierra de horizonte A (60%), arena (10%) y vermiculita (10%) con hongos micorrízicos arbusculares obtuvieron alturas de 10,59 cm y diámetro de 3,16 mm y un índice de robustez de 3,35.

Messias y Silveira (2012), en ambientes con una irradiación de 26 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y durante 210 días las plantas de *Colubrina glandulosa* en terreno definitivo, alcanzaron 22,53 cm con un diámetro del tallo de 3 mm, una robustez de 7.51 y 12% de mortalidad; mientras que, en caso de las plantas establecidas bajo 36 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ alcanzaron 20,52 cm con un diámetro del tallo de 2,6 mm, una robustez de 7.89 y 0,0% de mortalidad. En caso de la mortalidad, se reportó incrementos hasta el 40% cuando las plantas fueron sometidas a 5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ sufriendo síntomas de disminución de la altura y diámetro del tallo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La parcela experimental se encuentra ubicada en el predio particular, cuya propietaria es la Sra. Anatolia Gonzales Espinoza, ubicado políticamente en el distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. Las coordenadas UTM de la parcela experimental estuvo representada por 391690 Este y 8978010 Norte, a una altitud sobre el nivel del mar de 640 metros.

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida y el diagrama bioclimático elaborada por Holdridge (1987), el distrito se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo Pre-montano Tropical (bmh-PT), y teniendo en consideración a las regiones naturales propuesta por Pulgar (1987), dicho medio se encuentra en Rupa Rupa o Selva Alta.

Considerando los reportes en La Dirección Zonal 10 del SENAMHI, (SENAMHI 2018), que cuenta con una red de estaciones meteorológicas distribuidas en todo su ámbito de acción que involucra las regiones de Huánuco, Ucayali y la provincia de Tocache; se tiene que en la estación meteorológica denominada Tingo María que ubicada en la región natural Rupa Rupa, cuenca del Alto Huallaga en las coordenadas: 390126,00 (X) y

8970885,00 (Y) a una altitud de 660 msnm, dicha institución reporta que los parámetros climáticos en el 2017 estuvieron representados por una temperatura media de 25,56 °C, mientras que la precipitación alcanzó un acumulado de 3,714 mm (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Datos meteorológicos correspondientes al segundo semestre del año 2017.

Parámetros	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temp. máxima (°C)	30,3	31,5	31,1	31,5	30,1	30,3
Temp. mínima (°C)	19,4	19,6	20,7	20,8	21,2	21,1
Temp. media (°C)	24,9	25,6	25,9	26,15	25,65	25,7
Precipitación (mm)	25,8	143,5	215,1	319,9	675,4	373,2

Fuente: SENAMHI (2018).

Cuadro 3. Datos meteorológicos correspondientes al primer semestre del año 2018.

Parámetro	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Temp. máxima (°C)	29	29	29,1	29,8	29,7	29,2
Temp. mínima (°C)	20,2	20,2	20,2	20,3	20	19,3
Temp. media (°C)	24,6	24,6	24,65	25,1	24,9	24,3
Precipitación (mm)	451	406	399	289	218	150

Fuente: SENAMHI (2018).

3.1.1. Antecedente de la parcela experimental

Desde los años 1992 aproximadamente hasta el 2009, se realizó el cultivo de coca en dicha parcela, en el año 2010 se instaló *Inga edulis* Mart, el cual no prosperó, a inicios del año 2018, se instaló mediante el proyecto de recuperación de suelos degradados de la Municipalidad de Luyando nuevamente *Inga edulis* Mart, instaladas hasta la actualidad conjuntamente con algunas plantas de coca, kudzu y macorillas.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material biológico o unidad de estudio

Se usó plántones de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) con tres meses de edad después del repique, dichos plántones presentaron en lo posible las mismas alturas y diámetros de sus tallos, actividad denominada como uniformizar las unidades de estudio.

3.2.2. Materiales

Se usó materiales como el machete, una pala recta, cinta métrica de 30 m, wincha de 3 m y el vernier digital. Además, fue necesario el uso de costales y baldes para poder utilizar al momento de la fertilización.

3.2.3. Equipos

Entre los equipos se usó una balanza gramera, una cámara fotográfica, un receptor GPS (sistema de posicionamiento global), para la

redacción del informe final de la tesis se utilizó un equipo de cómputo e impresora.

3.3. Aspectos de la investigación

Teniendo en consideración los criterios mencionados por Supo (2014), el estudio es de **tipo** “con intervención” debido a que se modificó la realidad que en este caso buscó la causalidad, y también se le cataloga como “prospectivo” porque el tesista planificó realizar sus propias mediciones.

El **diseño** del estudio corresponde a los “experimentos puros”, debido a que se realizó manipulación intencional de las variables independientes que en este caso correspondió a los fertilizantes aplicados, se realizó mediciones a las variables dependientes (empleando las técnicas de recolección de datos como la observación), se realizó comparaciones en más de dos grupos (tres tratamientos) y las unidades experimentales fueron asignadas al azar debido a que a ninguno de los grupos de plantones se les otorgó preferencia alguna para asignarle algún tratamiento en estudio (Hernández *et al.*, 2010).

En caso de la **población** y **muestra**, estuvieron constituidos por 60 plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que se establecieron en un predio que debido al uso otorgado se le catalogaba como suelo degradado ya que se observó la ausencia de vegetación arbustiva o arbórea, mientras que hubo mayor predominancia de especies vegetales consideradas como gramíneas.

3.3.1. Tratamientos en estudio

Se tuvo en consideración como tratamientos a las aplicaciones de la dolomita y la roca fosfórica mezcladas con el compost, motivo por el cual se obtuvo tres tratamientos con inclusión del tratamiento control o testigo, como se detalla a continuación:

- T₀: Sin abono

Fueron constituidos por los plantones instalados en terreno definitivo sin la adición de ningún abono orgánico ni algún mineral.

- T₁: Dolomita + Compost + 20-20-20

Se otorgó esta codificación a los plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos con la aplicación del abono orgánico compost en dosis de un kilogramo (SIRSD-S 2017) mezclado con 100 g del mineral dolomita (Ruiz 2011) aplicados al momento de la instalación, a ello se le adicionó el fertilizante inorgánico 20-20-20 con dosis de 40 g en dos periodos (al mes y tres meses) posteriores al establecimiento.

- T₂: Roca fosfórica + compost + 20-20-20

Se otorgó esta codificación a los plantones de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que se establecieron con la aplicación del abono orgánico compost (01 kg) mezclado con el acondicionador de suelos denominado roca fosfórica en dosis de 100 g aplicados al

momento de la instalación (García 2015), a ello se le adicionó el fertilizante inorgánico 20-20-20 con dosis de 40 g en dos periodos (al mes y tres meses) posteriores al establecimiento.

Cuadro 4. Tratamientos considerados en el estudio.

Tratamientos	Fertilización	Número de plantas	Dosis de aplicación (g/planta)
T ₀	No	20	0
T ₁	Dolomita (a) + Compost (b) + 20-20-20 (c)	20	a = 100 b = 1000 c = 80
T ₂	Roca fosfórica (d) + Compost (b) + 20-20-20 (c)	20	d = 100 b = 1000 c = 80

3.3.2. Variables en estudio

3.3.2.1. Variables independientes

Dentro de las variables independientes tenemos a los fertilizantes (roca fosfórica, dolomita, compost y el molimax 20-20-20), que fueron aplicados de acuerdo al tipo de tratamiento que corresponda.

3.3.2.2. Variables dependientes

Dentro de las variables dependientes se consideró a las características dasométricas de las plantas, siendo considerados entre ellos a:

la altura total de las plantas, el diámetro del tallo, diámetro de copa, el índice de robustez y la mortalidad.

3.3.3. Diseño del experimento

En el terreno definitivo el estudio fue instalado mediante un diseño en bloque completo al azar (DBCA), el cual constaba de cuatro bloques y tres tratamientos incluido el control (Figura 1).

Bloque I	T ₀	T ₂	T ₁
Bloque II	T ₂	T ₁	T ₀
Bloque III	T ₁	T ₂	T ₀
Bloque IV	T ₀	T ₂	T ₁

Figura 1. Esquema de la parcela experimental establecido en suelo degradado.

3.3.4. Modelo aditivo lineal (MAL)

Los efectos a medir en las plantas establecidas y que fueron sometidas a los tratamientos, estuvieron expresados mediante la ecuación matemática (adaptado de Zamudio y Alvarado 1996) de la forma:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + T_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Variable respuesta (crecimiento)

- μ : Media poblacional
- T_j : Efecto de la fertilización
- β_i : Efecto del factor bloque
- ϵ_{ijk} : Error experimental

3.4. Metodología

3.4.1. Determinación del efecto de la fertilización sobre la altura total y diámetro del tallo en las plantas *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados

3.4.1.1. Establecimiento de la parcela experimental

Se realizó las coordinaciones para el establecimiento de la plantación con la propietaria del terreno para la ubicación de la parcela a establecer y con el viverista con la finalidad de obtener los plántones forestales. Además, se realizó la planificación de las actividades de acuerdo al cronograma de trabajo y la obtención de los materiales y equipos para la toma de datos en campo definitivo.

Se realizó una limpieza general de la parcela, en esta actividad se utilizó el machete para realizar el corte de la vegetación que principalmente fueron gramíneas que pudieran competir con las futuras plantas establecidas. Una vez limpia la parcela, se realizó el demarcado respectivo, considerando un distanciamiento de cinco metros entre planta y planta, para ello se utilizó una

cinta métrica de 30 m que facilitó ubicar el punto donde se establecieron los plantones y para identificar dicho punto se colocó un jalón de aproximadamente 1,20 m de altura.

Una vez delimitada la parcela experimental, se procedió a realizar un muestreo de los suelos en donde los puntos de muestreo fueron distribuidos al azar, para esta actividad se utilizó una pala recta con el cual se apertura un hoyo en forma de bisel hasta una profundidad aproximada de 30 cm, en de ello se extrajo una submuestra de suelos, siendo en total seis puntos muestreados (Figura 2) con el cual se alcanzó una muestra de aproximadamente 1 kg, el cual fue enviado al laboratorio LASA Tingo María para su análisis respectivo.

Bloque I	M ₁	M ₂	M ₃
Bloque II			
Bloque III	M ₃		M ₁
Bloque IV		M ₂	

Figura 2. Distribución de los puntos de muestreo de suelos en la parcela.

Los resultados del análisis de suelos (Figura 18 del Anexo) reportaron que dicha muestra presentaba 4.28 de pH (extremadamente ácido), 0.83% de materia orgánica (nivel bajo), 0.04% de nitrógeno total (nivel bajo), 5.01 ppm de fósforo (nivel bajo) y 189 ppm de potasio (nivel bajo). La distribución de los plantones en terreno definitivo se realizó empleando una

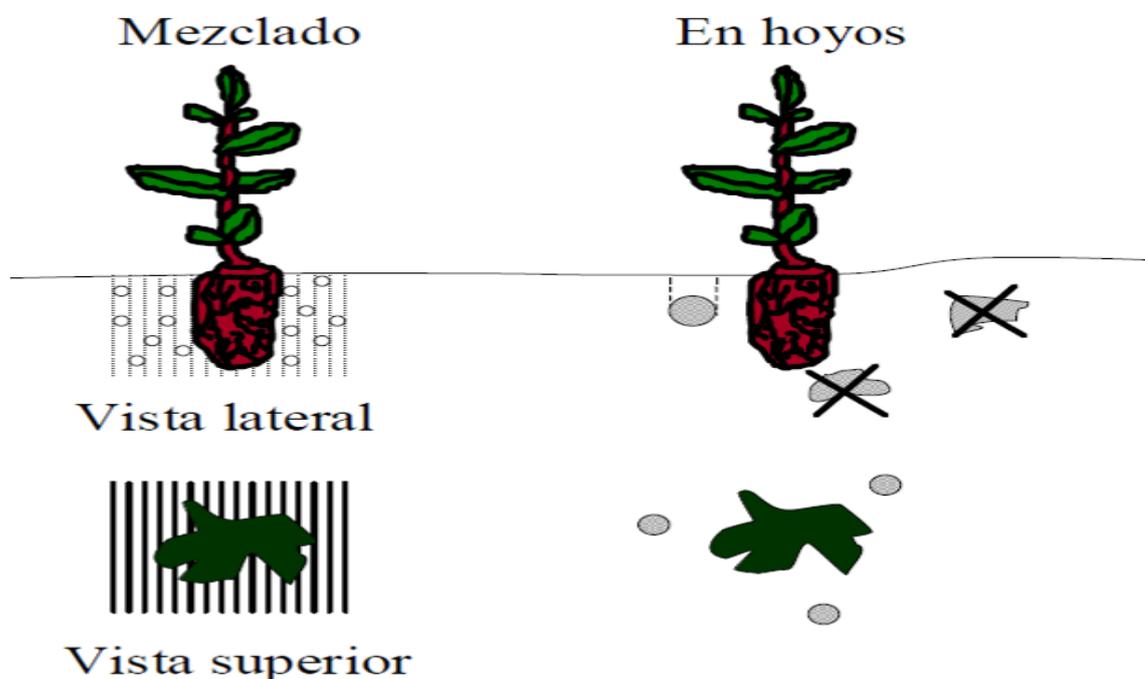
jaba de plástico con el cual se trasladó los plantones hasta el punto ubicado para posteriormente plantarlo; una vez ubicado el punto a establecer se colocó cada individuo al costado del jalón (40 cm aproximadamente) en posición vertical con la finalidad de que no sufra quemadura en el envés de la hoja.

