



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL
SUELO EN ACACIA (*Acacia melanoxylon*) CON LA SIEMBRA EN
CONTORNO DE CUATRO LEGUMINOSAS, EN ENTISOLES DE
TERRAZA DE BANCO, CAMPUS SALACHE, 2022”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera
Agrónoma

Autora:

Chancusig Casa Diana Gabriela

Tutora:

López Castillo Guadalupe de las Mercedes Ing. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Diana Gabriela Chancusig Casa, con cédula de ciudadanía No. 0503421158, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN ACACIA (*Acacia melanoxylon*) CON LA SIEMBRA EN CONTORNO DE CUATRO LEGUMINOSAS, EN ENTISOLES DE TERRAZA DE BANCO, CAMPUS SALACHE, 2022”, siendo la Ingeniera Mg. Guadalupe de las Mercedes López Castillo, Tutora del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Diana Gabriela Chancusig Casa

Estudiante

CC: 0503421158

Ing. Guadalupe López Castillo, Mg.

Docente Tutora

CC: 1801902907

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CHANCUSIG CASA DIANA GABRIELA**, identificada con cédula de ciudadanía **0503421158** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo en acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas, en entisoles de terraza de banco, campus Salache, 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2017 - Marzo 2018

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutora: Ingeniera Mg. Guadalupe de las Mercedes López Castillo

Tema: “Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo en acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas, en entisoles de terraza de banco, campus Salache, 2022”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

1. La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
2. La publicación del trabajo de grado.
3. La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
4. La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

5. Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 29 días del mes de agosto del 2022.

Diana Gabriela Chancusig Casa
LA CEDENTE

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN ACACIA (*Acacia melanoxylon*) CON LA SIEMBRA EN CONTORNO DE CUATRO LEGUMINOSAS, EN ENTISOLES DE TERRAZA DE BANCO, CAMPUS SALACHE, 2022”, de Chancusig Casa Diana Gabriela de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Ing. Guadalupe López Castillo, Mg.

DOCENTE TUTORA

CC: 180190290-7

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Chancusig Casa Diana Gabriela, con el título del Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN ACACIA (*Acacia melanoxylon*) CON LA SIEMBRA EN CONTORNO DE CUATRO LEGUMINOSAS, EN ENTISOLES DE TERRAZA DE BANCO, CAMPUS SALACHE, 2022”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Lector 1 (Presidente)

Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza, Mg.
CC: 0501604409

Lector 2

Ing. David Santiago Carrera, Mg.
CC: 0502663180

Lector 3

Ing. Francisco Hernán Chancusig, Mg.
CC: 0501883920

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios, por darme la oportunidad de cumplir un sueño más de mis padres Carlos y Nelly, por tenerlos con vida y compartan conmigo esta alegría.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas y permitirme desarrollar en mi vida profesional, a mis docentes que me han ayudado en el transcurso de la carrera impartiendo sus conocimientos y experiencias, a mis amigos incondicionales que me acompañaron durante el transcurso de la carrera, por estar siempre conmigo, a mis primas y tías, que me han apoyado desde el primer día en los momentos difíciles.

Diana Gabriela Chancusig Casa

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se los dedico a mis padres; Carlos Chancusig y Nelly Casa, que han estado conmigo en los buenos, malos y peores momentos, por los consejos por el apoyo moral, económico, que me ayudaron a terminar con éxito mi vida estudiantil universitaria. Y a todas esas personas que creyeron en mi desde el primer día y que ahora son parte de esta alegría con todo el amor de mi corazón Dios le pague por todo..

Diana Gabriela Chancusig Casa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo en acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas, en entisoles de terraza de banco, campus Salache, 2022”

Autor: Chancusig Casa Diana Gabriela

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el fin de evaluar el comportamiento de las propiedades físicas y químicas de la especie forestal Acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas como: vicia (*Vicia sativa*), lenteja (*Lens culinaris*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y arveja (*Pisum sativum*), mediante un (DCA), con 5 tratamientos y 4 repeticiones, se realizó ADEVAS y pruebas de Tukey al 5%, en el porcentaje de germinación el mejor fue el A2 con 94,25%; el A3 obtuvo mejores resultados en las variables: diámetro (0,65mm), altura (94cm), peso del suelo (65,83kg), número de ramas (21), longitud de raíz principal (58,6cm), número de raíces secundarias (36), peso de la raíz forestal (15,63), volumen de la raíz forestal (27,1cm³), volumen de la copa (151,83cm³), peso raíz leguminosas (912,5kg), volumen de raíz leguminosas (227,2 cm³), en las propiedades químicas, el pH del análisis inicial fue 9,34 del A3, mientras que el análisis final fue de 8,17, en la materia orgánica el análisis inicial fue de 0,42%, y al final subió a un 0,6% en caso de los A2 y A3; el N fue de 10 ppm en el análisis inicial, mientras que en el análisis final se incrementó a 22ppm en el A3, el P en el análisis inicial fue de 8,2 ppm, en los análisis finales en el A3 se aumentó a 24ppm; el K de acuerdo al análisis inicial fue 3,26 meq/100ml, en el análisis final subió a 3,99 meq/100ml siendo el A3 de mayor valor, en el Ca el análisis inicial fue 22,95 meq/100ml, en el análisis final se mantuvo el Ca siendo el A3 con el mayor valor de 25,48 meq/100ml, en las propiedades físicas la textura se mantuvo en franco; para la densidad aparente en las profundidades de: 10-20-30 cm el mayor valor es de 1,33g/ml; en la densidad real presenta un valor de 2,29g/ml; y la porosidad de mayor valor es un valor de 51,3%; la porosidad para un adecuado desarrollo de las plantas en suelos francos es de un 35%

Palabras claves: leguminosas, fijador de nitrógeno, suelos, erosión, propiedades, raíces.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITLE: “Evaluation of soil physical and chemical properties in acacia (*Acacia melanoxylon*) with the contour planting of four legumes, on bench terrace entisols, Salache campus, 2022.”

Author: Chancusig Casa Diana Gabriela

ABSTRACT

The present research was carried out in order to evaluate the behavior of the physical and chemical properties of the forest species Acacia (*Acacia melanoxylon*) with the contour planting of four leguminous plants such as: Vicia (*Vicia sativa*), lentil (*Lens culinaris*), bean (*Phaseolus vulgaris*) and pea (*Pisum sativum*), by means of a (DCA), with 5 treatments and 4 replications, ADEVAS and Tukey tests at 5% were performed, in the germination percentage the best was A2 with 94.25%; A3 obtained better results in the variables: diameter (0.65mm), height (94cm), soil weight (65.83kg), number of branches (21), main root length (58.6cm), number of secondary roots (36), forest root weight (15.63), forest root volume (27.1cm³), crown volume (151.83cm³), legume root weight (912, 5kg), legume root volume (227.2 cm³), in the chemical properties, the pH of the initial analysis was 9.34 for A3, while the final analysis was 8.17, in the organic matter the initial analysis was 0.42%, and at the end it rose to 0.6% in the case of A2 and A3; N was 10 ppm in the initial analysis, while in the final analysis it increased to 22ppm in A3, P in the initial analysis was 8.2 ppm, in the final analysis in A3 it increased to 24ppm; K according to the initial analysis was 3.26 meq/100ml, in the final analysis it increased to 3.99 meq/100ml being the A3 with the highest value, in Ca the initial analysis was 22.95 meq/100ml, in the final analysis Ca was maintained being the A3 with the highest value of 25.48 meq/100ml, in the physical properties texture was maintained in loam; for bulk density in the depths of: 10-20-30 cm the highest value is 1.33g/ml; in the real density presents a value of 2.29g/ml; and the porosity of the highest value is a value of 51.3%; the porosity for an adequate development of plants in loam soils is 35%.

Keywords: legumes, nitrogen fixer, soils, erosion, properties, roots, nitrogen fixer.

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
1.INFORMACIÓN GENERAL	1
2.DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3.JUSTIFICACIÓN.....	3
4.BENEFICIARIOS.....	3
4.1 Beneficiarios Directos	3
4.2 Beneficiarios Indirectos	3
5.PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	4
6.OBJETIVOS.....	5
6.1 Objetivo General	5
6.2 Objetivos específicos	5
7.ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
8.FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA	8
8.1. Acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>)	8
8.2 Suelo	9
8.3 Erosión de suelos	9

8.4 Recuperación de suelos	10
8.5 Obras de conservación de suelos y agua en laderas	11
8.6 Entisoles	12
8.7 Sistema radicular	12
8.8 El suelo y el sistema radical de las plantas	13
8.9 Forma y extensión de las raíces	13
8.10 Intensidad de las raíces	14
8.11 Abonos verdes	14
8.12 Importancia de los abonos verdes	14
8.13 Vicia (<i>Vicia sativa</i>)	15
8.14 Lenteja (<i>Lens culinaris</i>)	16
8.15 Fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	16
8.16 Arveja (<i>Pisum sativum</i>)	17
8.17 Humedad	18
8.18 Temperatura	18
8.19 Propiedades químicas	19
8.20 Requerimiento nutricional	19
8.20.1 Macronutrientes	20
8.20.2 Micronutrientes	20
8.21 PH	21
8.22 Propiedades físicas	22
8.23 Textura	22
8.24 Densidad aparente	23
8.25 Densidad real	24
8.26 Porosidad	25

9.METODOLOGÍAS/ DISEÑO EXPERIMENTAL	26
9.1 Metodología	26
9.1.1 Tipo de Investigación	26
9.1.2 Modalidad de la investigación	26
9.2 Materiales	27
9.2.1 Material experimental	27
9.2.2 Materiales para campo	27
9.3 Características del sitio de proyecto de investigación	28
9.4 Mapa sobre el sitio de investigación	28
10. HIPÓTESIS.....	29
10.1 Hipótesis planteadas	29
10.2 Operación de variables	29
10.3 Variables en estudio	30
10.3.1 Porcentaje de prendimiento	30
10.3.2 Altura de la especie forestal	30
10.3.3 Diámetro de la especie forestal	31
10.3.4 Numero de ramas de la especie forestal	31
10.3.5 Longitud de la raíz principal de la especie forestal	31
10.3.6 Número de raíces secundarias de la especie forestal	31
10.3.7 Peso del suelo	31
10.3.8 Peso del sistema radicular del forestal	31
10.3.9 Volumen de la raíz forestal	32
10.3.10 Volumen de la copa	32
10.3.11 Peso del sistema radicular de las leguminosas	32
10.3.12 Volumen de la raíz de las leguminosas	32

10.4 Factor en estudio (Factor A)	32
10.5 Tratamientos del ensayo experimental	33
10.6 Diseño experimental	33
10.7 Análisis estadístico funcional	33
10.8 METODOLOGÍA	34
10.8.1 Ubicación de proyecto	34
10.8.2 Análisis del suelo del área de estudio	34
10.8.3 Preparación del terreno	34
10.8.4 Trasplante de la acacia y siembra de las leguminosas	35
10.8.5 Toma de datos	35
10.8.6 Riego de los tratamientos	35
10.8.7 Toma de muestras	35
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	36
11.1 Variable del porcentaje de germinación de las cuatro leguminosas.	36
11.2 Variable de la altura de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	38
11.3 Variable del diámetro de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	39
11.4 Variable del diámetro de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	41
11.5 Variable del peso del suelo de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	43
11.6 Variable de la longitud de la raíz principal de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	45
11.7 Variable del número de raíces secundarias de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	47