La apertura de hoyos se realizó utilizando una pala recta y pico, la primera herramienta se consideró cuando el terreno no presentaba piedras o raíces, mientras que en caso del pico se utilizó cuando se tuvo mayor limitante durante la apertura de hoyos. Además, se utilizó un machete en caso de querer cortar alguna raíz que limite la apertura de hoyos. Las dimensiones de los hoyos fueron de 30 cm x 30 cm x 30 cm teniendo en consideración el largo, ancho y la profundidad del hoyo, dicho valor fue considerado debido a que las enmiendas con el abono orgánico se aplicaron en forma mezclada dentro de los hoyos y fue necesario un espacio un poco mayor en relación a las plantaciones que se realizan tradicionalmente.

Durante la plantación propiamente dicha, se utilizó la herramienta conocida como azadón o lampa con la cual se extrajo la capa superficial de los costados del hoyo. La tierra extraída durante la apertura del hoyo se le añadió la dolomita y/o roca fosfórica con el compost de acuerdo a la distribución de los tratamientos en la parcela experimental, a ello se les mezcló teniendo como componentes a la enmienda, compost y tierra (Figura 9 del Anexo), de esta mezcla se colocó una porción en el fondo del hoyo, luego se realizó una poda transversal del sistema radicular de los plantones, se le quitó la bolsa de polietileno realizando una ruptura por la costura de la misma y se colocó en

forma vertical en el hoyo manteniendo uniformidad entre el nivel del suelo y el cuello de la planta, posteriormente se le añadió a los costados el resto de la tierra mezclada (Figura 11 del Anexo), se le apisonó a los costados del pan de tierra y se juntó las bolsas de polietileno.

La fertilización inorgánica se realizó al mes y a cuatro meses posteriores de establecido, para ello se elaboró un pequeño tacarpo con una dimensión aproximada de 0.30 m con una punta aguda en un extremo, dicho material sirvió para elaborar tres hoyos alrededor de la planta en estudio (Figura 2) a un distanciamiento aproximado entre 15 a 20 cm desde la base de la planta, se aplicó la dosis correspondiente al fertilizante 20-20-20 y con la ayuda de la bota se taparon los hoyos con su respectivo abono.



Fuente: Martínez (2001).

Figura 3. Esquema de abonamiento durante el establecimiento (mezclado) y crecimiento (en hoyos) de plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins.

3.4.1.2. Mantenimiento de la parcela

Se realizó diversas actividades como parte del mantenimiento de la parcela experimental, encontrándose entre ellos el control de las malezas realizado manualmente donde se utilizó el machete y en algunos casos se realizó el corte de la yema terminal de las plantas en caso de encontrarse ramificación.

3.4.1.3. Medición de la altura total

La primera medición de las plantas en terreno definitivo se realizó al día siguiente del establecimiento con la finalidad de obtener los datos iniciales y una vez aplicadas los tratamientos, se consideró mediciones mensuales hasta los cinco meses posteriores al establecimiento para obtener los efectos de cada tratamiento.

A la variable altura total (cm) se le realizó la medición utilizando una wincha de 3,0 m desde la base de la planta (ras del suelo) hasta la yema terminal de la misma, y la unidad de medida utilizada fue en centímetros (Figura 15 del Anexo).

3.4.1.4. Medición del diámetro de tallo

El diámetro del tallo se midió a una altura de 10 cm sobre el ras del suelo y se utilizó un vernier digital donde las unidades utilizadas fueron en milímetros (Figura 14 del Anexo).

3.4.2. Evaluación del efecto de la fertilización sobre la robustez y el diámetro de copa en las plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados

La robustez por ser un indicador de la resistencia de las plantas a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos (Rodríguez 2008). Se estimó a partir del cociente entre la altura total (cm) con el diámetro del cuello del tallo (mm):

$$\text{Robustez} = \frac{\text{Altura total (cm)}}{\text{Diámetro del cuello de la planta (mm)}}$$

La medición del diámetro de copa también se realizó en periodos mensuales desde el día siguiente al establecimiento. Esta variable se midió (Figura 13 del Anexo), considerando las orientaciones cardinales, siendo las medidas de Este a Oeste y de Norte a Sur, generando en total dos medidas, que posteriormente se calculó el promedio aritmético para generar un solo dato, y la unidad de medida utilizada fue en centímetros.

3.4.3. Determinación del efecto de la fertilización en la mortalidad de plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados

Para determinar la mortalidad, se ha tenido que contar las plantas muertas respecto al total de individuos instalados en cada tratamiento, y los

resultados fueron expresados mediante valores porcentuales. Se ha considerado como plantas muertas cuando los individuos se secaron desde la raíz, tallo y hojas. Una vez contados los individuos muertos, se procedió a tabular y dicha variable fue expresada en valores porcentuales en base al total de plantas que se encontraban por cada unidad experimental (cinco plantas correspondían al 100%), el análisis fue comparativo y no se utilizó el análisis de la varianza.

3.4.3.1. Análisis de datos

Los datos fueron tabulados en la hoja de cálculo Ms Excel 2010 en donde se codificaron los respectivos bloques y tratamientos acompañados por las repeticiones a la que pertenece cada unidad experimental (ubicado en cada columna colindante), luego se le añadió los datos respectivos desde la primera hasta la última medición realizada para las variables dependientes.

Para la contrastación o verificación de la hipótesis planteada, fue necesario el uso de una herramienta estadística denominada análisis de la varianza (Cuadro 5) en donde la lectura a realizar fue el p-valor, el cual si fue menor a 0.05 se rechazó la hipótesis nula aceptando la hipótesis alterna y si fuese superior a 0.05 se aceptó la hipótesis H_0 .

En caso de encontrar diferencias estadísticas y aceptar la hipótesis alterna (H_1), se realizó la comparación de medias mediante la prueba de Duncan en donde se obtenía el tratamiento o los tratamientos con mayor promedio, a los cuales se le categorizó por subconjuntos asignándoles valores iniciales del abecedario, mientras que a el tratamiento o los tratamientos con

menores promedios se les asignó valores secundarios del abecedario con la finalidad de resaltar las diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 5. Esquema del análisis de la varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloques	3
Tratamientos	2
Error experimental	6
Total	11

Además, se determinó el coeficiente de variación ya que es de utilidad cuando se desea comparar variabilidad de diferentes poblaciones o muestras y según Calzada (1970) en los experimentos de rendimientos ganaderos y agronómicos presentan generalmente variaciones entre 9% hasta 29%, valores que exceden este rango son considerados como extremos. Una vez analizada los datos se elaboraron cuadros y figuras que posteriormente se interpretaron y se elaboró el informe final de la tesis.

IV. RESULTADOS

4.1. Efecto de la fertilización sobre la altura total y diámetro del tallo en las plantas *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados

4.1.1. Altura total

Los bloques generados en la parcela experimental presentaron efectos estadísticos significativos sobre la altura total de las plantas en todo el periodo de investigación, mientras que solo se registró efectos estadísticos significativos entre los tratamientos aplicados a partir del cuarto mes de establecido (Cuadro 6).

Cuadro 6. ANVA para el efecto de la fertilización sobre la altura total de *Colubrina glandulosa*.

FV	GL	p-valor ₁	p-valor ₂	p-valor ₃	p-valor ₄	p-valor ₅	p-valor ₆
Bloque	3	0,0050*	0,0132*	0,0203*	0,0148*	0,0019*	0,0116*
Tratamiento	2	0,1282 ^{ns}	0,8860 ^{ns}	0,4547 ^{ns}	0,1871 ^{ns}	0,0470*	0,0112*
Error	6						
Total	11						

CV: 5,08%, 10,21%, 11,81%, 13,30%, 10,08%, 12,33% respectivamente.

*: Existe diferencias estadísticas significativas; ns: no existe diferencias estadísticas significativas. 1, 2, ..., 6 corresponden a los periodos de medición desde el inicio hasta los cinco meses de establecido.

En el análisis numérico de los promedios, se observa que al establecerse la parcela experimental, las plantas que se consideraron como control registraban la mayor altura total con una media de 33,00 cm, en comparación a las plantas que habían sido sometidas a los diferentes dosis de fertilizantes, pero estadísticamente se mantuvieron dichas similitudes hasta los cuatro meses de establecido, en donde se observa que mayores promedios se registró en las plantas fertilizadas en comparación al control. La variabilidad de los datos se fue incrementándose mientras más tiempo transcurría el tiempo posterior al establecimiento, traduciéndose en que las plantas a mayor edad presentaban alturas totales mucho más variables, que se representa en el estadístico desviación estándar (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de medias para el efecto de la fertilización sobre la altura total de *Colubrina glandulosa*.

Tiempo desde la plantación	T ₀ (media±DE)	T ₁ (media±DE)	T ₂ (media±DE)
0 días	33,00±3,13 ^a	30,45±4,08 ^a	30,85±3,41 ^a
30 días	37,30±4,82 ^a	36,61±7,17 ^a	37,95±8,97 ^a
60 días	40,90±5,30 ^a	43,73±10,57 ^a	45,75±10,18 ^a
90 días	45,80±7,32 ^a	54,30±14,44 ^a	55,10±15,02 ^a
120 días	53,75±10,16 ^b	65,46±21,57 ^a	66,89±15,53 ^a
150 días	62,65±11,14 ^b	88,22±28,72 ^a	92,48±13,05 ^a

T₀: Sin abono; T₁: Dolomita + Compost + 20-20-20; T₂: Roca fosfórica + compost + 20-20-20

1, 2, ..., 6 corresponden a los periodos de medición desde el inicio hasta los cinco meses de establecido.

Letras diferentes demuestran significancias estadísticas.

El comportamiento de la altura total en las plantas de *Colubrina glandulosa* sometidas a diferentes tratamientos se observa que a partir del periodo entre los 30 a 60 días, la pendiente de la curva fue mayor en comparación al control (T_0), dicho comportamiento se mantuvo hasta los 150 días en donde las plantas que recibieron dosificación de roca fosfórica con compost y 20-20-20 alcanzaron una altura promedio de 92,48 cm, superando a los 88,22 cm alcanzado por las plantas tratadas con dolomita más compost y 20-20-20; los menores promedios se observó en el control que solamente alcanzó 62,65 cm a una edad de cinco meses posteriores al establecimiento y 29.83 cm inferior a los individuos que recibieron roca fosfórica a pesar que en el establecimiento en terreno definitivo las plantas que fueron consideradas como control presentaban ligero promedio con un valor de 33,00 cm (Figura 4).

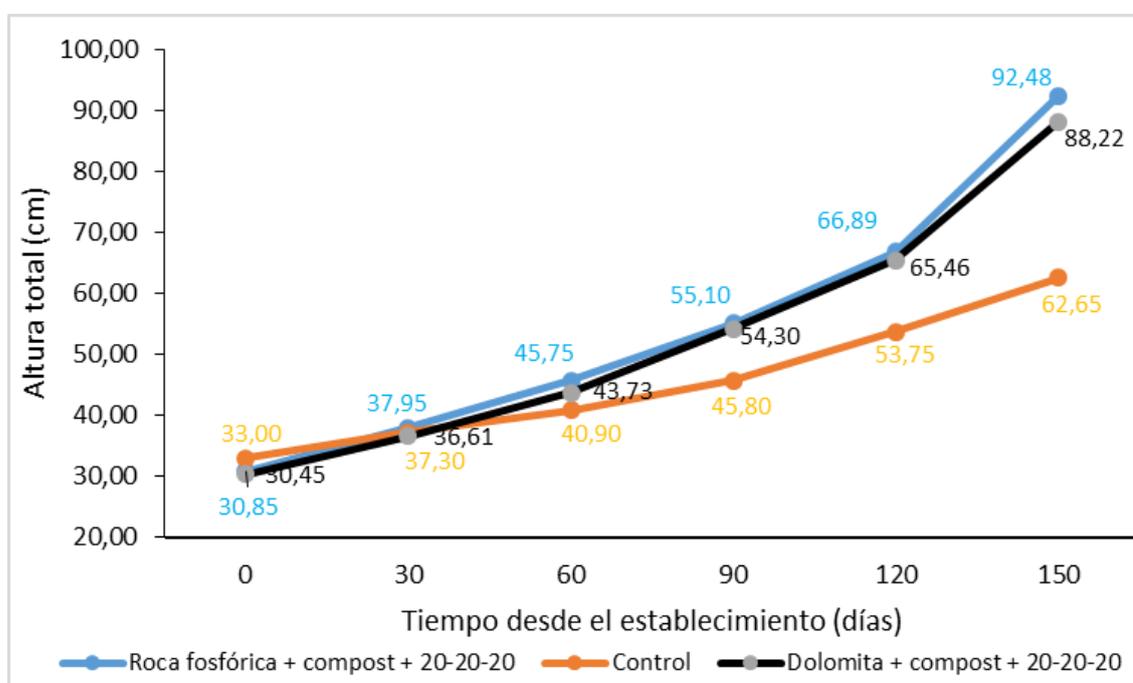


Figura 4. Comportamiento de la altura total de *Colubrina glandulosa* sometidas a fertilización en suelos degradados.