11.8 Variable del peso del sistema radicular forestal de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	49
11.9 Variable del volumen del sistema radicular de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	51
11.10 Variable del volumen de la copa de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	52
11.11 Variable del peso del sistema radicular leguminosas de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	54
11.12 Variable del volumen del sistema radicular de las leguminosas de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	56
11.12 Interpretación de las propiedades físicas y químicas del análisis inicial y análisis final de suelos realizado en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias (INIAP)	58
11.12.1. INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO INICIAL Y FINAL DEL PH DEL SUELO.	58
11.12.2. INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO INICIAL Y FINAL DE LA MATERIA ORGÁNICA.	60
11.12.3. INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO INICIAL Y FINAL DE LOS MACRONUTRIENTES PRIMARIOS	61
11.12.4. INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO INICIAL Y FINAL DE LOS MACRONUTRIENTES SECUNDARIOS	62
11.12.5. INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO INICIAL Y FINAL DE LOS MICRONUTRIENTES	63
11.13 Clase textural donde se realizó la investigación	65
11.14 Densidad real, aparente y la porosidad donde se realizó el proyecto de investigación	65
12. CONCLUSIONES	67
13. RECOMENDACIONES	67

14. BIBLIOGRAFÍA.....	68
15. ANEXOS.....	72
16. FOTOGRAFÍAS.....	75

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades de los objetivos planteados.	5
Tabla 2. Densidad aparente crítica según su textura	24
Tabla 3. Clasificación de la densidad real de los suelos	24
Tabla 4. Características del sitio de proyecto de investigación.	28
Tabla 5. Operación de variables.	29
Tabla 6. Tratamientos	33
Tabla 7. Esquema del ADEVA	33
Tabla 8. ADEVA de la variable del porcentaje de germinación de las cuatro leguminosas	36
Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable del porcentaje de germinación.	36
Tabla 10. ADEVA de la variable de la altura de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	38
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable de la altura de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas	38
Tabla 12. ADEVA de la variable diámetro de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	39
Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para los tratamientos de la variable diámetro de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	40
Tabla 14. ADEVA de la variable número de ramas de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	41
Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% de la variable número de ramas de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	42
Tabla 16. ADEVA de la variable peso del suelo de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	43

Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% de la variable peso del suelo de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	44
Tabla 18. ADEVA de la longitud de la raíz principal de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	45
Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% de la variable de la longitud de la raíz principal de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	46
Tabla 20. ADEVA del número de raíces secundarias de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	47
Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% del número de raíces secundarias de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	48
Tabla 22. ADEVA del peso del sistema radicular forestal de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	49
Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% del peso del sistema radicular forestal de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	50
Tabla 24. ADEVA del volumen del sistema radicular de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	51
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% del volumen del sistema radicular de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	51
Tabla 26. ADEVA del volumen de la copa de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	52
Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% del volumen del de la copa de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	53
Tabla 28. ADEVA del peso del sistema radicular leguminosas de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	54
Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% del peso del sistema radicular leguminosas de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	55
Tabla 30. ADEVA del volumen del sistema radicular de las leguminosas de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	56
Tabla 31. Prueba de Tukey al 5% del volumen del sistema radicular de las leguminosas de las plantas de la acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.	57
Tabla 32. Análisis de suelos inicial y final (INIAP)	58

Tabla 33. Clase textural donde se realizó el proyecto de investigación 65

Tabla 34. Densidad real, aparente y la porosidad donde se realizó el proyecto de investigación 65

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.Inversión del proyecto 72

Anexo 2.Hoja de vida de la tutora 73

Anexo 3.Aval traducción 74

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Socialización con la Prefectura de Cotopaxi. 75

Fotografía 2. Adquisición de acacias en el invernadero de la Prefectura de Cotopaxi 75

Fotografía 3. Delimitación de hoyos para la siembra de la Acacia/Ahoyado 76

Fotografía 4. Siembra de Acacias 76

Fotografía 5. Peso de las leguminosas en semillas 77

Fotografía 6. Siembra de leguminosas 77

Fotografía 7. Toma de datos con el flexómetro y calibrador 78

Fotografía 8. Elaboración de muestra destructiva con el cilindro 78

Fotografía 9. Peso del cilindro total con la biomasa y separación de raíces de la muestra del suelo. 79

Fotografía 10. Limpieza de raíces 79

Fotografía 11. Corte entre la raíz de la leguminosa y medición de la raíz principal 80

Fotografía 12. Limpieza y peso de la raíz en la balanza 80

Fotografía 13. Volumen de la raíz de la leguminosa y Acacia. 81

Fotografía 14. Cálculo del volumen de la copa de la Acacia 81

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título

“Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo en acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas, en entisoles de terraza de banco, campus Salache, 2022.”

Fecha de inicio:

Marzo del 2022

Fecha de Finalización

Agosto del 2022

Lugar de ejecución:

Barrio Salache - Parroquia Eloy Alfaro - Cantón Latacunga - Provincia Cotopaxi

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia

Carrera de Ingeniería Agronómica

Proyecto de investigación vinculado:

Proyecto Recuperación y Conservación de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Equipo de Trabajo:

Tutora: Ing. Guadalupe de las Mercedes López Castillo, Mg.

Lector 1: Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza, Mg.

Lector 2: Ing. David Santiago Carrera, Mg.

Lector 3: Ing. Francisco Hernán Chancusig, Mg.

Área de conocimiento

Agricultura

Línea de investigación

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local

Desarrollo y Seguridad alimentaria

Sublínea de investigación

Agua y suelos

Línea de vinculación

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y gestión para el desarrollo humano y social

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La presente investigación se realizó con el propósito de analizar y evaluar el suelo en el talud, por lo que existen proyectos que ayudan a realizar investigaciones en beneficio de los suelos que se encuentran en el CEASA, la investigación aporta favorablemente en conocimientos en cuanto a la conservación de suelos, mediante el estudio del suelo se evaluó comportamiento de la especie forestal Acacia (*Acacia melanoxylon*) con la incorporación en contorno de cuatro leguminosas como: vicia (*Vicia sativa*), lenteja (*Lens culinaris*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y arveja (*Pisum sativum*). Dentro de estas actividades se realizaron procesos de evaluación constantes durante todo el transcurso del proyecto para la evaluación del suelo en el talud y del cultivo, esto mediante la implementación de un diseño experimental completamente al azar (DCA).

3. JUSTIFICACIÓN

Se estima que alrededor del 25% de las tierras del mundo registran un alto grado de desertificación, la FAO en el 2018 menciona que cada año se estima que entre 20 y 30Gt. (billón de toneladas) de

suelo es erosionada por agua, 5Gt. por laboreo y 2Gt. por viento en tierra arable. Si la esta tendencia no cambia, se prevé que el potencial de producción total anual se reducirá en un 10% para 2050.

El estudio de la erosión de los suelos demanda un amplio campo de conocimientos, y para poder interpretar sus consecuencias se requiere un análisis en conjunto de varios elementos. Para los estudios de erosión de suelos pueden aplicarse diferentes métodos; una de esas es la siembra de ciertas especies forestales que favorece a la recuperación o estabilización de suelos y laderas que han sufrido los efectos de la erosión, además la cobertura del forestal tiende a prevenir la erosión, favoreciendo a la acumulación de materia orgánica en el suelo y a la conservación de sus nutrientes, mientras que las leguminosas mejoran la fertilidad del suelo, lo protegen de la erosión y ayudan a controlar malezas, ante lo menciona se planteó la investigación evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo en acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas, en entisoles de terraza de banco.

4. BENEFICIARIOS

4.1 Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos del presente proyecto de conservación de suelos aportaran directamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la carrera de Ingeniería Agronómica (420), ya sea en el ámbito académico y bibliográfico, que ayude a mejorar e incentivar a futuras investigaciones. (Portal UTC, 2022)

4.2 Beneficiarios Indirectos

La investigación beneficiará indirectamente a pequeños agricultores (479), empresas públicas y la provincia de Cotopaxi (488.716), ya que contribuirán con conocimientos previos en futuros proyectos, debido a que la investigación aporta resultados de interés para la recuperación de suelos. (Prefectura de Cotopaxi, 2021).

5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Alrededor del 25% de las tierras del mundo registran un alto grado de desertificación, convirtiéndose en un grave problema, cuyas consecuencias podrían ser devastadoras para la

población, traspasando las fronteras, los asuntos políticos y administrativos de los países, las zonas ecológicas y los niveles socioeconómicos. Sus consecuencias se reflejan en un incremento en la emisión de gases de efecto invernadero, en la pérdida de servicios ecosistémicos y en la reducción de la productividad en zonas agrícolas, según la (FAO, 2018) Cada año se estima que entre 20 y 30Gt. (billón de toneladas) de suelo es erosionada por agua, 5Gt. por laboreo y 2Gt. por viento en tierra arable. Si la actual tendencia no cambia, se prevé que el potencial de producción total anual se reducirá en un 10% para 2050. La tasa media de erosión por viento, agua y laboreo se estima en 0.9mm por año. Las tasas de erosión pueden reducirse mediante la implementación de técnicas de gestión y medidas estructurales adecuadas como la construcción de terrazas y vías acuáticas. (IAGUA, 2022). El Ecuador ha sido y sigue siendo afectado por numerosos procesos erosivos, de tal manera que se puede considerar que la erosión constituye uno de los principales aspectos de degradación de los recursos naturales, especialmente del suelo. Alrededor del 50% del territorio tiene que ver con este problema. La Sierra es el asiento de una erosión, activa a muy activa, generalizada en muchos lugares, alrededor del 15% de la tierra afectada pertenecen al callejón interandino en alturas que van desde los 1500 a3000 m.s.n.m es una región afectada fuertemente por la erosión. El 35% corresponde a la zona de límite de la frontera agrícola, tierras altas y los flancos exteriores de la cordillera de los Andes sin dejar de mencionar la región costanera y amazónica. Una erosión más localizada, de carácter potencial, pero que se desarrolla con una relativa rapidez en nuestros días, afecta a toda la parte occidental de la Costa y, en menor grado, a los grandes ejes de colonización de la Región Amazónica (Noni, 1986). En forma general, este aspecto ha sido descuidado por el hombre principalmente a partir de la conquista hispánica, sea por despreocupación frente a la abundancia de los recursos naturales, sea por la falta de experiencia en materia de conservación de los suelos. Resulta, en la actualidad, que la erosión se singulariza por tener un papel de primer orden en la degradación de los recursos naturales renovables. Por ejemplo, en el callejón interandino, la erosión se ha convertido, desgraciadamente, en uno de los componentes principales del paisaje. Por todas estas razones en la provincia de Cotopaxi se han abandonado muchas zonas que en la antigüedad eran productivas, y que por sus pendientes muchos han optado por buscar otras opciones fuera de sus comunidades, barrios o cantones, dejando sus suelos abandonados y expuestos a la erosión por la falta del trabajo de los mismos, por esta razón el investigador procede a realizar la investigación, para hallar formas de utilización, producción y conservación de los suelos de manera orgánica y libre de bioquímicos.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Evaluar las propiedades físicas y químicas del suelo en acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas, en entisoles de terraza de banco, campus Salache, 2022.

6.2 Objetivos específicos

- Analizar el desarrollo de la acacia (*Acacia melanoxylon*) y las cuatro leguminosas
- Describir las propiedades físicas y químicas del suelo.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Tabla 1. Actividades de los objetivos planteados.