4.1.2. Diámetro del tallo

Los bloques generados en la parcela experimental presentaron efectos estadísticos significativos sobre el diámetro del tallo de las plantas de *Colubrina glandulosa* establecidos en suelos degradados durante todo el periodo en estudio. En caso del uso de los fertilizantes aplicados, se observó que desde iniciada el establecimiento hasta los dos meses posteriores se registró similares efectos estadísticos para el diámetro del tallo, mientras que al tercer mes se registró diferencias estadísticas significativas y al cuarto mes nuevamente no se observó diferencias estadísticas significativas, siendo resaltante al quinto mes diferencias estadísticas con el cual se tiene que al menos uno de los tratamientos alcanzaron diferentes efectos. Los valores correspondientes a la variabilidad son adecuados para el diámetro del tallo debido a que no sobrepasan el 29% (Cuadro 8).

Cuadro 8. ANVA para el efecto de la fertilización sobre el diámetro del tallo en *Colubrina glandulosa*.

FV	GL	p-valor ₁	p-valor ₂	p-valor ₃	p-valor ₄	p-valor ₅	p-valor ₆
Bloque	3	0,0315*	0,0315*	0,0094*	0,0032*	0,0080*	0,0042*
Tratamiento	2	0,2523 ^{ns}	0,2523 ^{ns}	0,0895 ^{ns}	0,0180*	0,0756 ^{ns}	0,0059*
Error	6						
Total	11						

CV: 11,72%, 10,71%, 11,06%, 9,52%, 11,68%, 9,86% respectivamente.

*: Existe diferencias estadísticas significativas; ns: no existe diferencias estadísticas significativas.

1, 2, ..., 6 corresponden a los periodos de medición desde el inicio hasta los cinco meses de establecido.

La aplicación de fertilizantes constituidos por roca fosfórica mezcladas con compost y 20-20-20, así como de dolomita mezcladas con compost y 20-20-20 repercutieron de manera significativa en comparación al control a partir del segundo mes de establecido en la variable diámetro del tallo de la *Colubrina glandulosa*, alcanzando promedios de 11,35, 10,53 y 7,89 cm respectivamente. La variación de los datos correspondiente al diámetro del tallo se fue incrementando mientras transcurría el tiempo posterior al establecimiento, esto fue corroborado en todos los tratamientos, aunque en menor dimensión en las plantas consideradas como control (T₀) debido a que la desviación estándar solo fue 1,29 cm, mientras que en el T₁ y T₂ se obtuvieron valores de 3,08 y 2,00 cm respectivamente (Cuadro 9).

Cuadro 9. Comparación de medias para el efecto de la fertilización sobre el diámetro del tallo en *Colubrina glandulosa*.

Tiempo desde la plantación	T ₀ (media±DE)	T ₁ (media±DE)	T ₂ (media±DE)
0 días	3,22±0,28 ^a	2,99±0,46 ^a	2,89±0,38 ^a
30 días	3,85±0,48 ^a	4,08±0,81 ^a	4,43±0,81 ^a
60 días	4,71±0,88 ^a	5,21±1,31 ^a	5,82±1,25 ^a
90 días	5,17±0,99 ^b	6,12±1,70 ^a	6,84±1,38 ^a
120 días	6,21±0,81 ^a	7,16±2,35 ^a	7,88±1,59 ^a
150 días	7,89±1,29 ^b	10,53±3,08 ^a	11,35±2,00 ^a

T₀: Sin abono; T₁: Dolomita + Compost + 20-20-20; T₂: Roca fosfórica + compost + 20-20-20.

Letras diferentes demuestran significancias estadísticas.

1, 2, ..., 6 corresponden a los periodos de medición desde el inicio hasta los cinco meses de establecido.

El comportamiento de los promedios, se registra que, entre lo establecido hasta el mes de establecido, el uso de roca fosfórica mezcladas con compost y 20-20-20 tuvieron superioridad de efectos, manteniéndose dicho comportamiento hasta los cinco meses de establecido con una media de 11,35 mm, superando en un 0,82 mm a las plantas tratadas con dolomita mezclada con compost y 20-20-20 que reportó una media de 10,53 mm, mientras que en los individuos considerados como control solamente crecieron en promedio 7,89 mm, siendo 3.46 mm menos que el tratamiento con el mayor promedio. Es notorio que una vez establecido las plantas la media correspondiente al control fue ligeramente superior con una media de 3,22 mm, siendo superado por los demás tratamientos (T_1 y T_2) nada más que durante los primeros 30 días de crecimiento (Figura 5).

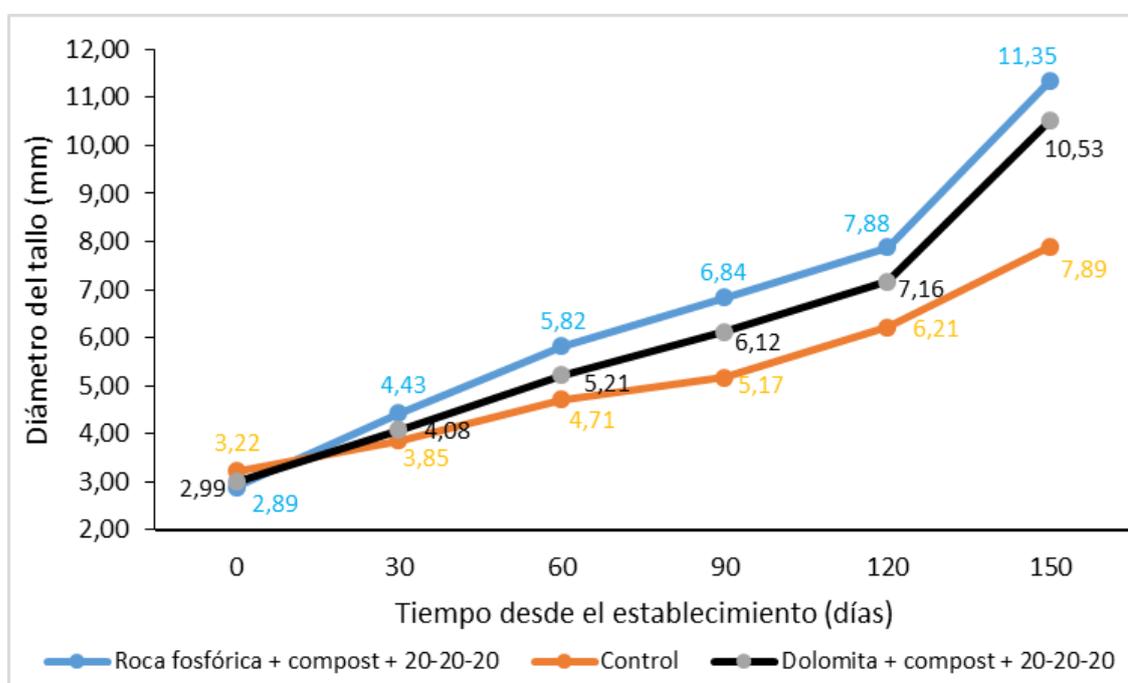


Figura 5. Comportamiento del diámetro de tallo en *Colubrina glandulosa* sometidas a fertilización en suelos degradados.

4.2. Efecto de la fertilización sobre la robustez y el diámetro de copa en las plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados

4.2.1. Robustez

Sobre la robustez, los bloques generados en la parcela experimental no presentaron efectos estadísticos significativos, ratificando que bajo los niveles de la pendiente los valores de la robustez fueron similares; de manera similar, los tratamientos aplicados a las plantas de *Colubrina glandulosa* no registraron efectos estadísticos (Cuadro 10). Los valores correspondientes a la variabilidad son adecuados para la robustez debido a que no sobrepasan el 29%, pero en caso de las dos últimas mediciones se observa mayor homogeneidad con valores de 8,05%, 7,64% respectivamente.

Cuadro 10. ANVA para el efecto de la fertilización sobre el índice de robustez en *Colubrina glandulosa*.

FV	GL	p-valor ₁	p-valor ₂	p-valor ₃	p-valor ₄	p-valor ₅	p-valor ₆
Bloque	3	0,8756 ^{ns}	0,2075 ^{ns}	0,2388 ^{ns}	0,3469 ^{ns}	0,4435 ^{ns}	0,1481 ^{ns}
Tratamiento	2	0,6840 ^{ns}	0,1371 ^{ns}	0,3572 ^{ns}	0,3542 ^{ns}	0,5717 ^{ns}	0,9800 ^{ns}
Error	6						
Total	11						

CV: 10,43%, 7,02%, 9,04%, 10,90%, 8,05%, 7,64% respectivamente.

*: Existe diferencias estadísticas significativas; ns: no existe diferencias estadísticas significativas.

1, 2, ..., 6 corresponden a los periodos de medición desde el inicio hasta los cinco meses de establecido.

En la prueba de comparación de medias (Duncan) respecto a la variable índice de robustez o esbeltez, se tiene que al día siguiente del establecimiento las plantas presentaban valores muy similares y debido al valor que obtuvieron es un indicativo que los plántones de *Colubrina glandulosa* utilizados del vivero presentaban una calidad baja respecto a la robustez, ya que el valor promedio que obtuvieron fueron superiores a 8,0 que es considerada para especies latifolizadas; a partir del primer mes de establecido, se observa que el valor de dicho índice empieza disminuir con el cual se ratifica que la ganancia del diámetro del tallo fue mucho más rápido y con ello fue mejorando la calidad de los individuos considerados en el estudio, este comportamiento también se mostró en las plantas que no fueron fertilizadas consideradas como control, el valor del índice fue superior en los dos y tres meses después del establecimiento en las plantas que fueron fertilizadas con la mezcla de roca fosfórica, compost y 20-20-20, pero dicha calidad siempre se mantuvo como baja debido a que no superó el límite de 8,0 a los cinco meses posteriores al establecimiento (Cuadro 11 y Figura 6).

Las plantas que fueron abonadas con roca fosfórica mezclada al compost y añadido 20-20-20 fueron las que mejoraron su calidad en base a la robustez con mucha más rapidez, debido a que en un periodo de 60 días disminuyó 2,87 de robustez (10,97 al inicio y 8,1 a los dos meses), mientras que en ese periodo de tiempo los individuos considerados como control solo disminuyeron 1,66 de robustez (10,48 al inicio y 8,82 a los dos meses), manteniéndose similares valores hasta los 120 días y a los cinco meses dicho índice se homogenizó (Cuadro 11 y Figura 6).

Cuadro 11. Comparación de medias para el efecto de la fertilización sobre la robustez de *Colubrina glandulosa*.

Tiempo desde la plantación	T ₀ (media±DE)	T ₁ (media±DE)	T ₂ (media±DE)
0 días	10,48±0,37 ^a	10,29±1,21 ^a	10,97±1,05 ^a
30 días	9,78±0,52 ^a	9,21±1,01 ^a	8,70±0,64 ^a
60 días	8,82±0,69 ^a	8,63±1,31 ^a	8,01±0,26 ^a
90 días	8,94±0,45 ^a	9,03±1,59 ^a	8,08±0,52 ^a
120 días	8,75±0,63 ^a	9,01±0,84 ^a	8,46±0,64 ^a
150 días	8,13±0,66 ^a	8,21±0,97 ^a	8,19±0,64 ^a

T₀: Sin abono; T₁: Dolomita + Compost + 20-20-20; T₂: Roca fosfórica + compost + 20-20-20.

1, 2, ..., 6 corresponden a los periodos de medición desde el inicio hasta los cinco meses de establecido.

Letras diferentes demuestran significancias estadísticas.

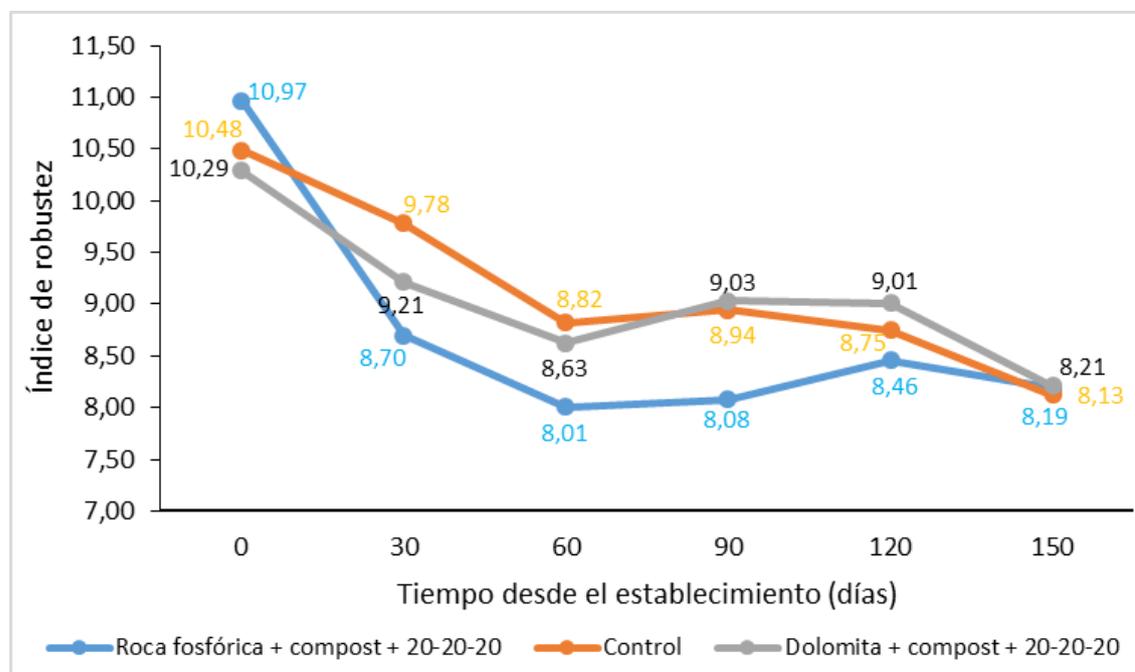


Figura 6. Comportamiento de la robustez en *Colubrina glandulosa* sometidas a fertilización en suelos degradados.