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ● Analizar el desarrollo de la Acacia y las cuatro leguminosas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Delimitación e identificación del área. ● Distribución aleatoria de los tratamientos. ● Trazado, señalización y hoyado de cada tratamiento y repetición. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Reconocimiento de cada especie colocada en los tratamientos. ● Implementación de las especies en las parcelas de estudio ● Muestra de % de germinación 	<ul style="list-style-type: none"> ● Fotografías ● Tablas de Excel ● Libro de campo ● Croquis del diseño de investigación

	<ul style="list-style-type: none"> ● Evaluación del mejor tratamiento desde la implementación . ● Interpretación de datos: porcentaje de germinación de las leguminosas, diámetro de la especie forestal, altura de la especie forestal, peso del suelo, número de ramas, longitud de raíz principal forestal, volumen de copa o vuelo, número de raíces secundarias de la especie forestal, peso del sistema radicular forestal, 	<p>de las especies.</p>	
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------	--

	<p>volumen de raíz forestal, peso del sistema radicular leguminosas, volumen de raíz leguminosas.</p>		
<ul style="list-style-type: none"> ● Describir las propiedades físicas y químicas del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Toma de datos de las muestras. ● Descripción del análisis inicial y final de suelos de: pH, materia orgánica, N, P, S, B K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, textura, densidad aparente, real, y porosidad 	<ul style="list-style-type: none"> ● Análisis de los cambios en los análisis. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Libro de campo ● Fotografías ● Tablas de Excel e Infostat ● Fichas de laboratorio ● Resultados físicos y escritos inicial y final.

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

8.1. Acacia (*Acacia melanoxylon*)

Los sistemas de producción agropecuarios y forestales inadecuados son, en muchos casos, la causa de la degradación de los suelos, en especial de la erosión. En esos casos, el establecimiento de prácticas de conservación busca recuperar y mejorar la calidad de los suelos al tiempo que minimiza el proceso de erosión. Sin embargo, la escasa evaluación de la eficiencia de estas prácticas, ha llevado a implementarlas de manera automática, sin supuestos, ni indicadores que permitan su adaptación a distintas condiciones socio-ambientales (Cotler et al., 2013a). Las especies forestales nativas de la zona Altoandina, son sin ninguna duda de mucha importancia dentro de las comunidades rurales, de ellas se obtienen importantes productos maderables como no maderables, (frutos, medicinas, tintes, etc.), además se utilizan asociadas a sistemas de producción como la agroforestería y en obras mecánicas de conservación de suelos, tales como las terrazas de formación lenta y las zanjas de infiltración; en ambas prácticas los resultados son satisfactorios, la presencia del componente forestal protege al cultivo de los fríos y fuertes vientos, aumenta la temperatura generando un microclima dentro del sistema, provee de sombra ante la radiación solar intensa, actúa como en verdadera red de retención de suelo mejorando así las condiciones y reciclaje de los nutrientes del suelo, fija carbono y protege las cabeceras de cuencas; en general incrementa ventajas ambientales, sociales y económicas en el conjunto de la sociedad. Generalmente se supone que una cubierta arbórea mejorará las condiciones del suelo en áreas áridas y semiáridas en comparación con el suelo desnudo. Se dice que esto se logra mediante el alivio de erosión del suelo por protección física, aumento de la infiltración de agua de lluvia, ciclo de nutrientes, acumulación de materia orgánica y, con árboles fijadores de nitrógeno, adición de nitrógeno al suelo por fijación de N. Estas mejoras anticipadas han proporcionado la base para los programas de reforestación en la República de Cabo Verde y en otros lugares, además de la provisión de una amplia gama de productos como alimentos, madera, leña y forraje. Muchos informes respaldan los efectos beneficiosos de la cubierta arbórea. Sin embargo, se han planteado preguntas sobre la contribución de los árboles a la fertilidad del suelo, y muchas especies de árboles, incluida la fijación de nitrógeno son vistas por los agricultores y usuarios locales de la tierra como perjudiciales para el suelo, el agua mesa, y/o cultivos vecinos. (P. J. C. Harris, 1993).

8.2 Suelo

Según (Huachi L, 2008), el suelo es un recurso natural difícil de renovar, de importancia básica para la vida sobre la tierra. Es la fuente de vida de las plantas, los animales y los humanos. Muchos autores definen al suelo como un material de composición mineral muy variable que se origina a partir de un gran número de procesos de meteorización de la roca madre y en las acumulaciones de carácter eólico, pluvial y de materia orgánica. Estiman los estudiosos de la ciencia del suelo, que son tan lentos y complejos los diferentes procesos que intervienen en su formación, que la aparición de unos pocos centímetros lleva muchos años.

8.3 Erosión de suelos

El suelo, desde el punto de vista ambiental tomando en cuenta su uso particularmente agrícola y sus características físicas determinan su sensibilidad de pérdida en un periodo de tiempo. Además, la visión antrópica que mira al suelo no como un recurso natural sino más bien como un elemento de producción agrícola, sin tomar en cuenta los procesos naturales que este necesita para su regeneración afectando directamente a las generaciones futuras y la seguridad alimentaria. El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre, constituida por materiales orgánicos e inorgánicos. El suelo, tiene una composición físico-química variable, lo cual posibilita la formación de diferentes clases de suelos. (Santos & Castro, 2012)

Dependiendo de esto tiene características productivas esenciales para satisfacer las necesidades del ser humano y al ser este un recurso importante para el ser humano, se ha desencadenado una serie de problemas sobre su uso. La erosión del suelo es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. Este proceso de pérdida de materiales del suelo se caracteriza por dos tipos de factores; factores creadores que corresponde a precipitaciones y vientos; y factores condicionantes en los que se encuentran las pendientes de los relieves, las formaciones superficiales y el hombre como actor modificante de la cobertura vegetal. (Santos & Castro, 2012) Diferentes estudios se han realizado en el Ecuador para poder comprender el proceso erosivo de los suelos, enfocándose principalmente en su intensidad, evolución y a partir de los últimos años su distribución geográfica en el país. Varios de los resultados de los estudios realizados demuestran

el estado latente de la degradación del suelo a causa de este fenómeno. Uno de los estudios fue realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería y el ORSTOM, se trata de un estudio cartográfico de los principales procesos erosivos en el Ecuador (De Noni y Trujillo, 1986)

El mapa de “Principales procesos erosivos en el Ecuador” demuestra a gravedad de la situación de los suelos interandinos, se trata de zonas con erosión activa generalizada y con altos riesgos erosivos básicamente en altas tierras y las vertientes exteriores de la cordillera de los Andes. Por otro lado, permitió diferenciar los procesos erosivos que ocurren en función de la intensidad. Se diferencian las siguientes categorías; muy activa refiriéndose a la presencia del proceso pero de una forma generalizada, activa, activa y potencial y potencial en cuanto a la presencia localizada con el riesgo de generalizarse. Las áreas activas y potencialmente afectadas ocupan alrededor del 47,9% de la superficie del país, el 12,1% pertenece a las intensidades de erosión muy activa y activa, y la asociación activa-potencial. La región con mayor afectación es la Sierra con un predominio de áreas con intensidades erosivas muy activas y activas. En los flancos exteriores de las cordilleras se observa intensidades “activa-potencial” donde existe un proceso de colonización agrícola, (De Noni y Trujillo, 1986)

8.4 Recuperación de suelos

La recuperación de un suelo consiste en hallar o proponer un estado alternativo mejor de la inicial. La rehabilitación se entiende si se logra un avance en la funcionalidad del ecosistema, pero aún en una situación a medio camino de la función ecológica original. La restauración se produce si se alcanza el estado original del sistema u estado primigenio. (Mancilla, 2016).

La restauración edafológica es fundamental para plantear con éxito cualquier restauración, sin suelo no hay restauración posible. La capa de tierra vegetal es fundamental, su composición es muy importante no solo por el contenido en materia orgánica, sino por los agregados y microorganismos necesarios para los distintos procesos biológicos y químicos del suelo. La restauración biológica contemplará las acciones de revegetación y reforestación del ecosistema de referencia y sus dinámicas naturales, adaptándose a las condiciones del lugar; y al paisaje tanto desde el punto de vista visual como funcional. (Mancilla, 2016).

Actualmente se emplean algunas especies vegetales en obras de bioingeniería, con el fin de dar estabilidad a las laderas y prevenir la erosión y sus consecuencias. La siembra de ciertas especies

forestales puede favorecer la recuperación o estabilización de suelos y laderas que han sufrido los efectos de la erosión. (Giraldo, et al, 2009), mientras que las leguminosas mejoran la fertilidad del suelo, lo protegen de la erosión y ayudan a controlar malezas. Algunas especies son, además, fuente de alimento para las familias productoras. En pendientes fuertes, esta práctica debe combinarse con otras medidas de conservación de suelos y agua, como barreras vivas o acequias de infiltración. (PASOLAC, 1999)

8.5 Obras de conservación de suelos y agua en laderas

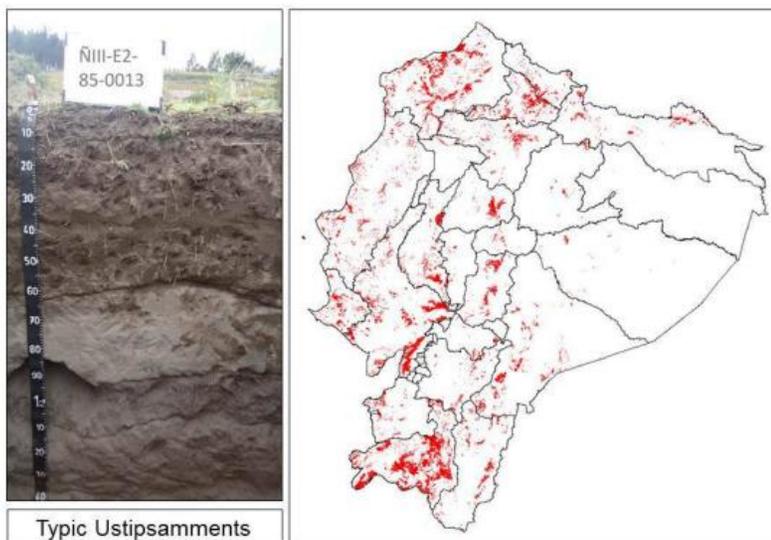
Las laderas de Centroamérica están compuestas de ambientes muy diversos, que difieren por sus condiciones agroecológicas, socioeconómicas, necesidades y prioridades de las familias productoras. Características como clima, tipo de suelo, acceso a tecnologías varían a nivel de región, comarca o incluso en parcelas. En esta publicación El Proyecto Red SICTA, del IICA/Cooperación Suiza, hace un esfuerzo por rescatar diversas alternativas de Conservación de Suelos y Agua (CSA), tomando en cuenta que las laderas son ambientes heterogéneos. Desde el punto de vista técnico-científico, laderas con más del 50% de pendiente son de vocación forestal. Para laderas con menos de ese porcentaje de pendiente, se sugieren las siguientes obras de conservación de suelos y agua: trazado de curvas a nivel, establecimiento de barreras vivas, acequias o zanjas a nivel para captar agua, acequias o zanjas a desnivel para drenar el exceso de agua de lluvia, barreras muertas de piedra para controlar la erosión, diques de piedra y postes para eliminar cárcavas, formación de miniterrazas para reducir la erosión, agroforestería con regeneración natural, cultivos intercalados con leguminosas, rotación de leguminosas con fin de abono verde, obras físicas para cosechar agua de lluvia(PASOLAC, 1999).