4.2.2. Diámetro de copa

La delimitación de los bloques generados (en base a la pendiente del terreno) en la parcela experimental no presentaron efectos estadísticos significativos sobre el diámetro de copa de las plantas de shaina establecidos en suelos degradados, dicha ausencia de efectos se observó durante todo el periodo en estudio. En caso del uso de los tratamientos considerados (fertilizantes), se observó que desde el establecimiento hasta los tres meses posteriores se registró similares efectos estadísticos sobre la variable diámetro de copa, mientras que desde el cuarto mes se reportó diferencias estadísticas significativas, motivo por el cual se acepta la hipótesis alterna (H_1) con el cual se tiene que al menos uno de los tratamientos alcanzó diferentes efectos sobre el diámetro de copa. La variabilidad de los datos fueron las adecuadas por no superar el 29% (Cuadro 12).

Cuadro 12. ANVA para el efecto de la fertilización sobre el diámetro de copa de *Colubrina glandulosa*.

FV	GL	p-valor ₁	p-valor ₂	p-valor ₃	p-valor ₄	p-valor ₅	p-valor ₆
Bloque	3	0,1679 ^{ns}	0,5688 ^{ns}	0,5954 ^{ns}	0,3032 ^{ns}	0,0632 ^{ns}	0,1919 ^{ns}
Tratamiento	2	0,1819 ^{ns}	0,4555 ^{ns}	0,2044 ^{ns}	0,1603 ^{ns}	0,0365*	0,0207*
Error	6						
Total	11						

CV: 12,14%, 23,45%, 28,00%, 19,34%, 12,36%, 19,30% respectivamente.

*: Existe diferencias estadísticas significativas; ns: no existe diferencias estadísticas significativas.

1, 2, ..., 6 corresponden a los periodos de medición desde el inicio hasta los cinco meses de establecido.

En la comparación de medias mediante la prueba de Duncan, se registró que a partir de los cuatro meses de establecido se observó que las plantas sometidas a la fertilización con fosfórica, compost y 20-20-20 alcanzaron una media de 39,49 cm, en adelante, a los cinco meses desde el establecimiento se mantuvo dicha superioridad alcanzando una media de 52,55 cm, mientras que las plantas que no fueron fertilizadas solo alcanzaron una media de 30,04 cm siendo inferior en 22,51 cm al tratamiento anterior. Además, que las variabilidades de los datos fueron irregulares en el T₀ y T₂, de manera contraria se observa que la desviación estándar en el T₁ se fue incrementando desde 2,21 cm cuando se establecieron las plantas hasta los 12,86 cm que se registró a los cinco meses de establecido (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación de medias para el efecto de la fertilización sobre el diámetro de copa de *Colubrina glandulosa*.

Tiempo desde la plantación	T ₀ (media±DE)	T ₁ (media±DE)	T ₂ (media±DE)
0 días	17,28±2,06 ^a	17,98±2,21 ^a	15,03±3,00 ^a
30 días	19,13±2,96 ^a	21,23±5,55 ^a	23,88±5,42 ^a
60 días	28,70±7,26 ^a	29,64±6,27 ^a	40,73±11,71 ^a
90 días	25,55±3,86 ^a	28,76±7,41 ^a	34,53±6,75 ^a
120 días	29,41±2,52 ^b	32,68±8,39 ^{ab}	39,49±5,68 ^a
150 días	30,04±4,33 ^b	41,68±12,86 ^{ab}	52,55±9,09 ^a

T₀: Sin abono; T₁: Dolomita + Compost + 20-20-20; T₂: Roca fosfórica + compost + 20-20-20.

1, 2, ..., 6 corresponden a los periodos de medición desde el inicio hasta los cinco meses de establecido.

Letras diferentes demuestran significancias estadísticas.

El comportamiento del diámetro de copa fue superior en las plantas de *Colubrina glandulosa* que se fertilizaron con fosfórica mezcladas con compost y 20-20-20, registrando un incremento acelerado hasta los dos meses después del establecimiento con una media de 40,73 cm, luego presentó un ligero decaimiento hasta los tres y cuatro meses de establecido con valores de 34,53 y 39,49 cm respectivamente, finalmente se incrementó la dimensión hasta los cinco meses de establecido con una media de 52,55 cm, seguidamente, se encontraron las plantas fertilizadas con dolomita mezclada al compost y 20-20-20 donde la media alcanzada a los cinco meses fue de 41,68 cm siendo inferior en 10,87 cm y finalmente se encontró a las plantas sin fertilización con una media de 30,04 cm. La variación mostrada a los 90 días de establecido se le atribuye a que las plantas empezaron a defoliar debido a la madurez de las hojas más cercana a la base de la planta (Figura 7).

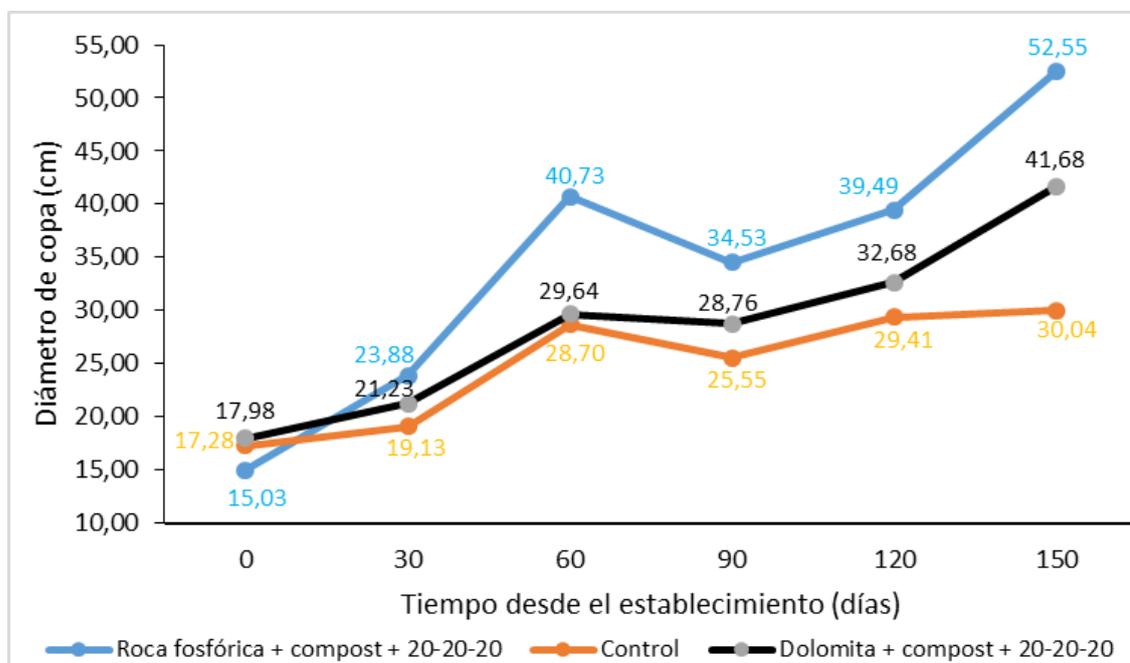


Figura 7. Comportamiento del diámetro de copa en *Colubrina glandulosa* sometidas a fertilización en suelos degradados.

4.3. Efecto de la fertilización en la mortalidad de plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados

La mortalidad de las plantas de *Colubrina glandulosa* fue superior en los individuos que se les fertilizó con dolomita mezclada al compost y aplicado el fertilizante 20-20-20, debido a que al mes de establecido ya presentaba 10% de mortalidad, dicho valor se incrementó a los cuatro meses de establecido a un valor total de 15% (5% adicional al mes anterior), siendo seguido dicha variable por las plantas que no fueron fertilizadas (testigo) por presentar 10% de individuos muertos, mientras que, las plantas que fueron tratadas con fosfórica mezcladas con compost y 20-20-20 solo alcanzaron un porcentaje de plantas muestras correspondiente al 5,0% que recién se percibió a los cuatro meses posteriores al establecimiento. La mortalidad no fue un efecto directamente de la fertilización sino a causa de las condiciones del suelo degradado (Cuadro 14 y Figura 8).

Cuadro 14. Mortalidad (%) en *Colubrina glandulosa* sometidas a fertilización en suelos degradados.

Tratamientos	30 días	60 días	90 días	120 días	150 días
Control	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
Do + Co + 20-20-20	10,0	10,0	10,0	15,0	15,0
RF + Co + 20-20-20	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0

Do: Dolomita; RF: Roca fosfórica; Co: Compost.

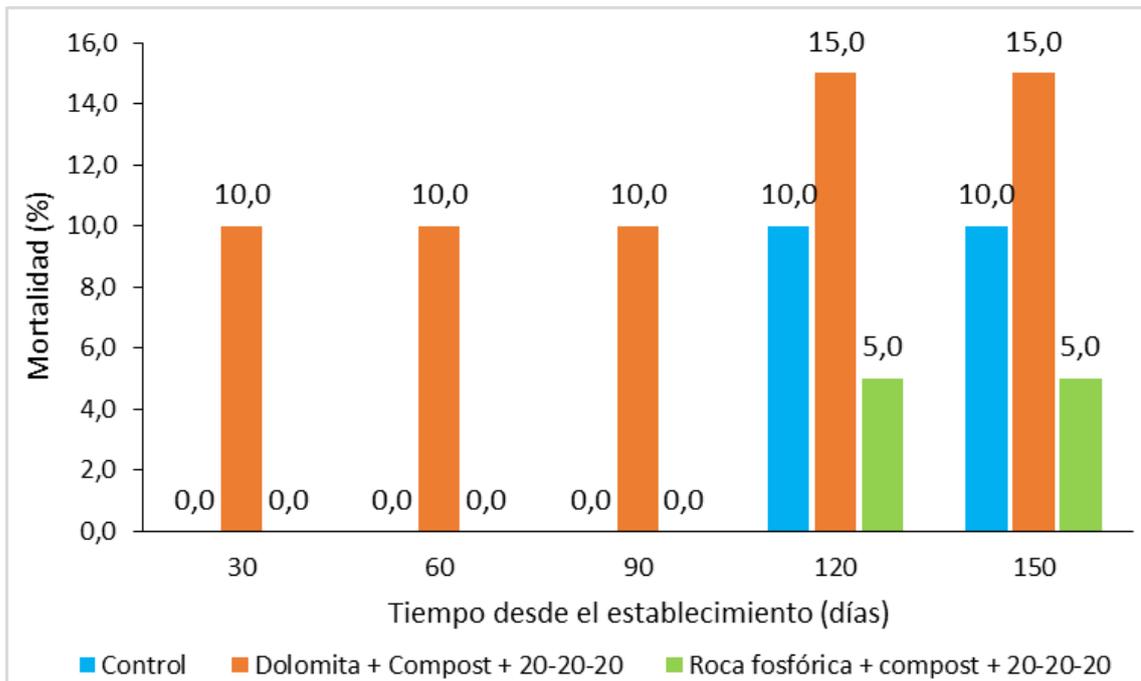


Figura 8. Comportamiento de mortalidad (%) en *Colubrina glandulosa* sometidas a fertilización en suelos degradados.

V. DISCUSIÓN

5.1. Determinación del efecto de la fertilización sobre la altura total y diámetro del tallo en las plantas *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados

El uso de fertilizantes favoreció el crecimiento en altura total de las plantas de la especie en estudio, siendo el mayor promedio alcanzado de 92,48 cm al aplicarse roca fosfórica mezclada con compost y el fertilizante 20-20-20 en comparación al control que solo alcanzó una media de 62,65 cm a los cinco meses de establecido. Alegre *et al.* (2000) en un suelo con barbecho secundario con ocho años de edad, instaló la *Colubrina glandulosa* y al año obtuvo promedios de altura total de 2,77 m que en caso de estimar a cinco meses estaría con un valor de 115 cm, con el cual se muestra que en suelos con barbechos de 8 años presenta mayor crecimiento la *Colubrina glandulosa*. El mismo autor indica que, al establecerse la *Colubrina glandulosa* con cobertura de centrosema registró valores de 2,17 m que al estimar a cinco meses estaríamos obteniendo una media de 90 cm, con el cual se observa que al tener competencia en la plantación de *Colubrina glandulosa* merma su crecimiento en altura total. Esta diferencia con los resultados del estudio, se obtuvo debido a que el suelo donde se estableció la *Colubrina glandulosa* se encontraba perturbada por las actividades agronómicas y productos químicos aplicados en la parcela al cultivarse la hoja de coca.

La mayor altura total se observó en las plantas tratadas con roca fosfórica mezclada al compost y añadido el fertilizante 20-20-20, siendo las medias a los cinco meses de 92,48 cm; sin embargo, Torres (2013) que utilizó los plántones procedentes de tubetes con sustratos compuesto por tierra agrícola (50%) + aserrín (25%) + Bokashi (25%), obtuvo plantas que alcanzaron alturas promedios de 34,87 cm a los cinco meses posteriores al establecimiento, comportamiento atribuido al tipo de envase utilizado en la producción de plántones, además de ello, se puede considerar a que en suelos con más fertilidad existe mayor competencia por espacio con la vegetación competitiva ya que la especie en estudio es heliófita en su totalidad.

La aplicación de fertilizantes también mejoró los valores promedios del diámetro de las plantas a los cinco meses posteriores a su establecimiento donde el mayor promedio fue de 11,35 mm, dichos resultados fueron inferiores a lo reportado por Alegre *et al.* (2000) al instalar en un suelo donde existía barbecho secundario con ocho años de edad y reportó el diámetro del tallo de 3,58 cm con el cual interpolando a cinco meses sería de 14,9 mm, valor atribuido a que los suelos presentaron mejores condiciones nutricionales debido al barbecho existente en dicho medio. Resultados inferiores reporta Torres (2013) al establecer los plántones procedentes de la producción en fase de vivero donde se utilizó como sustrato en la proporción Tierra agrícola (50%) + aserrín (25%) + Bokashi (25%) donde el diámetro a 10 cm sobre el suelo promedios 3,35 mm a los cinco meses después de establecido, posiblemente atribuido a la competencia de las malezas que crecían mucho más rápido en dicho experimento a causa de suelos más fértiles.

Mejores valores se observaron al utilizar roca fosfórica mezclada al compost y añadido el fertilizante 20-20-20 (92,48 cm en altura y 11,35 mm en diámetro), mientras que, Messias y Silveira (2012) en ambientes con una irradiación de $26 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y durante 210 días las plantas de *Colubrina glandulosa* en terreno definitivo alcanzaron 22,53 cm con un diámetro del tallo de 3 mm, siendo inferior a lo encontrado en el estudio, debido posiblemente a que las parcelas no se encontraban a pleno sol.

5.2. Evaluación del efecto de la fertilización sobre la robustez y el diámetro de copa en las plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados

EL índice de robustez a los cinco meses fue similar para los tres tratamientos utilizados, con medias desde 8,13 hasta 8,21, mientras que Carama *et al.* (2017) en plántones con 115 días producidos en sustrato constituido por estiércol de bovino (20%), tierra de horizonte A (60%), arena (10%) y vermiculita (10%) reportaron un índice de robustez de 3,35 considerado como calidad alta; además, Messias y Silveira (2012) en ambientes con una irradiación de $26 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ con siete meses de edad reportó una robustez de 7.51 y bajo $36 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ alcanzaron 7.89 de robustez, los cuales son inferiores a lo reportado en el presente estudio, diferencia atribuido posiblemente a las condiciones en donde se ejecutaron los estudios, como es el caso de las condiciones climáticas, el manejo otorgado durante la producción de plántones como el establecimiento en terreno definitivo y las diferencias de las condiciones edáficas.

La robustez no fue afectado por la aplicación de los fertilizantes debido a que fue mejorando ligeramente en los tres tratamientos utilizados, dicho comportamiento se le atribuye a que esta especie presenta una morfología bien identificada, con copas pequeñas y un fuste recto con pocas ramificaciones con el cual es muy factible para emplear en asociaciones con otras especies, comportamiento de esta especie corroborado por Ríos y Domínguez (2007) en parcelas agroforestales, en donde encontró que, los mejores volúmenes de producción de madera rolliza de *Colubrina glandulosa* son las asociaciones para la producción de café bajo sombra con densidades arbóreas totales de 485 y 285 árboles/ha, en donde la *Colubrina glandulosa* representa el 38% y 34% del componente arbóreo.

Mejores resultados en el diámetro de copa se muestra en los plantones que fueron fertilizadas, esto se le atribuye a los efectos de la fertilización ya que para Rodríguez y Álvarez (2010) la fertilización busca mantener las tasas potenciales de crecimiento del sitio, considerando el nivel de los otros factores del manejo de la plantación y en caso de Chapman y Allan (1978) señalan que con la fertilización se busca hacer posible la plantación y el desarrollo de los árboles elegidos en lugares en que no se logra el desarrollo adecuado de los árboles debido a una falta general de fertilidad o deficiencias específicas de nutrientes.

Otra de las repercusiones sobre el crecimiento mayor de las copas en las plantas establecidas fue la aplicación del fertilizante sintético bajo la técnica de hoyos en los alrededores de los individuos, ya que Martínez (2001)

menciona que una de las acciones correspondientes a la correcta aplicación de los fertilizantes es ser enterrados en algunos puntos alrededor de la planta, y a parte de ello las unidades experimentales se encontraban en crecimiento tanto la parte aérea y radical debido a esto se fertilizó al mes de establecido.

5.3. Determinación del efecto de la fertilización en la mortalidad de plantas de *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) que fueron establecidos en suelos degradados

La mortalidad fue mucho mayor en las plantas fertilizadas con dolomita, mientras que Messias y Silveira (2012) en ambientes con una irradiación de $26 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y durante 210 días las plantas de *Colubrina glandulosa* en terreno definitivo reportaron 12% de mortalidad y en caso de someterlas a $36 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ alcanzaron 0,0% de mortalidad; pero de manera general encontró hasta el 40% cuando las plantas fueron sometidas a $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, resultados que ratifican la importancia de la especie en estudio hacia la preferencia de ambientes iluminados.

Se observó mayor mortalidad en las plantas donde se utilizaron la dolomita, posiblemente debido a que hubo un cambio de pH muy radical en el suelo, ya que la SECRETARÍA DE ECONOMÍA (2017) señala que la dolomita aumenta la productividad del terreno por el rápido aumento del pH del suelo (disminuye la acidez) y/o ayuda a corregir deficiencias de magnesio y/o radios de calcio – magnesio. Cuando se aplican en 2,5 ton/ha puede alcanzar resultados similares a la re-elevación del pH y reducir la toxicidad de aluminio.

VI. CONCLUSIONES

1. A 150 días de establecido, la aplicación de fertilizantes en *Colubrina glandulosa* Perkins establecidos en suelos degradados favorecieron en el crecimiento de la altura total en comparación a las plantas sin fertilización.
2. El uso de fertilizantes en *Colubrina glandulosa* Perkins establecidos en suelos degradados no afectaron el índice de robustez, mientras que en caso del diámetro de copa, se evidenció diferencias estadísticas significativas.
3. La mortalidad en *Colubrina glandulosa* Perkins se incrementó al aplicar dolomita más compost más 20-20-20.

VII. RECOMENDACIONES

1. En suelos degradados, establecer especies heliófitas acompañado con abonos orgánicos en la actividad de plantación, a ello se le debe adicionar fertilización inicial durante el primer semestre posterior al establecimiento con la finalidad de acelerar su crecimiento inicial y pueda obtener mayores características morfométricas y se garantice su supervivencia.
2. Fomentar el establecimiento de especies forestales en suelos degradados siempre y cuando a parte de la fertilización se les asocie con otras especies de porte mediano, sea el caso de la guaba (*Inga sp.*) u otras especies con el cual se trate de adecuar las condiciones favorables para el desarrollo de la especie forestal como es el caso de la temperatura de la superficie del suelo, la humedad del suelo, etc.
3. Considerar asociaciones de especies en suelos degradados donde se utiliza cobertura vegetal para favorecer el desarrollo de las plantas.
4. Identificar especies forestales para establecerse en suelos con diferentes niveles de degradación, ya que en la provincia se cuenta con una amplia gama con potencial de recuperación de áreas perturbadas.
5. En estudios similares, se debe incluir el análisis foliar al inicio y final del experimento con la finalidad de ratificar la asimilación de nutrientes del suelo por la especie en estudio.

VIII. ABSTRACT

This study aims to determine the effect of dolomite, compost and 20 + 20 + 20 on the growth of *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) established in degraded soil. It was carried out in a private property located in the Luyando district, Leoncio Prado province, Huánuco region, at an altitude of 640 meters above sea level. Dolomite, Compost and synthetic fertilizer 20-20-20 were used as treatments distributed in three treatments under a randomized complete block design; and the total height of the plants, stem diameter, crown diameter, robustness index and mortality were measured up to five months after establishment, being analyzed under the analysis of variance and Duncan's mean comparison. Significant effects were observed in the applications of the fertilizers favoring the individuals when reaching a greater total height compared to the control, this difference was noticeable from the fourth month of establishment, while in the stem diameter it was favored from the third month of established; In the case of robustness and crown diameter, a higher average was recorded in plants that were treated with phosphoric rock and mortality was higher in those that received dolomite. It is concluded that the use of fertilizers favors the growth of the *Colubrina glandulosa* Perkins (shaina) plants established under degraded soil conditions.

Keywords: *Colubrina glandulosa*, degraded soil, dolomite, phosphoric rock, mortality.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, J; Arévalo, L; Guzmán, W; Rao, M. 2000. Barbechos mejorados para intensificar el uso de la tierra en los trópicos húmedos de Perú. *Agroforestería de las Américas*. 7(27):7-12.
- Anderson, A. 1990. *Alternatives to Deforestation. Steps towards the sustainable use of the amazon rain forest*. New York, EUA. 281 p.
- Ansorena, J; Batalla, E; Merino, D; Moreno, A. 2011. La gestión de los biorresiduos en el marco de la legislación comunitaria y (III). Ejemplo de compost en condiciones ambientales seguras. En *Residuos: Revista técnica*. 21(123):18-31.
- Bernier, RY; Alfaro, M. 2006. Acidez de los suelos y efectos del encalado (en línea). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Osorno, Chile. 47 p. Consultado 28 set. 2018. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33824.pdf>
- Calzada J. 1970. *Métodos estadísticos para la investigación*. 3 ed. Lima, Perú, Editorial Jurídica. 644 p.
- Campillo, RY; Sadzawka, A. 2011. Encalado de suelos para control de acidez y manejo de enmiendas calcáreas (en línea). Centro Regional de Investigación. s.p. Consultado 28 set. 2019. Disponible en <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2016/03/INFORMATIVO-TRIGO-68.pdf>

- Camara, R; Fonseca, AM; Oliveira, AC; Gervasio, M; Oliveira, JQ. 2017. Influência do substrato e inoculação micorrízica na produção de mudas de *Colubrina glandulosa* Perkins. Floresta, Curitiba, PR. 47(4):449 -458.
- Chapman, GY; Allan, T. 1978. Técnicas de establecimiento de plantaciones forestales. Roma, Italia. 206 p.
- Cronquist, A. 1981. Lista de las clases, subclases, órdenes y familias de las angiospermas. Columbia. University Press. New York. 53 p.
- Del Castillo, R. 2003. Cuantificación de biomasa aérea en plantaciones forestales de shaina *Colubrina glandulosa* Perk. (Rhamnaceae) en región San Martín – Perú. Tesis Ing. Tarapoto, Perú, Universidad Nacional de San Martín. 56 p.
- DESCO (Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo, Lima). 2005. Programa Selva Central. Villa Rica, Perú. Manual Técnico. 44 p.
- Dunne, K. 2002. Árboles útiles de la amazonia peruana; Ecología y propagación de especies. Madre de Dios, Perú. 125 p.
- Espinosa, J; Molina, E. 1999. Acidez y encalado de suelos (en línea). International Plant Nutrition Institute IPNI. 42 p. Consultado 20 oct. 2019. Disponible en <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/libros/Acidez%20y%20encalado%20de%20suelos,%20libro%20por%20%20J%20Espinosa%20y%20E%20Molina.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. Propiedades químicas; el pH del suelo (en línea). Roma, Italia, FAO. Consultado 25 set. 2018. Disponible en <http://www>.

fao.org/soils-portal/levantamiento-desuelos/propiedadesdel-uelo/propiedades-quimicas/es/.

Fassbender, H; Bornemisza, E. 1985. Química de suelos. 2 ed. Revisada IICA. San José. Costa Rica. 420 p.

Fernández, E. 2008. Sistemas silvopastorales establecidos con *Pinus radiata* D. Don y *Betula alba* L. en Galicia: productividad, biodiversidad y sumideros de carbono (en línea). Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. 234 p. Consultado 15 jul. 2019. Disponible en https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2409/9788497509916_content.pdf?sequence=1

Flores, B. 2002. Semilla de especies forestales de importancia económica en la región Ucayali. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Pucallpa, Perú. 81 p.

García, J; Duran, R. 2000. Evaluación de sistemas de labranza sobre la producción de cultivos en suelos algodoneros del valle del Cesar. Suelos Ecuatoriales. 30(1):76-85.