La conservación de los suelos forestales y su sustentabilidad como recurso renovable, es posible sólo en la medida en que los impactos de las operaciones de manejo forestal, no excedan la capacidad del suelo de recuperarse por procesos naturales a largo plazo. Esto quiere decir que las pérdidas de material edáfico por erosión no deben exceder las tasas de su formación, y de igual forma, que la extracción de nutrientes no exceda la entrada de los mismos (Gayoso & Alarcón, 1999).

8.6 Entisoles

Las laderas Son aquellos suelos que se caracterizan por ser los de más baja evolución, con muy poca o ninguna evidencia de formación de horizontes edafogénicos; tal vez porque su tiempo de desarrollo ha sido muy corto o muy lento, o se encuentran en fuertes pendientes que aceleran los procesos de erosión o en áreas susceptibles a inundaciones. También suelen aparecer en zonas de barrancos con aluviones constantes que no permiten el desarrollo en profundidad. La erosión, pedregosidad, excesivos elementos gruesos, susceptibilidad a inundaciones y la saturación de agua permanente son sus principales problemas para el aprovechamiento; sin embargo, existen suelos potencialmente muy fértiles debido a los diferentes aluviones recibidos que sirven de sustento a una agricultura intensiva, por ejemplo, los entisoles en que se encuentran los cultivos de cacao y banano en los cantones Balao y Naranjal de la provincia del Guayas. Estos suelos ocupan una superficie de 1 324 302 ha, que representa el 6% del territorio nacional cartografiado, situándose una gran parte de ellos en pendientes fuertes (>40 a 70%) de los relieves montañosos. (SIGTIERRAS, 2017).

Figura 1. Mapas de tierras del Ecuador



8.7 Sistema radicular

Según (Gutiérrez, M.V. 2001) un sistema radical lo integran tanto raíces gruesas como raíces finas (pelos radicales), que difieren en su distribución en el perfil del suelo, su desarrollo, longevidad,

estructura, y funcionamiento. Es común encontrar las raíces finas en la superficie. Los pelos radicales están directamente involucrados y son esenciales en la absorción de agua y nutrientes minerales de la solución del suelo. Cabe mencionar que varios estudios también han demostrado que las raíces gruesas son importantes en la absorción de agua, particularmente del agua profunda. Las raíces gruesas además almacenan agua, carbohidratos, minerales, mucílagos y otras sustancias, que juegan un importante papel en el control de la fenología de las especies, y en la recuperación posterior a varios tipos de estrés.

8.8 El suelo y el sistema radical de las plantas

Las respuestas de las raíces a los cambios en el ambiente del suelo son poco conocidas, pero la información disponible muestra una alta diversidad y plasticidad en la morfología de las raíces en respuesta al cambiante ambiente del suelo. Esta plasticidad probablemente refleja en alguna medida la adaptación a la variabilidad espacial y temporal que caracteriza el ambiente edáfico. Las raíces deben responder rápidamente a cambios en múltiples factores ambientales que afectan su propio metabolismo, así como la disponibilidad de recursos importantes (agua y minerales). Estos factores ambientales incluyen la temperatura, la aireación, la compactación, y las propiedades químicas de la solución del suelo. Las raíces son de importancia en la determinación de la estructura y el contenido de materia orgánica del suelo, y de los cambios en su porosidad. Son capaces de modificar el funcionamiento de la parte aérea (específicamente de las hojas) acorde a los eventos subterráneos que afectan a las raíces, a través de la producción y la transmisión de señales hidráulicas, químicas, y hormonales (ABA, citoquininas, minerales implicados en los movimientos estomáticos). (Gutiérrez, M.V. 2001)

8.9 Forma y extensión de las raíces

El modelo de desarrollo, profundidad y extensión de las raíces, de un árbol en particular, se ven afectados por la textura del suelo, su compactación, la humedad disponible, las capas obstructoras y la nutrición. Además, la densidad del rodal y la competencia entre árboles también tiene un efecto importante sobre la extensión de las raíces laterales. Para comenzar, se puede establecer que en

general existe una relación lineal entre el peso de las raíces y el peso de las ramas. (Corvalán & Hernández, 2009).

8.10 Intensidad de las raíces

El volumen del sistema radical de la mayoría de los árboles se halla a menos de 1 m de la superficie del suelo, y la mayor parte de las raíces pequeñas se hallan antes de los 20 cm de profundidad. El tipo de arraigamiento de un árbol puede determinar el volumen real del suelo que ocupa su sistema radicular, sin embargo, el número y distribución de las raíces pequeñas determina la intensidad con que se utiliza el volumen del suelo ocupado. (Corvalán, 2009).

8.11 Abonos verdes

Los abonos verdes son plantas que se siembran en rotación y/o asocio con un cultivo comercial, son incorporadas al suelo in situ, en busca de mantener, mejorar o restaurar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Además, en algunas ocasiones, estas plantas pueden ser utilizadas, antes de su incorporación, como alimento de animales y para el propio consumo humano) resalta el carácter multipropósito de los abonos verdes, hacen énfasis en el carácter herbáceo de las plantas que se emplean como abono verde, en la inclinación a que sean leguminosas de rápido crecimiento, por aunarse en ellas, normalmente la cualidad de poseer dos simbiosis: 1) leguminosa -rizobios, que permite que el sistema se enriquezca en nitrógeno a través del tiempo, mediante la fijación biológica de N_2 , y, 2) leguminosa-hongos que forman micorriza arbuscular (HMA), que las capacita para absorber con mayor eficiencia el P disponible en el suelo, además de otros nutrientes y beneficios colaterales. (Crespo et al,2021)

8.12 Importancia de los abonos verdes

La actividad de producción agrícola es altamente extractiva de agua y nutrientes del suelo. Si estos ciclos se repiten permanentemente, sin descanso, ni suplementación, el suelo sufre agotamiento por sobre uso y la manifestación de este estrés se va a reflejar en la nutrición, sanidad y productividad de los cultivos. De allí que la agricultura ecológica recomienda los tiempos de

descanso, en busca de restablecer los equilibrios naturales, la restauración y conservación de la fertilidad del suelo. Los abonos verdes al igual que los barbechos mejorados se plantean como estrategias agroecológicas a través de las cuales se pueden aunar ventajas comparativas que propicien la seguridad, soberanía alimentaria y la fertilidad natural de los suelos, en la medida que esta práctica se expresa en múltiples beneficios para los agroecosistemas, en particular, el ambiente y las condiciones socioeconómicas y políticas, en general, que trascienden del nivel familiar, al local y regional. (Crespo et al,2021). El proceso es influenciado por factores como temperatura, pH, textura y humedad en el suelo, entre otros, la relación C/N es determinante cuando se aplican los abonos verdes pues influye directamente en la actividad biológica y, por tanto, en la mineralización rápida o lenta. En esta forma, se enriquece de manera gradual la solución del suelo con diversidad de compuestos disponibles para las plantas, convirtiéndose esto en una ventaja en comparación con los fertilizantes de síntesis química, que por su alta solubilidad no se acumulan, sino que, por el contrario, se lixivian o se pierden con la escorrentía. (Crespo et al. 2021).

8.13 Vicia (*Vicia sativa*)

La *Vicia sativa* es una de las leguminosas forrajeras anuales más importantes a nivel mundial, debido a sus múltiples usos y alta calidad nutricional (Kim et al., 2015), se emplea como abono verde reduciendo así el consumo de fertilizantes químicos sin necesidad de afectar al cultivo y a la vez reduce la lixiviación de contaminantes a cuerpos de agua (Tenopala, et. al 2012), tienen capacidad para desarrollar nódulos en sus raíces y fijar nitrógeno en simbiosis con rizobios compatibles (Graham y Vance, 2003), que es utilizado por la planta huésped o por cultivos asociados (Graham y Vance, 2000), siendo la tasa de fijación de nitrógeno de 1 a 2 kg por hectárea por día (Giller, 2001). A pesar que es considerada una maleza cuando se la encuentra prosperando sobre otros cultivos, esta rústica planta se la usa frecuentemente como abono verde o forraje ganadero. (Cepeda y Chiluisa, 2012).

La gran virtud que posee, cuando se la siembra temprano, es su gran producción de volumen de forraje, cosa que permite realizar en agricultura, un barbecho orgánico, porque cubre muy rápido la superficie del suelo, no permitiendo el desarrollo de las malezas. La otra ventaja de la vicia es que aporta es al suelo abundante cantidad de residuo orgánico (desde 4.000 a 7.000 kg de materia

seca/a y Nitrógeno unos 38 kg por cada tonelada de esa materia seca). Además, al cubrir el suelo, no permite que este se erosione por viento en suelos arenosos y por lluvias intensas que produce la erosión hídrica. (Noutary J, 2020)

8.14 Lenteja (*Lens culinaris*)

Las legumbres son inteligentes en base al clima, ya que se adaptan simultáneamente al cambio climático y contribuyen a mitigar sus efectos. Su introducción en los sistemas agrícolas puede ser clave para aumentar la resiliencia al cambio climático. Las lentejas, principalmente, son resistentes a las sequías, se pueden cultivar en climas áridos que tienen lluvias limitadas, y a menudo erráticas, 300-450 mm/año. Estas plantas tienen cierta preferencia por suelos arenosos, los cuales favorecen el crecimiento de las raíces y la aireación. Su necesidad de agua es media, por lo que no requieren suelos con gran retención de agua (Arpasi, ML. 2015).

Las lentejas son capaces de fijar su propio nitrógeno en el suelo, lo que aumenta la fertilidad del suelo. Este proceso se conoce como fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) el cual consiste en que algunos microorganismos utilizan el nitrógeno contenido en el aire, reduciéndolo a amoníaco a través de una enzima llamada nitrogenasa para la producción de proteínas. Los microorganismos fijadores de nitrógeno son bacterias y cianobacterias, de vida libre en el suelo, eventualmente asociados a una planta, o viviendo en simbiosis con una planta (Cruz, 2015), otra de las características es su alto contenido de proteínas en sus granos (25 %), propiedad que hace reconocerlo como una excelente fuente proteica en la alimentación humana (FEDNA 2010). La lenteja crece en una amplia gama de suelos, desde los más ligeros a los más pesados, con pH comprendido entre 5,5 a 9,0. Las tierras fértiles así como la humedad elevada, provocan un exceso de producción de follaje con mermas en la producción de granos. (Cárdenas, et al, 2014)

8.15 Fréjol (*Phaseolus vulgaris*)

El cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los principales rubros económicos y componente primordial de la seguridad alimentaria, cumplen con un rol económico, ecológico y social. La producción de esta leguminosa genera empleo, alimento e ingresos económicos a

agricultores que tratan de satisfacer la demanda interna y externa de la agroindustria artesanal o convencional (Peralta, Murillo, Mazón, Pinzón y Villacrés, 2013). Por ello en Ecuador, el fréjol es la leguminosa de mayor área de cultivo y consumo con una superficie de siembra a nivel nacional de 19825 ha y a nivel de la provincia de Imbabura se cultivan 2215.3 ha, alcanzando rendimientos de 4500 a 6300 kg ha⁻¹ a nivel nacional de fréjol tierno con un promedio de 5300 kg ha⁻¹, bajo sistemas convencionales de producción (Sistema Nacional de Agropecuaria, 2016).