García, K. 2015. Efecto de tres niveles de bocashi y roca fosfórica en un sistema silvopastoril, con capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) y pasto negro (*Brachiaria humidicola*) en la zona de Aucayacu (en línea). Tesis Ing. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva. 80 p. Consultado 12 nov. 2019. Disponible en http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1088/TS_KGR_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Graetz, H. 2004. Suelos y fertilización. 2 ed. México, Trillas. 27 p.
- Hernández, R; Fernández, C; Baptista, M. 2010. Metodología de la investigación. 5 ed. México, Mc Graw Hill/ Interamericana Editores, S.A. de C.V. 613 p.
- Holdridge, R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. 3 ed. San José, Costa Rica, Servicio editorial IICA. 216 p.
- Huamani, H; Mansilla, L. 1995. Caracterización del estado Nutricional de los Suelos Degradados del Alto Huallaga. En Tropicultura. Vol. VII N° 1 – 2. Tingo María, Perú. 17 p.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales, Lima). 2009. Gestión de recursos hídricos en el Perú (en línea). Erosión severa de los suelos por regiones. Consultado 28 oct. 2018. Disponible en <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream>
- Larrea, A. 2007. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de combinaciones agroforestales de *Theobroma cacao* L. y determinación de la ecuación alométrica para el cacao. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 146 p.
- López, E. 1993. Geología General y de México. Distrito Federal, México: Editorial Trillas. 45 p.
- López, W. 1994. Sistemas agrarios de producción. Tarapoto, Perú. 51 p.
- Martínez, I. 2001. Curso de fertilización forestal en la Escuela Agraria de Derio. Artículo Euskadi Basogintza – Euskadi Forestal N° 62. 7 p.

- Messias, R; Silveira, MT. 2012. Crescimento inicial de *Colubrina glandulosa* Perkins var. reitzii (M.C. Johnston) M.C. Johnston em campo e viveiro sob diferentes intensidades de luz. Florianópolis. 41(1):73-82.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2014. Guía para el Muestreo de Suelos / Ministerio del Ambiente. Dirección General de Calidad Ambiental. Lima, Perú. 64 p.
- MOLINOS y CÍA. 2018. Molimax 20-20-20 (en línea). Lima, Perú. Consultado 17 oct. 2018. Disponible en https://www.molicom.com.pe/molinos/web/secciones/producto_detalle.php?idcat=6&idsubcat=9&idprod=17
- NADF (Norma Ambiental para el Distrito Federal, México). 2011. Requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el Distrito Federal. México: Norma NADF 020. 15 p.
- NCH (Norma Chilena Oficial, Santiago). 2005. Compost - Clasificación y requisitos. Norma NCh 2880. Santiago de Chile, Chile. 27 p.
- Palm, C; Vostu, S; Sanchez, P; Ericksen, P. 2005. Slash and Burn. The Search for Alternatives. Columbia University Press, New York, USA.
- Price, M; Walsh, K. 2005. Pocket Nature Rocks and Minerals. Gran Bretaña. Editorial Dorling Kindersley. 152 p.
- Pulgar, J. 1987. Geografía del Perú. Lima, Perú. 26 p.

- QUIMINET. 2006. El uso de la roca fosfórica para fertilizantes (en línea). s.d.t. Consultado 28 set. 2018. Disponible en <https://www.quiminet.com/articulos/el-uso-de-la-rocafosforica-para-fertilizantes-10357.htm>
- Reuter, S. 1991. Manual de Manejo Forestal. Proyectos de Bosques Latifoliados – heliófitos de selva baja. 124 p.
- Ríos, G; Domínguez, G. 2007. Evaluación del potencial agroforestal de *Colubrina glandulosa* Perk ("shaina") en las provincias de Lamas y San Martín, Amazonia peruana. Revista Forestal del Perú. 29(1-2):99-118.
- Rodríguez, J; Álvarez, J. 2010. Nutrición y fertilización de plantaciones forestales. Santiago, Chile, Gráfica LOM.
- Rodríguez, DA. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi Prensa, México. 156 p.
- Ruiz, V. 2011. Efecto de la dolomita en las propiedades físicas y químicas del suelo, en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo condiciones de acidez, en Ricardo Palma- Naranjillo (en línea). Tesis Ing. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva. 80 p.
- Sáenz JT; Muñoz, HJ; Villaseñor, F; Prieto, JA; Rueda, A. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacan, México. 50 p.
- SE (Secretaría de Economía, México). 2017. Perfil de mercado de la dolomita (en línea). Subsecretaría de Minería. México. 53 p. Consultado 01 oct. 2018. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287798/Perfil_Dolomita_2017.pdf

- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2018. Condiciones Climáticas, Hidrológicas y Ambientales en la región Huánuco, Ucayali y la Provincia de Tocache. Boletines hidroclimáticos regionales desde el número BH-01-2017 hasta BH-12-2017. s.p.
- SIRSD-S (Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios, Chile). 2017. Pauta Técnica para la aplicación de compost (en línea). 5 p. Consultado 05 oct. 2019. Disponible en http://www.sag.cl/sites/default/files/pauta-tecnica-aplicacion-de-compost-conc.1-2-3_region_atacama.pdf
- Supo, J. 2014. Seminarios de investigación científica: Metodología de la investigación para las ciencias de la salud. Arequipa, Perú, Bioestadístico. 270 p.
- Tarbuk, E; Lutgens, F. 2005. Ciencias de la Tierra; Una introducción a la geología física. 8 ed. Madrid, España, Pearson Educación S.A. 101 p.
- Torres, J. 2013. Efecto del abono orgánico tipo bokashi en el crecimiento de la shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins) en etapa de vivero y campo definitivo en Tulumayo. Tesis Ing. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva. 75 p.
- Ugarte, W. 1997. Manual sobre el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones maderables para la amazonia peruana. Manual técnico. Perú. 56 p.
- Vargas, O. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. Acta biol. Colomb., 16(2): 221 - 246.

Vázquez, M. 2013. Acidez del suelo y necesidad del encalado. s.d.t.

Zamudio, F; Alvarado, A. 1996. Análisis de diseños experimentales con igual número de submuestras. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo. 58 p.

ANEXO

Anexo A: Formulario

TESIS: EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE *Colubrina glandulosa* Perkins (SHAINA) ESTABLECIDO EN SUELO DEGRADADO EN EL CENTRO POBLADO DE NARANJILLO

Unidad experimental	T	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Diámetro de copa (cm)			Muertas (Unid)
		Mes 0	Mes 0	Mes 0			Observaciones
				D ₁	D ₂	D _T	
s1	T ₀						
s2	T ₀						
s3	T ₀						
s4	T ₀						
s5	T ₀						
s6	T ₂						
s7	T ₂						
s8	T ₂						
s9	T ₂						
s10	T ₂						
s11	T ₁						
s12	T ₁						
s13	T ₁						
s14	T ₁						
s15	T ₁						
s16	T ₂						
s17	T ₂						
s18	T ₂						
s19	T ₂						
s20	T ₂						
s21	T ₁						
s22	T ₁						
s23	T ₁						
s24	T ₁						
s25	T ₁						
s26	T ₀						
s27	T ₀						
s28	T ₀						
s29	T ₀						
s30	T ₀						
...	...						

Anexo B: Matriz de datos

Cuadro 15. Matriz de datos para la altura total (cm) de las plantas de shaina sometidas a diferentes tratamientos.

Bloque	Trat.	Plantas	Hti	HT ₁	HT ₂	HT ₃	HT ₄	HT ₅
1	0	1	35	42	25	26	45,5	---
1	0	2	38	44	50	55	56	68
1	0	3	36	42	51	58	63	81,5
1	0	4	39	48	62	76	88	107,5
1	0	5	37	40	45	51	63	83,5
1	2	1	35	50	66	83	94	106
1	2	2	35	49	55	68	82	103,4
1	2	3	37	49	57	72	82	101,2
1	2	4	37	50	67	86	100	139
1	2	5	35	58	60	79	88	104,5
1	1	1	35	44	47	64	76	108
1	1	2	37	55	82	107	124	152,3
1	1	3	35	44	50	65	81	113
1	1	4	40	51	65	83	98	139
1	1	5	35	38	44	48	---	---
2	2	1	28	34	63	83	100	115
2	2	2	28	30	36	48	50	74,5
2	2	3	25	25	26	26	---	---
2	2	4	30	39	44	55	74	116,8
2	2	5	29	30	31	31	39	64,5
2	1	1	28	37	45	56	65	89
2	1	2	24	28	31	34	35	41
2	1	3	23	27	30	32	34	48
2	1	4	34	42	65	90	115	147,8
2	1	5	31	35	48	72	94	125

Bloque	Trat.	Plantas	Hti	HT ₁	HT ₂	HT ₃	HT ₄	HT ₅
2	0	1	32	37	39	40	44	53
2	0	2	35	44	50	66	80	96,2
2	0	3	34	40	43	48	54	63
2	0	4	32	35	39	41	43	49,5
2	0	5	33	37	43	46	50	54,5
3	1	1	31	35	42	66	80	112
3	1	2	23	27	27	29	35	80
3	1	3	20	21	21	22	23	23,5
3	1	4	34	---	---	---	---	---
3	1	5	30	35	38	44	54	62
3	2	1	28	33	52	63	72	94
3	2	2	33	35	39	45	55	83,5
3	2	3	29	35	42	52	63	76
3	2	4	30	33	38	41	47	65,5
3	2	5	30	32	33	36	47	102
3	0	1	35	39	43	49	54	67,5
3	0	2	27	31	44	56	67	85
3	0	3	33	37	39	43	44	54
3	0	4	35	37	39	42	45	52,3
3	0	5	32	34	36	40	39	40,5
4	0	1	35	38	40	42	49	54,2
4	0	2	23	23	25	25	---	---
4	0	3	28	29	29	30	30	35,5
4	0	4	33	38	41	44	50	56,3
4	0	5	28	31	35	38	45	55,2
4	2	1	32	42	56	67	81	132,7
4	2	2	31	37	43	51	60	76,5
4	2	3	30	35	37	39	47	70
4	2	4	28	30	30	31	34	44,5

Bloque	Trat.	Plantas	Hti	HT ₁	HT ₂	HT ₃	HT ₄	HT ₅
4	2	5	27	33	40	46	57	87,2
4	1	1	32	43	50	59	66	83
4	1	2	23	27	31	34	25	25
4	1	3	28	31	32	33	38	46
4	1	4	32	46	53	61	73	107
4	1	5	34	---	---	---	---	---

Hti: Altura total recién establecido, HT₁: Altura total a un mes, HT₂: Altura total a dos meses, HT₃: Altura total a tres meses, HT₄: Altura total a los cuatro meses, HT₅: Altura total a los cinco meses.

Cuadro 16. Matriz de datos para el diámetro del tallo (mm) de las plantas de shaina sometidas a diferentes tratamientos.

Bloque	Trat.	Plantas	DAC _i	DAC ₁	DAC ₂	DAC ₃	DAC ₄	DAC ₅
1	0	1	3,24	4,06	4,25	4,48	---	---
1	0	2	3,05	3,81	5,03	5,12	5,38	7,95
1	0	3	2,94	4,18	5,80	6,26	6,84	8,59
1	0	4	4,08	5,08	6,99	8,25	9,08	11,45
1	0	5	3,90	4,37	5,87	6,52	8,13	9,86
1	2	1	3,60	6,15	8,12	9,08	9,32	12,73
1	2	2	2,90	5,14	7,58	8,56	9,57	11,77
1	2	3	2,49	4,65	6,40	7,43	8,89	12,41
1	2	4	4,00	5,68	7,48	9,02	10,09	15,27
1	2	5	2,82	5,95	8,79	10,18	11,46	14,64
1	1	1	3,16	4,86	5,96	7,23	7,75	10,50
1	1	2	4,42	6,58	9,83	11,91	13,65	19,41
1	1	3	3,05	4,09	5,96	7,81	9,11	12,73
1	1	4	3,89	6,00	8,53	9,23	10,26	14,64
1	1	5	3,41	4,94	5,17	5,32	---	---
2	2	1	2,76	4,50	7,57	9,44	10,88	14,64
2	2	2	2,29	4,33	5,78	8,61	8,89	13,68
2	2	3	2,34	2,43	2,55	2,58	---	---

Bloque	Trat.	Plantas	DACi	DAC ₁	DAC ₂	DAC ₃	DAC ₄	DAC ₅
2	2	4	2,56	3,59	5,19	7,26	8,17	13,68
2	2	5	2,60	3,01	3,62	5,12	5,56	8,91
2	1	1	3,51	3,60	5,21	6,68	7,71	10,50
2	1	2	2,51	2,58	3,22	3,62	4,29	6,04
2	1	3	2,20	2,40	3,30	4,09	4,84	7,63
2	1	4	3,27	5,52	7,60	10,36	12,39	17,50
2	1	5	3,33	4,33	6,37	7,86	9,83	15,27
2	0	1	2,98	3,25	4,43	4,93	5,56	7,63
2	0	2	4,00	4,62	6,25	7,44	8,48	11,14
2	0	3	3,48	4,05	5,48	5,61	6,34	9,23
2	0	4	2,49	3,55	4,03	4,58	5,07	6,68
2	0	5	4,11	4,28	5,13	5,24	5,25	7,01
3	1	1	3,23	3,80	5,74	7,67	8,21	12,73
3	1	2	3,04	3,14	3,45	3,98	4,98	8,91
3	1	3	2,75	3,03	3,24	3,94	3,21	4,50
3	1	4	3,19	---	---	---	---	---
3	1	5	2,61	4,81	5,08	5,42	6,13	11,14
3	2	1	3,20	4,32	6,96	7,96	8,95	12,09
3	2	2	2,64	5,40	5,66	6,36	7,76	9,86
3	2	3	2,52	3,90	5,85	6,05	6,77	8,59
3	2	4	2,64	4,37	5,03	5,34	5,86	8,27
3	2	5	2,16	3,00	3,15	4,14	5,68	11,14
3	0	1	2,86	3,67	4,19	4,68	5,26	6,68
3	0	2	2,30	3,50	4,92	5,35	6,00	7,63
3	0	3	4,08	4,73	5,21	6,24	6,32	8,27
3	0	4	3,25	4,10	4,26	4,44	4,53	6,36
3	0	5	3,46	3,88	4,74	5,20	5,44	7,32
4	0	1	3,69	3,87	4,24	4,38	8,83	7,63
4	0	2	2,03	2,11	2,18	2,22	---	---

Bloque	Trat.	Plantas	DACi	DAC ₁	DAC ₂	DAC ₃	DAC ₄	DAC ₅
4	0	3	2,33	2,67	3,14	3,87	4,64	5,09
4	0	4	3,03	3,79	4,06	4,27	4,62	6,36
4	0	5	3,06	3,40	3,96	4,29	5,25	7,00
4	2	1	3,43	5,40	7,37	8,00	9,12	14,06
4	2	2	4,64	4,84	5,34	6,47	6,98	10,18
4	2	3	2,81	4,20	4,47	4,63	5,19	7,01
4	2	4	3,05	4,08	4,97	5,37	4,15	6,36
4	2	5	2,40	3,61	4,59	5,10	5,91	8,91
4	1	1	3,17	4,47	4,59	4,95	5,27	7,32
4	1	2	2,04	2,15	2,19	2,22	2,54	3,18
4	1	3	2,64	3,82	4,20	4,31	4,72	6,36
4	1	4	2,00	4,12	5,97	6,12	7,52	11,45
4	1	5	---	---	---	---	---	---

DACi: Diámetro del tallo recién establecido, DAC₁: Diámetro del tallo a un mes, DAC₂: Diámetro del tallo a dos meses, DAC₃: Diámetro del tallo a tres meses, DAC₄: Diámetro del tallo a los cuatro meses, DAC₅: Diámetro del tallo a los cinco meses.

Cuadro 17. Matriz de datos para el diámetro de copa en las plantas de shaina sometidas a diferentes tratamientos.

Bloque	Trat.	Dci	DC ₁	DC ₂	DC ₃	DC ₄	DC ₅
1	0	16	11	12	15	---	---
1	0	15	11	20	21,5	24	24
1	0	25	25	31,5	34	31,5	34
1	0	18	21,5	31,5	36	35,5	34
1	0	22,5	19,5	28	30,5	39,5	40,5
1	2	24	30	50	53,5	63,5	94
1	2	13,5	28	44,5	43,5	38,5	53
1	2	16,5	24,5	39,5	38	34,5	58,5
1	2	16	23	41	36,5	44	51,5
1	2	21	37	50	40,5	44	61
1	1	23	31,5	32,5	29,5	29,5	44

Bloque	Trat.	Dci	DC ₁	DC ₂	DC ₃	DC ₄	DC ₅
1	1	27,5	37,5	55,5	44	68	91,5
1	1	12,5	26,5	36	36	38,5	35,5
1	1	24	28	35	36	32	30,5
1	1	17,5	21	4,5	---	---	---
2	2	15	19	36	44	70	98,5
2	2	15	22,5	24	30,5	29,5	35,5
2	2	6	10	10	6,5	---	---
2	2	12	18	28	33,5	32	52,5
2	2	11,5	14,5	21	24	25,5	27,5
2	1	17,5	22	39,5	36	42,5	58
2	1	12,5	18	12,5	24	25	28,5
2	1	20	9	17	16	21,5	29,5
2	1	16	28,5	44	43,5	40,5	70
2	1	17,5	24,5	32,5	42,5	46,5	87,5
2	0	17	15,5	18,5	23	24	21,5
2	0	13	28	37	29	35,5	35
2	0	22,5	20	24	33	34,5	35,5
2	0	20,5	18,5	24	26	28	24
2	0	19	26	31,5	23,5	22,5	20,5
3	1	27	26	34	27,5	28,5	35
3	1	19,5	7	16,5	20,5	27	39
3	1	14,5	3	2,5	3,5	7,5	8,1
3	1	14	---	---	---	---	---
3	1	17	26,5	31,5	25,5	24,5	30
3	2	17,5	26	50	32,5	33,5	36,5
3	2	13	32,5	51	29	28	35,5
3	2	9,5	20	50	29	31,5	53
3	2	13	22	40,5	28	28	33,5
3	2	12,5	12	25,5	33	37,5	48,5

Bloque	Trat.	Dci	DC ₁	DC ₂	DC ₃	DC ₄	DC ₅
3	0	12,5	15	33	21,5	21	34,5
3	0	16	20	33,5	28,5	31,5	39
3	0	16	26	48	34,5	39	33
3	0	20	25	40,5	29	27,5	34,5
3	0	19,5	22	42	27	29	30,5
4	0	9	18	29	26	26	26
4	0	22,5	6,5	7,5	4,5	---	---
4	0	14,5	13,5	19	16	19,5	19,25
4	0	12,5	19	28	25,5	26,5	22
4	0	14,5	21,5	35,5	27	34	34,5
4	2	21	29,5	69,5	45,5	52	59
4	2	18,5	33	38	30,5	34	65,5
4	2	12,5	25,5	49,5	32,5	39	46,5
4	2	15	23	39	31	29,5	34
4	2	17,5	27,5	57,5	49	56	53,5
4	1	15	21,5	48	36	41	41,5
4	1	12,5	5	13,5	3	3,5	11,5
4	1	12	24,5	31,5	22,5	26	32,5
4	1	17,5	29	49,5	46,5	56	49
4	1	22,5	---	---	---	---	---

DCi: Diámetro de copa recién establecido, DC₁: Diámetro de copa a un mes, DC₂: Diámetro de copa a dos meses, DC₃: Diámetro de copa a tres meses, DC₄: Diámetro de copa a los cuatro meses, DC₅: Diámetro de copa a los cinco meses.

Cuadro 18. ANVA para la altura inicial de shaina y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	98,920	3	32,973	12,931	0,005*
Tratamiento	15,047	2	7,523	2,950	0,128 ^{ns}
Error experimental	15,300	6	2,550		
Total	129,267	11			

*: Existe diferencias estadísticas significativas; ns: no existe diferencias estadísticas.

Cuadro 19. ANVA para la altura total de shaina al mes de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	378,352	3	126,117	8,707	0,013*
Tratamiento	3,579	2	1,789	0,124	0,886 ^{ns}
Error experimental	86,910	6	14,485		
Total	468,841	11			

Cuadro 20. ANVA para la altura total de shaina a dos meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	571,976	3	190,659	7,240	0,020*
Tratamiento	47,472	2	23,736	0,901	0,455 ^{ns}
Error experimental	158,002	6	26,334		
Total	777,449	11			

Cuadro 21. ANVA para la altura total de shaina a tres meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	1178,728	3	392,909	8,302	0,015*
Tratamiento	212,507	2	106,253	2,245	0,187 ^{ns}
Error experimental	283,977	6	47,329		
Total	1675,212	11			

*: Existe diferencias estadísticas significativas; ns: no existe diferencias estadísticas.

Cuadro 22. ANVA para la altura inicial de shaina a cuatro meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	2195,522	3	731,841	18,713	0,002*
Tratamiento	415,743	2	207,871	5,315	0,047*
Error experimental	234,657	6	39,110		
Total	2845,922	11			

*: Existe diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 23. ANVA para la altura total de shaina a cinco meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	2758,496	3	919,499	9,197	0,012*
Tratamiento	2081,663	2	1040,832	10,411	0,011*
Error experimental	599,853	6	99,975		
Total	5440,012	11			

Cuadro 24. ANVA para el incremento de la altura total en shaina sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	1862,284	3	620,761	7,670	0,018*
Tratamiento	2522,477	2	1261,239	15,583	0,004*
Error experimental	485,622	6	80,937		
Total	4870,383	11			

*: Existe diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 25. Comparación de medios del incremento de la altura total en shaina sometido a fertilización.

Mérito	Tratamientos	Unidad experimental	Media	Subconjunto
1	Roca fosfórica	4	61,44	a
2	Dolomita	4	58,34	a
3	Control	4	29,25	b

Letras diferentes demuestran significancias estadísticas.

Cuadro 26. ANVA para el diámetro de tallo inicial de shaina sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	0,543	3	0,181	1,429	0,324 ^{ns}
Tratamiento	0,222	2	0,111	0,877	0,463 ^{ns}
Error experimental	0,759	6	0,127		
Total	1,524	11			

ns: no existe diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 27. ANVA para el diámetro del tallo de shaina al meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	3,462	3	1,154	5,935	0,032*
Tratamiento	0,680	2	0,340	1,748	0,252 ^{ns}
Error experimental	1,167	6	0,194		
Total	5,309	11			

Cuadro 28. ANVA para el diámetro del tallo de shaina a dos meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	10,153	3	3,384	10,050	0,009*
Tratamiento	2,497	2	1,248	3,707	0,089 ^{ns}
Error experimental	2,020	6	0,337		
Total	14,670	11			

*: Existe diferencias estadísticas significativas; ns: no existe diferencias estadísticas.

Cuadro 29. ANVA para el diámetro del tallo de shaina a tres meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	15,296	3	5,099	15,425	0,003*
Tratamiento	5,591	2	2,795	8,457	0,018*
Error experimental	1,983	6	0,331		
Total	22,870	11			

Cuadro 30. ANVA para el diámetro del tallo de shaina a cuatro meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	21,963	3	7,321	10,703	0,008*
Tratamiento	5,602	2	2,801	4,095	0,076 ^{ns}
Error experimental	4,104	6	0,684		
Total	31,669	11			

*: Existe diferencias estadísticas significativas; ns: no existe diferencias estadísticas.

Cuadro 31. ANVA para el diámetro del tallo de shaina a cinco meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	39,694	3	13,231	13,838	0,004*
Tratamiento	26,042	2	13,021	13,618	0,006*
Error experimental	5,737	6	0,956		
Total	71,473	11			

*: Existe diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 32. ANVA para el incremento del diámetro de tallo en shaina sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	32,363	3	10,788	13,707	0,004*
Tratamiento	32,054	2	16,027	20,365	0,002*
Error experimental	4,722	6	0,787		
Total	69,138	11			

Cuadro 33. Comparación de medias para el incremento del diámetro de tallo en shaina sometido a fertilización.

Mérito	Tratamientos	Unidad experimental	Media	Subconjunto
1	Roca fosfórica	4	8,44	a
2	Dolomita	4	7,54	a
3	Control	4	4,61	b

Letras diferentes demuestran significancias estadísticas.

Cuadro 34. ANVA para la robustez inicial de shaina sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	0,823	3	0,274	0,225	0,876 ^{ns}
Tratamiento	0,986	2	0,493	0,405	0,684 ^{ns}
Error experimental	7,308	6	1,218		
Total	9,117	11			

ns: no existe diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 35. ANVA para la robustez de shaina al mes de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	2,588	3	0,863	2,057	0,208 ^{ns}
Tratamiento	2,364	2	1,182	2,818	0,137 ^{ns}
Error experimental	2,517	6	0,419		
Total	7,468	11			

Cuadro 36. ANVA para la robustez de shaina a dos meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	3,262	3	1,087	1,850	0,239 ^{ns}
Tratamiento	1,444	2	0,722	1,228	0,357 ^{ns}
Error experimental	3,527	6	0,588		
Total	8,232	11			

ns: no existe diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 37. ANVA para la robustez de shaina a tres meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	3,604	3	1,201	1,340	0,347 ^{ns}
Tratamiento	2,224	2	1,112	1,240	0,354 ^{ns}
Error experimental	5,380	6	0,897		
Total	11,208	11			

ns: no existe diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 38. ANVA para la robustez de shaina a cuatro meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	1,531	3	0,510	1,030	0,444 ^{ns}
Tratamiento	0,609	2	0,305	0,615	0,572 ^{ns}
Error experimental	2,973	6	0,495		
Total	5,113	11			

Cuadro 39. ANVA para la robustez de shaina a cinco meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	3,033	3	1,011	2,591	0,148 ^{ns}
Tratamiento	0,016	2	0,008	0,020	0,980 ^{ns}
Error experimental	2,342	6	0,390		
Total	5,391	11			

ns: no existe diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 40. ANVA para el incremento de la robustez en shaina sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	0,889	3	0,296	0,229	0,873 ^{ns}
Tratamiento	1,366	2	0,683	0,528	0,615 ^{ns}
Error experimental	7,755	6	1,292		
Total	10,009	11			

ns: no existe diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 41. Comparación de medias para el incremento de la robustez en shaina sometido a fertilización.