La preparación del suelo en el sistema de labranza convencional implica la mecanización animal o mecánica, generalmente arado que supone el viraje de la capa inferior hacia la capa superior arable y el rastro que implica desintegrar los agregados grandes en pequeños para facilitar la formación de surcos (ProArgentina, 2005). Por otra parte, en el cultivo de fréjol la fertilización es eminentemente química, aunque produce evidentes beneficios en las plantas aumentando el crecimiento y el desarrollo de los cultivos, a largo plazo el uso indiscriminado de este insumo afectará a los productores, consumidores y el ecosistema (Abid, Ahmed, Umair, e islam, 2015).

8.16 Arveja (*Pisum sativum*)

Es un cultivo poco exigente en materia orgánica, pero es muy importante la presencia de fósforo asimilable. Como se trata de una planta de ciclo corto y sistema radicular relativamente superficial esto tiene aún mayor importancia. La simbiosis con *Rhizobium* debería permitir el cultivo con bajo aporte de nitrógeno, pero la insuficiente presencia de cepas nativas de bacterias y/o su baja capacidad infectiva y de nodulación, se aconseja un aporte de nitrógeno con el abonado de fondo. Algunos de los beneficios de llevar a cabo este cultivo son que su periodo es corto, requiere menor cantidad de agua, aporta nitrógeno al suelo y beneficia a los cultivos sucesores. El cultivo de arvejas se caracteriza por ser de período corto, se siembra a fines de junio, comienzos de julio, y se cosecha a los 3 meses aproximadamente.

El período corto se traduce en un menor consumo de agua, cualidad que le da mayor ventaja frente a otras alternativas de cultivo, como por ejemplo los cereales de invierno de períodos más largos, y lo convierte en un antecesor ideal de los cultivos de segunda o tardío de maíz, soja o girasol, según la zona. Además, según el Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA), aportan nitrógeno

al suelo y no requieren fertilizantes, solo el agregado de fósforo. Es por esta razón que el instituto impulsa el desarrollo de su siembra en invierno dentro del sistema de rotación de cultivos, considerando a la arveja como una opción beneficiosa para los cultivos de verano. Al respecto el especialista en cultivos de invierno del INTA Arroyo Seco, Gabriel Prieto, manifiesta que “las legumbres pueden marcar la diferencia en los cultivos de verano. Con su incorporación los beneficios se multiplican, no sólo porque tienen un consumo de agua menor que el trigo o porque dejan un mejor balance de nitrógeno en el suelo, sino que, además, desocupan el lote de 10 a 20 días antes y permiten asegurar más recursos para el cultivo sucesor”. (Pirotte, 2020).

8.17 Humedad

La humedad del suelo es un factor de vital importancia para un adecuado desarrollo de las plantas, que afectan directamente al rendimiento, puesto que sin la humedad necesaria para aprovecharse por las plantas estas no crecen de manera idónea. La capacidad de retención de humedad por el suelo, es la utilizada por las plantas y se llama humedad aprovechable, la cual varía de acuerdo del tipo de suelo y las prácticas que se realicen en el sistema de producción.

El contenido de humedad del suelo determina la cantidad de agua presente en el suelo y el potencial de humedad muestra el grado en que el agua se adhiere a las partículas del suelo, ya que afectan el contenido de aire del suelo y salinidad. Los valores de contenido y potencial de humedad son importantes de conocer en un sistema agrícola, con ello establecer la frecuencia de los riegos y la cantidad de agua aplicada, para cada especie de planta. (Castellanos & Aguilar, 2000).

8.18 Temperatura

Hay una influencia directa de la temperatura del suelo en las plantas. El calor induce el desarrollo de la vegetación en cuanto a la absorción de agua y nutrientes y el crecimiento general de la planta. Las bajas temperaturas inhiben la captación de agua debido a su menor viscosidad y ralentizan el proceso de fotosíntesis. Además, la falta de calor es una condición desfavorable para las actividades de los microorganismos que habitan la tierra, ya que un bajo metabolismo implica una baja liberación de nutrientes y también una baja disolución. Por tanto, cuanto más fría sea la tierra, menos nutrientes y agua podrán obtener las plantas. En cuanto al crecimiento de las raíces y los

brotos, las condiciones de frío dificultan las reduplicaciones celulares y, por tanto, ralentizan el crecimiento general, tanto el aire frío como la tierra. Está claro que cuando el suelo no está lo suficientemente caliente, las plantas no pueden desarrollarse correctamente, ya que los procesos biológicos y químicos en el suelo no son lo suficientemente intensos. Además, estos mismos procesos son imposibles cuando las temperaturas alcanzan el punto de congelación.

Teniendo esto en cuenta, resulta vital conocer los valores óptimos para el cultivo de cada cultivo y asegurar unas condiciones beneficiosas para su germinación y desarrollo. El análisis de los datos históricos de la temperatura del suelo en una región concreta, el seguimiento del estado actual y la previsión de la temperatura del suelo y del tiempo son aspectos clave que contribuyen al éxito. (MALDONADO A, 2016).

8.19 Propiedades químicas

Las propiedades químicas que posee un suelo son aquellas que permiten reconocer ciertas cualidades del suelo cuando se provocan cambios químicos o reacciones que alteran la composición de esas propiedades y las reacciones químicas que allí suceden además de los diferentes niveles de acción de los mismos. Corresponden fundamentalmente a los contenidos de diferentes sustancias nutricionales importantes como los elementos mayores o macro nutrientes (N, P, Ca, Mg, K, S) y los elementos menores o micro nutrientes (Fe, Mn, Cl, Zn, B, Mo), otros como (C, H, O, Na, Al), además dentro de estas propiedades se pueden describir por su gran importancia para este sustrato el pH (MALDONADO A, 2016).

8.20 Requerimiento nutricional

Para que los forestales se desarrollen de forma normal se requiere que en el suelo, así como también en el aire y el agua estén presentes los nutrientes que ellas necesitan durante su ciclo de vida; cada nutriente desempeña una función bien definida en las plántulas, es decir si faltan o se encuentran en proporciones bajas, pueden alterar el desarrollo normal de los forestales. Los micronutrientes son también necesarios para las plántulas pero en bajas cantidades (Sánchez & Sierra, 2010).

Las leguminosas tienen también la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias del grupo de los rizobios (Allen y Allen, 1981). El nitrógeno (N) es un componente de muchas biomoléculas y esencial para el crecimiento y desarrollo de todos organismos. En los vegetales es responsable de muchas reacciones y parte de la estructura de la clorofila, enzimas y proteínas. Siendo esencial, su balance afecta a la formación de raíces, la fotosíntesis, la producción y tasa de crecimiento de las hojas y raíces. Por ser fijadoras de nitrógeno, las leguminosas son importantes desde el punto de vista ecológico, porque disminuyen o eliminan el uso de fertilizantes químicos. De las aproximadamente 19 000 especies de leguminosas no se tiene aún información de la mayoría de ellas sobre su capacidad de nodular, es decir para establecer simbiosis con bacterias fijadoras de N. (Goi y otros, 2014).

8.20.1 Macronutrientes

Los macronutrientes son aquellos que las plántulas los requieren en grandes cantidades (kilos/hectárea), y dentro de ellos están: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. A continuación se presenta un resumen de las funciones de estos nutrientes:

- **Nitrógeno (N):** Promueve la producción de follaje y la fotosíntesis.
- **Fósforo (P):** Estimula el desarrollo radicular y la floración.
- **Potasio (K):** Regulador osmótico y participa en la formación de los azúcares.
- **Calcio (Ca):** Da consistencia a los tejidos de hojas, tallos y frutos, y mejora la resistencia a enfermedades.
- **Magnesio (Mg):** Promueve la pigmentación verde y la actividad fotosintética.

8.20.2 Micronutrientes

Los micronutrientes son requeridos en pequeñas cantidades (gramos/hectárea), como: hierro, zinc, boro, manganeso, cobre y molibdeno. A continuación se presenta un resumen de las funciones de estos nutrientes:

- **Hierro (Fe):** Componente importante en la síntesis de la clorofila y reacciones de óxido-reducción.

- **Boro (B):** responsable directo de la polinización de los óvulos por el grano de polen y en transporte de azúcares.
- **Zinc (Zn):** Ayuda a la síntesis de hormonas del crecimiento y promueve la formación de granos y raíces.
- **Manganeso (Mn):** Participa en los procesos de respiración de la planta y es un activador de enzimas.
- **Cobre (Cu):** Promueve el desarrollo de raíces y actúa en el metabolismo del nitrógeno.
- **Molibdeno (Mo):** Interviene en la síntesis de proteínas y es un catalizador enzimático de diversas reacciones. (Morocho D, 2016).

8.21 PH

El pH determina el grado de adsorción de iones hidrógeno por las partículas del suelo e indica si un suelo es ácido o alcalino. El pH es el principal indicador de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad y disponibilidad de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. (Brown, J.C. y R.S. Holmes. 1995)

Figura 2. Rangos de pH



El pH en suelos es considerado como una de las variables más limitantes para la adecuada disponibilidad de nutrientes para las plantas. Las plantas difieren en su capacidad para tolerar los suelos de pH alto. En suelos moderadamente alcalinos, algunas raíces de las plantas pueden secretar grandes cantidades de ácidos en el suelo. Esto reduce el pH inmediatamente alrededor de las raíces y aumenta la disponibilidad de nutrientes, en suelos muy alcalinos (pH superior a 7,8), aunque estas plantas experimentan este mecanismo se presentan las deficiencias de nutrientes. Por

lo general es más fácil de manejar las deficiencias de nutrientes que para acidificar suelos alcalinos. Por lo tanto, es necesario un análisis de suelo para determinar qué nutrientes son escasos. Es fundamental contar con un análisis completo realizado, incluyendo los niveles de micronutrientes que a menudo son deficientes. (Fertilab, n d). La calidad del suelo puede variar por diversos factores, ya sea por influencia medio ambiental o por la misma actividad humana. Las regiones áridas y semiáridas son las más afectadas por estos suelos alcalinos, esto causa gran daño y pérdida en la actividad agrícola que se quisiera desarrollar ya que estos suelos se caracterizan por contener pH altos, gran conductividad eléctrica y altos contenidos de sodio (Pessarakli, 2019). Los suelos alcalinos son comunes en regiones áridas y semiáridas, y generalmente son impermeables, lo que genera una lenta infiltración y percolación del agua a través del suelo, impidiendo un desarrollo óptimo de las plantas. Esta estructura de pH elevado (por encima de 8,5) otorga al suelo una baja capacidad de infiltración, una estructura pobre y una lenta permeabilidad, y suelen presentar las siguientes deficiencias: Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso. (Agromatica, n d).

8.22 Propiedades físicas

Las propiedades físicas del suelo se relacionan con la capacidad que posee al momento de ofrecer servicios para el ser humano. Para conocer la productividad de suelo no sólo es necesario evaluar los contenidos de nutrientes disponibles sino de igual manera las condiciones físicas; que en ocasiones no suelen ser determinadas a través de los análisis (Flores y Alcalá, 2010). Realizar la caracterización del suelo desde el punto de vista físico, tiene como fin establecer la respuesta del suelo a las prácticas que se utilizan dentro del sistema de producción; así mismo, el evaluar el nivel de susceptibilidad de este recurso ante algún proceso de degradación que vaya a enfrentar (Flores y Alcalá, 2010).