Mérito	Tratamientos	Unidad experimental	Media	Subconjunto
1	Dolomita	4	-1,99	a
2	Control	4	-2,32	a
3	Roca fosfórica	4	-2,81	a

Letras diferentes demuestran significancias estadísticas.

Cuadro 42. ANVA el diámetro de copa inicial de shaina sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	29,636	3	9,879	2,385	0,168 ^{ns}
Tratamiento	19,007	2	9,503	2,295	0,182 ^{ns}
Error experimental	24,847	6	4,141		
Total	73,489	11			

ns: no existe diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 43. ANVA para el diámetro de copa de shaina al mes de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	55,487	3	18,496	0,734	0,569 ^{ns}
Tratamiento	45,318	2	22,659	0,899	0,456 ^{ns}
Error experimental	151,234	6	25,206		
Total	252,039	11			

Cuadro 44. ANVA para el diámetro de copa de shaina a dos meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	174,569	3	58,190	0,681	0,595 ^{ns}
Tratamiento	357,883	2	178,941	2,093	0,204 ^{ns}
Error experimental	513,000	6	85,500		
Total	1045,451	11			

Cuadro 45. ANVA para el diámetro de copa de shaina a tres meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	149,313	3	49,771	1,517	0,303 ^{ns}
Tratamiento	165,479	2	82,739	2,523	0,160 ^{ns}
Error experimental	196,800	6	32,800		
Total	511,592	11			

ns: no existe diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 46. ANVA para el diámetro de copa de shaina a cuatro meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	221,912	3	73,971	4,224	0,063 ^{ns}
Tratamiento	211,635	2	105,818	6,042	0,037*
Error experimental	105,084	6	17,514		
Total	538,631	11			

*: Existe diferencias estadísticas significativas; ns: no existe diferencias estadísticas.

Cuadro 47. ANVA para el diámetro de copa de shaina a cinco meses de establecido y sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	417,290	3	139,097	2,176	0,192 ^{ns}
Tratamiento	1013,741	2	506,871	7,929	0,021*
Error experimental	383,580	6	63,930		
Total	1814,612	11			

Cuadro 48. ANVA para el incremento del diámetro de copa en shaina sometido a fertilización.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	258,493	3	86,164	1,240	0,375 ^{ns}
Tratamiento	1167,711	2	583,855	8,400	0,018*
Error experimental	417,061	6	69,510		
Total	1843,265	11			

*: Existe diferencias estadísticas significativas; ns: no existe diferencias estadísticas.

Cuadro 49. Comparación de medias para el incremento del diámetro de copa en shaina sometido a fertilización.

Mérito	Tratamientos	Unidad experimental	Media	Subconjunto
1	Roca fosfórica	4	37,16	a
2	Dolomita	4	23,63	ab
3	Control	4	13,05	b

Letras diferentes demuestran significancias estadísticas.

Cuadro 50. Comportamiento de la mortalidad (%) en las plantas de shaina.

Bloque	Tratamiento	30 días	60 días	90 días	120 días	150 días
1	Control	0	0	0	20	20
2	Control	0	0	0	0	0
3	Control	0	0	0	0	0
4	Control	0	0	0	20	20

1	Do + Co + 20-20-20	0	0	0	20	20
2	Do + Co + 20-20-20	0	0	0	0	0
3	Do + Co + 20-20-20	20	20	20	20	20
4	Do + Co + 20-20-20	20	20	20	20	20
1	RF + Co + 20-20-20	0	0	0	0	0
2	RF + Co + 20-20-20	0	0	0	20	20
3	RF + Co + 20-20-20	0	0	0	0	0
4	RF + Co + 20-20-20	0	0	0	0	0

Do: Dolomita; RF: Roca fosfórica; Co: Compost

Anexo C: Panel de fotos



Figura 9. Compost mezclado con suelo del terreno.



Figura 10. Dosis de Roca fosfórica para aplicar como parte del tratamiento.



Figura 11. Instalación de plantones en terreno definitivo.



Figura 12. Planta de shaina luego de la primera limpieza.



Figura 13. Medición del diámetro de copa con wincha.



Figura 14. Medición del diámetro de tallo con vernier.



Figura 15. Medición de la altura total en las plantas de shaina.



Figura 16. Visita por parte del asesor a la parcela experimental.



Figura 17. Banner con información del proyecto de tesis colocado en la parcela experimental.



LASA TINGO MARÍA

Laboratorio de análisis de Suelos y Agua

A.V. Asunción Saldaña Lt. 34 Tíeff. 999250084 – 969655735 Correo: Lasatingomaria@gmail.com

SOLICITANTE: SALAZAR POLONIO KENY
 FECHA ANÁLISIS: 30-ene.-2019

PROCEDENCIA: LUYANDO - NARANJILLO CULTIVO FORESTAL
 CODIGO DE MUESTRA: 421

REFERENCIA: PLANTACIÓN FORESTAL
 EDAD DEL CULTIVO: _____

CÓDIGO REGIONAL: 1 REGIÓN: HUÁNUCO CLIMA: CÁLIDO MUESTRA N°: 1

RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE SUELO

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO												
	PH	M.O (%)	N Total	Fósforo (p.m.m.)	K ₂ O (p.m.m.)	Aluminio (meq/100 g)	Potasio (meq/100g)	Calcio (meq/100g)	Magnesio (meq/100g)	Sodio (meq/100g)	H ⁺ (meq/100g)	% Bases Cambiables
RESULTADO	4.28	0.83	0.04	5.01	189	5.14	0.00	1.90	0.40	0.00	1.70	25.17
VALORACIÓN	Extremadame erte ácido	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Possible toxicidad Al Encalar. Corroborar con otros criterios.	x	Bajo	Bajo	Nivel normal	x	Alto

ANÁLISIS ESPECIAL						
	Br	Cu	Mn	Fe	Zn	Mo
RESULTADO						
Valoración	x	x	x	x	x	x

OTRAS DETERMINACIONES			
	C.E. (mmhos/cm)	CIC efectiva (meq/100 g)	% de Saturación de Al respecto a CIC efectiva
CIC (meq/100 g)		9.14	56.20
x	x	-	Tóxico para plantas tolerantes

RELACIONES ENTRE CATIONES				
	Ca / Mg	Mg / K	Ca / K	$\frac{(Ca + Mg)}{K} \cdot \frac{(Ca + Mg + K)}{Al}$
RESULTADO	4.75	x	x	0.45
Valoración	Deficiencia de Mg	x	x	Hay necesidad de encalar. Este es un criterio muy general.

TEXTURA		
% DE ARCILLA	% DE LIMO	% DE ARENA
30	18	52
FrancoArcilloArenoso		



Laboratorio de ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA
LASA TINGO MARÍA E.M.L.
 Dr. José Wilfredo Zavala Sotozardo
 JEFE DE LABORATORIO

ARIZA SABINO Daniel André
 REPRESENTANTE LEGAL

Figura 18. Resultado del análisis de suelos.

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

01.	Textura de suelos: % de arena, limo y arcilla: Método del Hidrómetro.	Mg: Absorción Atómica K : Absorción Atómica Na : Absorción Atómica	
02.	Conductividad eléctrica (C.E) lectura del extracto de saturación en la celda eléctrica.		
03.	pH método del potenciómetro, relación suelo agua 1:1.	10. C.I.C. Efectiva:	
04.	Calcareo total: método gaso - volumétrico.		➤ Desplazamiento con KCl 1 N (Suelos en pH < 5.5)
05.	Materia orgánica: Método de Walkley y Black.		➤ Aluminio más Hidrógeno: Método de Yuan
06.	Nitrogeno total: % M.O. x 0.045		➤ Calcio más Magnesio: Método de E.D.T.A (Versenato)
07.	Fósforo disponible: Método de Olsen Modificado. Extracto NaHCO ₃ 0.5M, pH 8.5		
08.	Potasio disponible: Método de ácido sulfúrico 6N		
09.	Capacidad de intercambio catiónico: Método de Acetato de Amonio 1N, pH 7.0 (suelos con pH > 5.5)		
	Ca : Absorción Atómica		

TABLA DE INTERPRETACIÓN

Reacción o pH		Clasificación	Materia Orgánica %	Fósforo Disponible ppm P	Potasio Disponible ppm K	Relaciones Catiónicas			Distribución de Cationes %
Clasificación del Suelo	pH					Clasificación	K/Mg	Ca/Mg	
Fuertemente Ácida	<5.5	*Bajo	<2.0	<7.0	<300	*Normal	0.2 - 0.3	5	Ca ²⁺ = 60 - 75
Moderadamente Ácida	5.6 - 6.0	*Medio	2 - 4	7.0 - 14.0	300 - 600	*Defc. Mg	> 0.5		Mg ²⁺ = 15 - 20
Ligeramente Ácida	6.1 - 6.5	*Alto	>4	> 14.0	> 600	*Defc. K	< 0.2		K ⁺ = 3 - 7
Neutro	7					*Defc. Mg		> 10	Na ⁺ = < 15
Ligeramente Alcalino	7.1 - 7.8								
Moderadamente Alcalino	7.9 - 8.4								
Fuertemente Alcalino	>8.5								

Figura 19. Métodos e interpretación del análisis de los suelos.

IMAGEN REFERENCIAL



Bloque I	T ₀	T ₂	T ₁
Bloque II	T ₂	T ₁	T ₀
Bloque III	T ₁	T ₂	T ₀
Bloque IV	T ₀	T ₂	T ₁

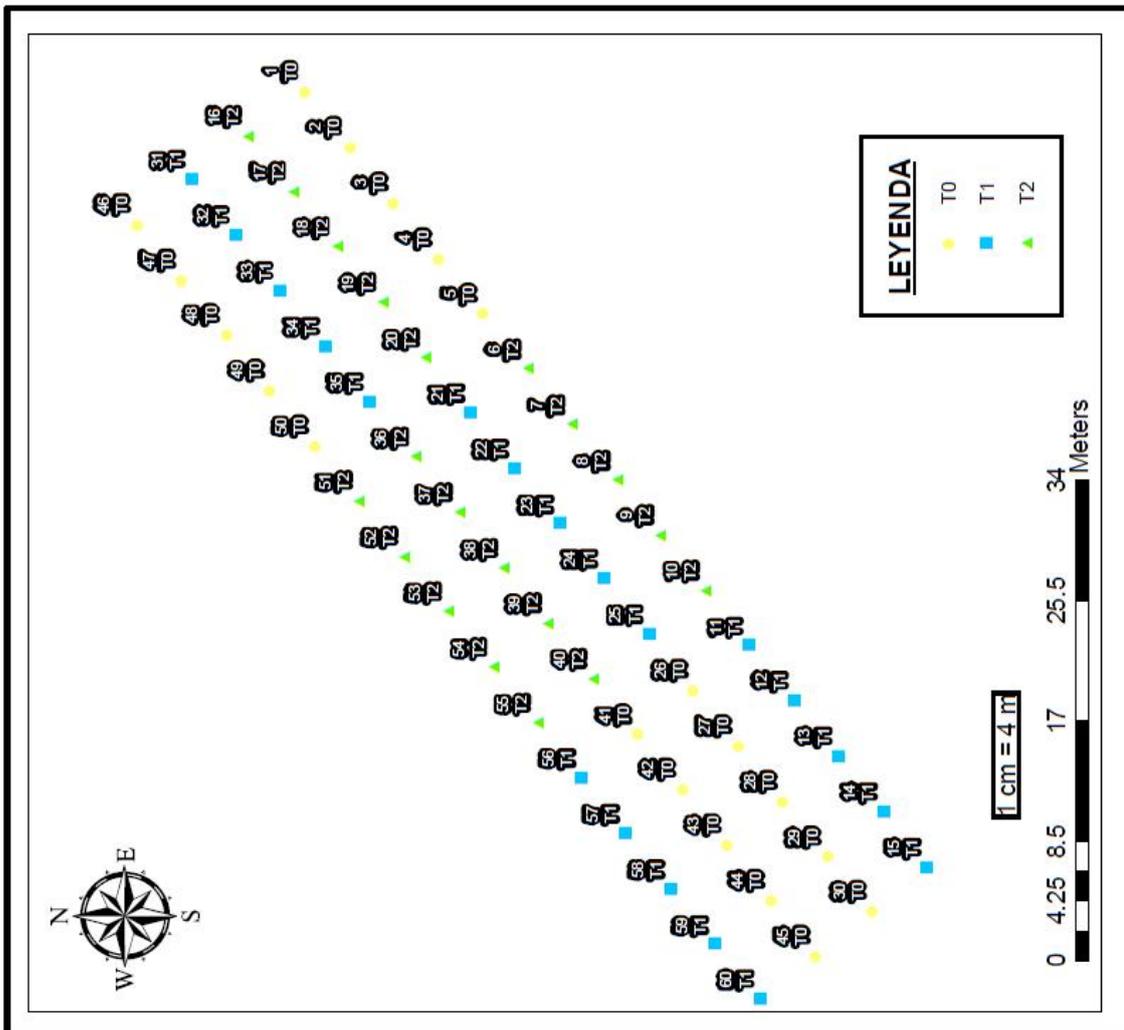


Figura 20. Mapa de distribución de la parcela experimental.