8.23 Textura

La textura se refiere a la proporción relativa de arena (a), limo (L) y arcilla (A) que existe en el suelo; esta caracterización se refiere a las partículas menores de 2 mm de diámetros. Lo útil de conocer la textura o la clase textural a la que pertenece un suelo consiste en que permite hacer una deducción aproximada de las propiedades generales del suelo, y así ajustar las prácticas de manejo

requeridas (labranza, riego y fertilización); también puede utilizarse para evaluar y valorar tierras de acuerdo a su capacidad de uso (Henríquez y Cabalceta, 1999)

La textura de un suelo es una de las propiedades físicas que da mucha información, se la puede determinar mediante el tacto o el análisis del laboratorio, está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas (medidas como porcentajes en peso) de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla) que contiene. La proporción y magnitud de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas en los suelos están gobernadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren las reacciones, además de la plasticidad, la permeabilidad, la facilidad para trabajar la tierra, la sequedad, la fertilidad y la productividad que varían dependiendo de la región geográfica. Las partículas de arena son comparativamente de tamaño grande (0.05-2mm) y, por lo tanto, exponen una superficie pequeña comparada con la expuesta por un peso igual de partículas de arcilla o de limo.

8.24 Densidad aparente

La densidad de volumen o densidad aparente se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso (Pinot, 2000), densidad aparente puede ser incluida dentro de un grupo reducido de parámetros cuya medida es necesaria para evaluar la calidad de un suelo, como indicador de la estructura, la resistencia mecánica al enraizamiento y la cohesión del mismo (Doran y Parkin, 1994). Cambios en la densidad aparente reflejan cambios en la estructura del suelo, debido a la relación existente entre densidad aparente y la porosidad total. La densidad aparente del suelo es un buen indicador de propiedades importantes del suelo, como son: la compactación, porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración, lo que condiciona la circulación de agua y aire en el suelo, los procesos de establecimiento de las plantas (emergencia, enraizamiento) y el manejo del suelo. La densidad aparente afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces. Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que presenta el suelo y de la

especie de que se trate. Los valores bajos de densidad aparente son propios de suelos porosos, bien aireados, con buen drenaje y buena penetración de raíces, lo que permite un buen desarrollo de las raíces.

Los valores altos de densidad aparente son propios de suelos compactos y poco porosos, con aireación deficiente e infiltración lenta del agua, lo cual puede provocar anegamiento, anoxia y que las raíces tengan dificultades para elongarse y penetrar hasta alcanzar el agua y los nutrientes necesarios. En estas condiciones, el desarrollo y crecimiento de las plantas es impedido o retardado consistentemente (Donoso, 1992).

Tabla 2. Densidad aparente crítica según su textura

TEXTURA	DENSIDAD APARENTE CRITICA (Mg m ⁻³)
Franco arcillosa	1,55
Franco limosa	1,65
Franco arenosa fina	1,80
Arenosa franca fina	1,85

8.25 Densidad real

La densidad real del suelo es la relación que existe entre el peso de éste, en seco (Pss) y el volumen real o sea el volumen de sus partículas (Vp). Usualmente se expresa en g /cm³ (Foth, 1897).

Tabla 3. Clasificación de la densidad real de los suelos

Densidad real (g/cm ³)	Clasificación
< 2.4	Muy bajo
2.4 - 2.60	Bajo
2.60 - 2.80	Medio
>2.80	Alto

El conocimiento del peso específico es necesario para calcular la porosidad de los suelos, primordialmente en la agricultura y, además da cierta orientación sobre el grado de desarrollo de los suelos; también, para conocer la relación entre la parte mineral y orgánica (Cairo, 1995).

Tabla 3. Densidad real óptima de algunos constituyentes de suelos

Componentes del suelo	Densidad real (g/cm³)
Humus	1.3 a 1.5
Arcilla	1.2 a 2.6
Cuarzo	2.5 a 2.8
Hematinas	4.9 a 5.3

8.26 Porosidad

La porosidad se define como la relación entre el volumen de espacios (poros) ocupados por gases, líquidos y el volumen total del suelo (Espinosa et al., 2015).. El volumen de los poros depende de la disposición de las partículas sólidas. La porosidad se puede determinar suponiendo que es igual a la humedad de saturación, esto de manera directa. Sin embargo, esta suposición es válida en casos dónde el suelo cuenta con porosidad conectada (Flores y Alcalá, 2010).

Por lo general, la porosidad obtenida a partir de la D_a genera resultados mayores que el contenido volumétrico de agua a saturación; esto se debe a que la porosidad no está conectada en su totalidad, lo que conduce a que algunos poros se encuentran llenos de aire. Al presentarse una disminución en la porosidad del suelo, esto afecta a las propiedades físicas debido a que surge una reducción en la aireación del suelo, en la capacidad de infiltración de agua y dificultad para la penetración por parte de las raíces (Flores y Alcalá, 2010); la cual conlleva a un declive en la producción agrícola, al verse afectado cualidades importantes como: estructura, contenido de MO, tipo e intensidad de cultivos, labranza y otras propiedades del suelo y su manejo (Gómez, 2013).

9. METODOLOGÍAS/ DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1 Metodología

9.1.1 Tipo de Investigación

9.1.1.1 Descriptiva

Este trabajo experimental se usó la investigación descriptiva la cual es de campo con lo cual se fundamenta el trabajo directo y la tabulación de los datos realizados en el ensayo experimental con comparaciones de los análisis de suelos iniciales y finales, además se utilizaron especies forestales y leguminosas a los cuales se seccionaron en sus partes para cuantificar su volumen por el método de la flotación. La estimación del volumen se realizó en condiciones de laboratorio.

9.1.1.2 Experimental.

La presente investigación fue de carácter cuantitativo la cual se basó en la recolección de datos de las especies seleccionados para su posterior procesamiento en el programa InfoStat y de esa manera llegar a un análisis.

9.1.2 Modalidad de la investigación

9.1.2.1 De Campo.

La investigación de campo se determinó con la implementación de la Acacia (*Acacia melanoxylon*) y de las leguminosas: vicia (*Vicia sativa*), lenteja (*Lens culinaris*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y arveja (*Pisum sativum*), con la finalidad de evaluar el sistema radicular de las mismas y así determinar las características de las propiedades físicas y químicas del suelo en las que se ha desarrollado.

9.1.2.2 Bibliográfica documental.

Para partir con la investigación y llegar a finalizarlo de manera óptima se debió considerar el requerimiento de apoyo de material bibliográfico científico, así como: libros, revistas científicas, investigaciones científicas, tesis, sitios web de alto impacto, en la que se realizó una búsqueda ardua y eficiente, por lo que la investigación debe tener un orden lógico y organizado.

9.2 Materiales

9.2.1 Material experimental

- Herramientas de labranza
- Cinta métrica
- Hoyadora
- Cámara fotográfica
- Balanza
- Calibrador
- Envase de vidrio

9.2.2 Materiales para campo

- Estacas
- Piola
- Guantes
- Mascarilla
- Abono orgánico
- Tijeras
- Libro de campo
- Esferos

9.3 Características del sitio de proyecto de investigación

Tabla 4. Características del sitio de proyecto de investigación.

Provincia	Cotopaxi	Cultivo Nuevo	Acacias, leguminosas
Cantón	Latacunga	Sistema de siembra	Manual, mecánico
Localidad	Salache	Superficie del ensayo	275,52 m ²
Longitud	78°37'14''w	N° Parcelas	20
Latitud	00°59'57''s	Hileras por Parcela	5
Fecha de Siembra		Área de cada tratamiento	10,5 m
Altitud	2800 m.s.n.m	Distancia entre plántulas	1,5 m
Cultivo anterior	Pasto milin	Número de plántulas	120 acacias
Textura	Franco	Distancia entre hileras	1,5 m

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

9.4 Mapa sobre el sitio de investigación

Figura 3. Mapa del sitio de investigación.



Fuente: (Google earth, 2022)

10. HIPÓTESIS

10.1 Hipótesis planteadas

- La siembra de las cuatro leguminosas y la Acacia (*Acacia melanoxylon*) mejora las propiedades físicas y químicas del suelo.
- La siembra de las cuatro leguminosas y la Acacia (*Acacia melanoxylon*) no mejora las propiedades físicas y químicas del suelo.

10.2 Operación de variables

Tabla 5. Operación de variables.

Hipótesis	Variables	Indicadores		
	Variable independiente	Variable dependiente	Indicadores	Expresión
La siembra de las cuatro leguminosas y la Acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) mejora las propiedades físicas y químicas del suelo.	Cuatro leguminosas: vicia (<i>Vicia sativa</i>), lenteja (<i>Lens culinaris</i>), fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) y arveja (<i>Pisum sativum</i>) y la Acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>)	Propiedades químicas y físicas	Porcentaje de germinación de las leguminosas	%
			Altura de la especie forestal	mm
			Diámetro de la especie forestal	cm
			Peso del suelo	kg
			Número de ramas	#
			Longitud de raíz principal forestal	cm
			Número de raíces secundarias de la especie forestal	#
			Peso del sistema radicular forestal	g
			Volumen de raíz forestal	cm ³

		Volumen de copa o vuelo	cm ³
		Peso del sistema radicular leguminosas	g
		Volumen de raíz leguminosas	cm ³
		PH	Rango
		Materia orgánica	%
		N, P, S, B K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn	ppm
		Textura	Clase textural
		Densidad aparente	g/ml
		Densidad real	g/ml
		Porosidad	%

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

10.3 Variables en estudio

De acuerdo al cuadro de operacionalización de las variables en estudio se realizó la toma de datos:

10.3.1 Porcentaje de prendimiento (%)

Se tomó esta variable al mes de haber realizado el trasplante, según los tratamientos se contaron el número de plantas prendidas y luego se hizo una regla de tres para sacar el porcentaje.

10.3.2 Altura de la especie forestal (cm)

La toma de datos la altura se realizó al mes de haberla trasplantado, se lo realiza con un metro desde el cuello del tallo hasta el ápice del forestal, y por consiguiente se procedió a tomar el dato y anotarlo en el libro de campo, se tomaron tres datos.

10.3.3 Diámetro de la especie forestal (mm)

La toma de datos del diámetro del forestal se lo realizó al mes del trasplante con la ayuda del calibrador, y se procedió a anotarlo en el libro de campo, se tomaron tres datos.

10.3.4 Numero de ramas de la especie forestal (#)

La toma de datos del número de ramas de la especie forestal se contó manualmente y los datos se apuntaron en el libro de campo, se tomaron tres datos.

10.3.5 Longitud de la raíz principal de la especie forestal (cm)

La toma de datos de la longitud de raíz principal se lo realizo con la ayuda de la regla se midió el largo de cada uno de las raíces tomados en cuenta en la investigación para toma de datos, se tomaron tres datos.

10.3.6 Número de raíces secundarias de la especie forestal (#)

Se lo realizo de manera manual, siendo rigurosos al momento de recoger los datos, se tomaron tres datos.

10.3.7 Peso del suelo (kg)

La toma de datos del peso del suelo se lo realizo al mes del transplante con un cilindro de metal de 50 cm de ancho y 40 cm de largo, el cilindro se lo introdujo con la ayuda de un combo en el tratamiento en el que se iba extraer la muestra, al final se extrajo con cuidado para así pesar la muestra en la balanza, se anotó en el libro de campo y se tomó tres datos..

10.3.8 Peso del sistema radicular del forestal (g)

Para el peso del sistema radicular del forestal se realizó cortando la raíz del forestal con la ayuda de una tijera de podar, por consiguiente se procedió a limpiar la raíz y a pesar en la balanza,

anotando así los datos en el libro de campo, se tomaron tres datos.

10.3.9 Volumen de la raíz forestal (cm³)

Se realizó este procedimiento con las raíces lavadas los cuales se pesó en la balanza en unidad gramos, se utilizó un envase de 1000ml y se colocó las raíces, pesando y sacando la diferencia entre el peso que se obtuvo, teniendo en cuenta que se colocó agua con 500 ml, siguiendo así todo el proceso del método de Arquímedes.

10.3.10 Volumen de la copa (cm³)

Se realizó este procedimiento con las copa o vuelos los cuales se pesó en la balanza en unidad gramos, en una probeta de 1000ml, sacando la diferencia entre el peso que se obtuvo teniendo en cuenta que se colocó agua con 500 ml, siguiendo así todo el proceso del método de Arquímedes.

10.3.11 Peso del sistema radicular de las leguminosas (g)

Para el peso del sistema radicular de las leguminosas se realizó cortando la raíz de las leguminosas con la ayuda de una tijera de poder, por consiguiente se procedió a limpiar la raíz y a pesar en la balanza, anotando así los datos en el libro de campo.

10.3.12 Volumen de la raíz de las leguminosas (cm³)

Se realizó este procedimiento con las raíces lavadas los cuales se pesó en la balanza en unidad gramos, se utilizó un envase de 1000ml y se colocó las raíces, pesando y sacando la diferencia entre el peso que se obtuvo, teniendo en cuenta que se colocó agua con 500 ml, siguiendo así todo el proceso del método de Arquímedes.

10.4 Factor en estudio (Factor A)

- **A1:** Lenteja (*Lens culinaris*)
- **A2:** Fréjol (*Phaseolus vulgaris*)

- **A3:** Arveja (*Pisum sativum*)
- **A4:** Vicia (*Vicia sativa*)
- **A5:** Testigo

10.5 Tratamientos del ensayo experimental

Tabla 6. Tratamientos

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
A1	Lenteja
A2	Fréjol
A3	Arveja
A4	Vicia
A5	Testigo

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

10.6 Diseño experimental

Se aplicó el diseño completo al azar (DCA) con un factor en estudio y un testigo con un arreglo factorial 5 tratamientos X 4 repeticiones.

10.7 Análisis estadístico funcional

Tabla 7. Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Repetición	3
Tratamientos	4
Error	12

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

10.8 METODOLOGÍA

10.8.1 Ubicación de proyecto

Para el área de estudio se seleccionó una dimensión de 275,52 m² ubicado en la (Sector Salache) perteneciente al Cantón Latacunga, para delimitar el área de estudio se utilizó un GPS con el que se tomaron los puntos del área de estudio y de igual manera se utilizó una cinta métrica.

10.8.2 Análisis del suelo del área de estudio

Se realizó un muestreo de suelo para conocer las condiciones iniciales y finales de la investigación: Se recolectó seis submuestras de suelo, una inicial a una profundidad de 20 cm estas sub muestras fueron mezcladas para obtener una muestra final de 1 kg. El análisis se realizó en los laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Santa Catalina, de donde se obtuvo las características químicas del suelo..

10.8.3 Preparación del terreno

- La preparación del terreno, se realizó con ayuda de herramientas de labranza manual
- Con un metro se procedió a definir la distancia entre hileras (2.00) y entre planta y plantas (1,50), se emplearon 5 tratamientos (6 plantas de acacia) y 4 repeticiones.
- Se realizaron unas miniterrazas para el trasplante de la acacia con un diámetro de 0,50 cm con ayuda de una azada.
- Con una hoyadora mecánica se realizó el hoyado,
- En cada tratamiento se agregó abono orgánico (ecoabonaza) en dosis de 1 lb por acacia (*Acacia melanoxylon*) incluyendo el testigo y después se procedió a sembrar las leguminosas vicia (*Vicia sativa*), lenteja (*Lens culinaris*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y arveja (*Pisum sativum*).

10.8.4 Trasplante de la acacia y siembra de las leguminosas

- La especie forestal se obtuvo de la prefectura de Cotopaxi, a través de un convenio UTC-MAG-GAD provincial. El trasplante se realizó en un sistema tres bolillos, entre hilera 1,50 m y entre planta 2 m.
- La adquisición de las leguminosas se realizó en un local de semillas, la siembra se realizó una vez trasplantado.

10.8.5 Toma de datos

En la toma de datos se realizó de acuerdo a las fechas establecidas de las siguientes variables: porcentaje de germinación de las leguminosas, diámetro de la especie forestal, altura de la especie forestal, peso del suelo, número de ramas, longitud de raíz principal forestal, volumen de copa o vuelo, número de raíces secundarias de la especie forestal, peso del sistema radicular forestal, volumen de raíz forestal, peso del sistema radicular leguminosas, volumen de raíz leguminosas, pH, materia orgánica, N, P, S, B K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, textura, densidad aparente, real, y porosidad, datos que se colocaron en el libro de campo.

10.8.6 Riego de los tratamientos

El riego de los tratamientos se lo realizó 3 veces a la semana durante 5 meses, con la ayuda de 8 aspersores y una manguera.

10.8.7 Toma de muestras

Para el análisis de suelo se procedió a tomar la primera muestra inicial en zigzag con la ayuda de un barreno, aproximadamente 1lb de suelo (inicial), para las muestras finales se realizaron 5 muestras 1lb por tratamiento, las cuales se envió al INIAP (El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) donde pudimos conocer las características químicas del suelo, en cuanto a las densidades se tomó mediante el cilindro la muestras de suelo (profundidades de 0-10; 10-20 y de 20-30), estos análisis se los envió a AGROCALIDAD (Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario), para determinar las propiedades físicas.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1 Variable del porcentaje de germinación de las cuatro leguminosas.

Tabla 8. ADEVA de la variable del porcentaje de germinación de las cuatro leguminosas

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Repetición	121,25	3	40,42	2,21	0,1559
Tratamiento	546,25	3	182,08	9,98	0,0032 *
Error	164,25	9	18,25		
Total	831,75	15			
CV	4,81				

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En el análisis de varianza realizado en la variable del porcentaje de germinación de las cuatro leguminosas, si existe significancia estadística para tratamientos. El coeficiente de variación fue de 4,81 con este resultado podemos decir que esta investigación fue bien manejada.

Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable del porcentaje de germinación.

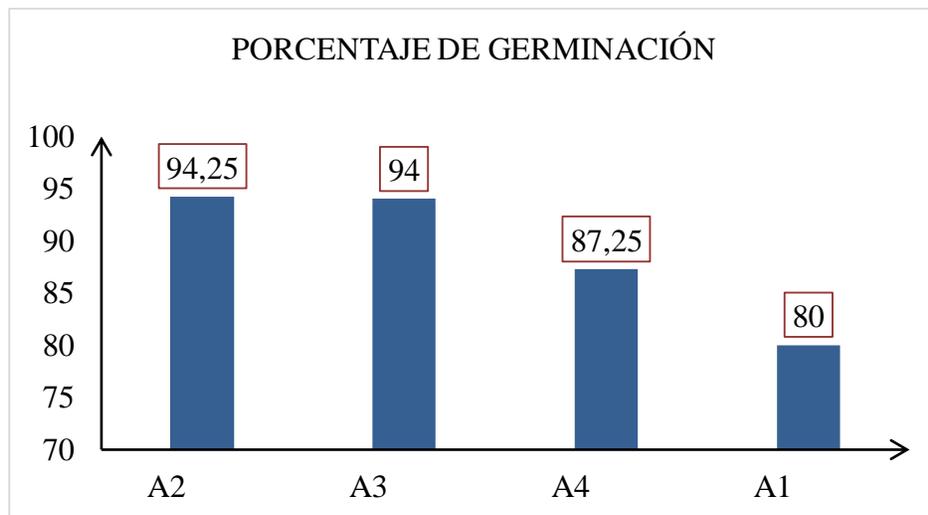
Tratamiento	Medías	Rangos
A2	94,25	A
A3	94	A
A4	87,25	A B
A1	80	B

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Al momento de realizar la Prueba de Tukey al 5%, en la tabla 9 se puede observar dos rangos de significación estadística, en el rango A fue el tratamiento A2 (fréjol) con un promedio de 94,25 siendo el de mayor valor seguido del tratamiento A3 (arveja) con un promedio de 94, mientras que

en el rango B el tratamiento A1 (lenteja) con un promedio de 80 siendo el de menor porcentaje de germinación, según (Jiménez, 2014) en el Ecuador aproximadamente un 35% de los agricultores utiliza semilla certificada de diferentes rubros, mientras que el resto de productores recicla las semillas o usan aquellas que no tienen las cualidades adecuadas, es decir no cumplen con los parámetros de calidad en el aspecto genético, fisiológico, sanitario y físico, entre los factores más importantes que influyen en la germinación de una semilla y la velocidad se puede mencionar, humedad del suelo, temperatura, luz, oxígeno, y dióxido de carbono, entre otros (Probert, 2000). De los factores antes mencionados, la humedad y temperatura son los más determinantes en el proceso de germinación, la temperatura del suelo determina el momento de establecimiento de un cultivo (Hadas, 2004). Así, conociendo la temperatura mínima requerida para la germinación se puede estimar la fecha óptima de siembra, de modo que permita obtener el mayor rendimiento y calidad de grano posibles, ya que se ofrece al cultivo las condiciones ambientales más favorables, según (Basantes, 2015) menciona que la arveja y el fréjol en bajas temperaturas crecen favorablemente, con el mínimo entre 6 y 10°C y el máximo en 25 °C.

Figura 4. Variable del porcentaje de germinación de las cuatro leguminosas.



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

11.2 Variable de la altura de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Tabla 10. ADEVA de la variable de la altura de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

F.V.	gl	Primer dato		Segundo dato		Tercer dato	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Repetición	3	46,2	0,1975	45,65	0,2189	44,85	0,2635
Tratamiento	4	445,88	0,0001 *	442,68	0,0001 *	436,58	0,0001 *
Error	12	25,41		26,78		29,81	
Total	19						
CV		6,59		6,35		6,53	

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En el análisis de varianza realizado en la variable altura de la Acacia (*Acacia melanoxylon*), si existe significancia estadística para los tratamientos. En el primer dato se obtuvo un coeficiente de varianza de 6,59, en el segundo dato fue de 6,35, y en el tercer dato de 6,53, con estos resultados podemos decir que esta investigación fue bien manejada.

Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable de la altura de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas

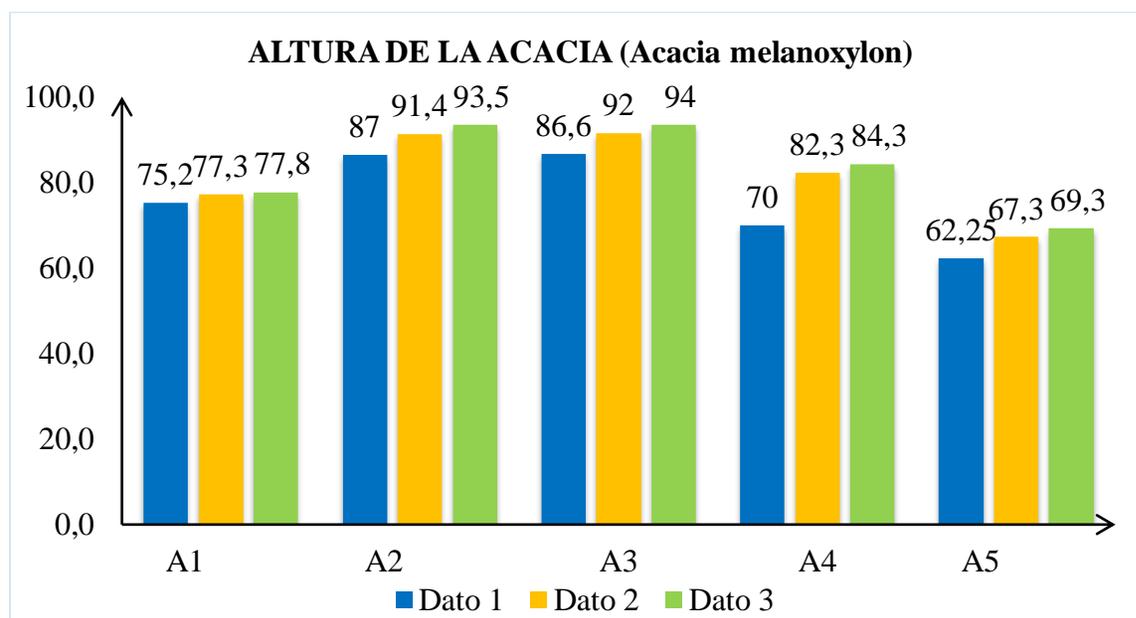
Tratamiento	Primer dato		Segundo dato			Tercer dato		
	Medias	Rango	Tratamiento	Medias	Rango	Tratamiento	Medias	Rango
A2	87	A	A3	92	A	A3	94	A
A3	86,6	A	A2	91,4	A	A2	93,5	A
A1	77,3	A B	A4	82,3	A B	A4	84,3	A B
A4	70	B C	A1	75,2	B C	A1	77,8	B C
A5	62,25	C	A5	67,3	C	A5	69,3	C

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Al momento de realizar la Prueba de Tukey al 5%, en la tabla 11 se puede observar tres rangos de significancia, en el rango A del primer dato se encuentra el tratamiento A2 (fréjol) con un promedio

mayor de 87, en el segundo dato se encuentra el tratamiento A3(arveja) con un valor de 92, así como en el tercer dato con un valor de 94. En el rango C se encuentran los tratamientos de testigo, a partir de esta interpretación y tomando en cuenta que las especies tanto leguminosas como la especie forestal fijan una gran cantidad de nitrógeno, (Llamusunta, 2022) manifiesta que el nitrógeno (N) favorece un crecimiento rápido de tallos y hojas, asegura el color verde oscuro y aumenta la producción. Aumenta el contenido proteico ya que forma parte de los aminoácidos y por ende de la estructura de las proteínas en los cultivos (16 a 18%), además (Martínez y Cordones, 2008), señala que la capacidad de fijación de nitrógeno por parte de la arveja suele ser muy alta. Se han medido aportes de hasta 185 kg/ha, de aquí que es la fuente de nitrógeno más económica para el productor.

Figura 5. Variable de la altura de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

11.3 Variable del diámetro de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Tabla 12. ADEVA de la variable diámetro de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

F.V.	gl	Primer dato		Segundo dato		Tercer dato	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Repetición	3	0,010	0,0225	0,01	0,02	0,01	0,030
Tratamiento	4	0,010	0,0023 *	0,01	0,002 *	0,01	0,002 *
Error	12	0,0018		1,80E-03		1,80E-03	
Total	19						
CV		15,02		8,83		7,32	

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En el análisis de varianza realizado en la variable del diámetro de la Acacia (*Acacia melanoxylon*), existe significancia estadística para los tratamientos. En el primer dato se obtuvo un coeficiente de varianza de 15,02, en el segundo dato fue de 8,83, y en el tercer dato de 7,32, con estos resultados podemos decir que esta investigación fue bien manejada.

Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para los tratamientos de la variable diámetro de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

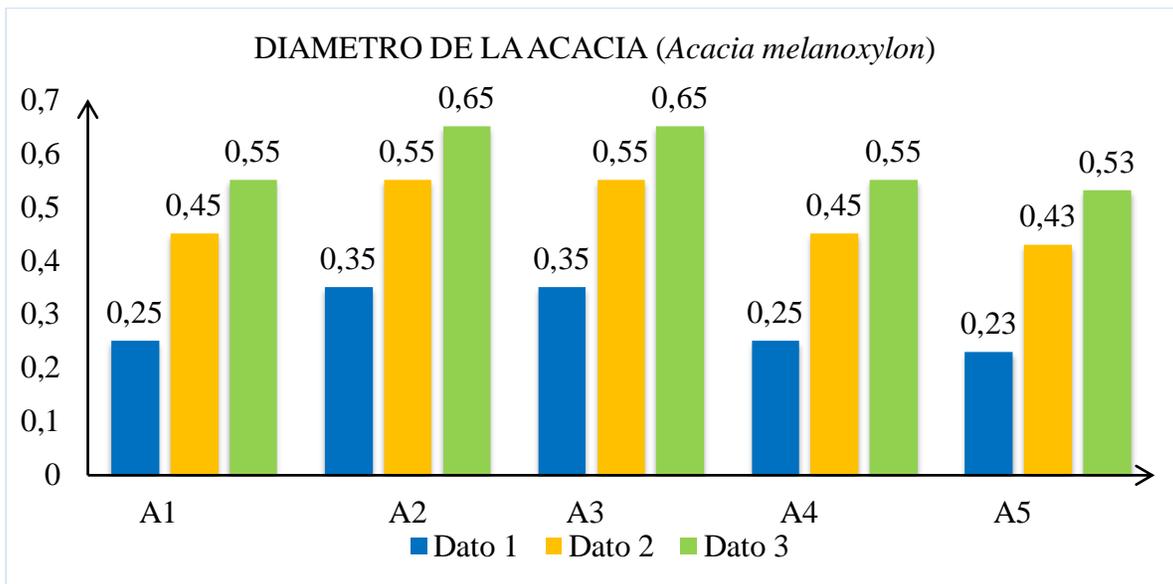
Tratamiento	Primer dato		Segundo dato			Tercer dato		
	Medías	Rangos	Tratamiento	Medías	Rangos	Tratamiento	Medías	Rangos
A2	0,35	A	A3	0,55	A	A3	0,65	A
A3	0,35	A	A2	0,55	A	A2	0,65	A
A4	0,25	B	A4	0,45	B	A4	0,55	B
A1	0,25	B	A1	0,45	B	A1	0,55	B
A5	0,23	B	A5	0,43	B	A5	0,53	B

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Al momento de realizar la Prueba de Tukey al 5%, en la tabla 13 se puede observar dos rangos de significancia, en el rango A el primer dato lo tiene el tratamiento A2 (fréjol) con un promedio mayor de 0.35 , en el rango B el tratamiento A5(testigo) con un promedio de 0.23; en el caso del segundo dato el de mayor promedio es el A3(arveja) con 0.55 y el rango B coinciden con el tratamiento del primer dato con un promedio de 0.43 en el tercer dato, estudios realizados por (Garlant, Miranda, Grance, Bohren, & Keller ,2001) determinan que si el diámetro basal del tallo aumenta a medida que el árbol crece en altura el grado de correlación es alto, siempre que los

valores presenten una simetría adecuada, además debido a las condiciones del suelo y ambiente, aumentan las posibilidades de fijación de potasio, este es un elemento importante ya que el potasio generan raíces, tallos fuertes y hojas gruesas que ayudan a mover los nutrientes alrededor de las plantas. (INTAGRI. 2017)

Figura 6. Variable del diámetro de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

11.4 Variable del diámetro de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Tabla 14. ADEVA de la variable número de ramas de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

F.V.	gl	Primer dato		Segundo dato		Tercer dato	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Repetición	3	2,27	0,011	2,58	0,016	2,58	0,016
Tratamiento	4	3,43	0,0015 *	3,3	0,0048 *	3,51	0,0018 *
Error	12	2,27		5,00E-01		0,5	
Total	19						
CV		5,79		4,7		3,75	

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En el análisis de varianza realizado en la variable de número de ramas del forestal Acacia (*Acacia melanoxylon*), existe significancia estadística para los tratamientos. En el primer dato se obtuvo un coeficiente de varianza de 5,79, en el segundo dato fue de 4,7, y en el tercer dato de 3,75, con estos resultados podemos decir que esta investigación fue bien manejada.

Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% de la variable número de ramas de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

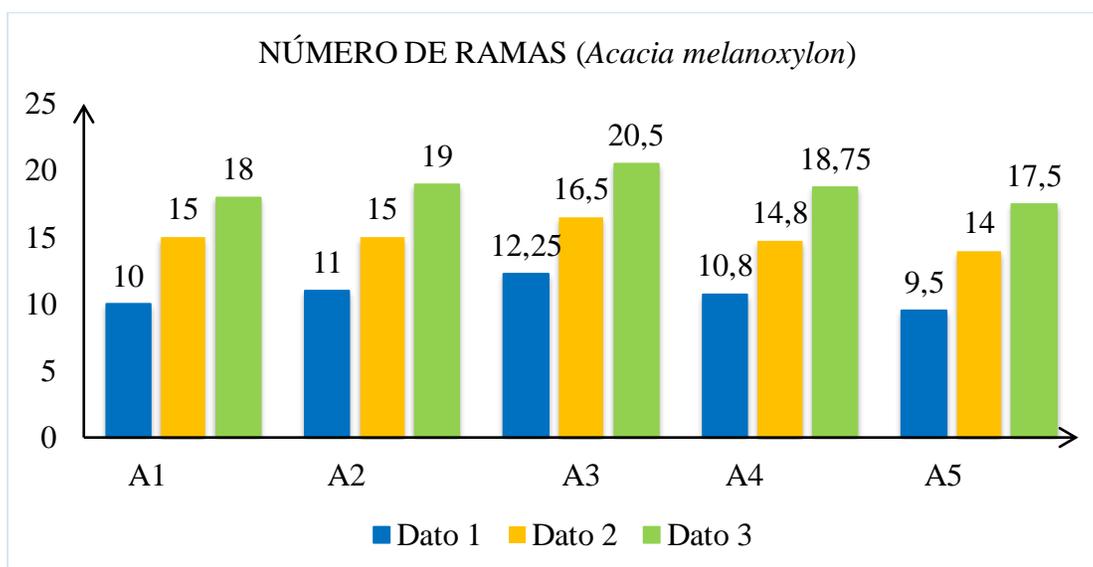
Tratamiento	Primer dato		Segundo dato			Tercer dato		
	Medias	Rangos	Tratamiento	Medias	Rangos	Tratamiento	Medias	Rangos
A3	12,25	A	A3	16,5	A	A3	20,5	A
A2	11	A B	A2	15	A B	A2	19	A B
A4	10,8	B	A1	15	A B	A4	18,75	B
A1	10	B	A4	14,8	B	A1	18	B
A5	9,5	B	A5	14	B	A5	17,5	B

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Por lo general Al momento de realizar la Prueba de Tukey al 5%, en la tabla 15 se puede observar dos rangos de significancia, en el rango A el tratamiento A3 (arveja) es el de mejor promedio con un valor de 12,25, y por último tenemos en el rango B al testigo, en el caso del segundo dato el rango A cambia se mantiene con el tratamiento A3 (arveja) siendo el de mayor promedio en el tercer dato, mientras que el testigo sigue siendo el de menor promedio, según (IICA,1999) las leguminosas mejoran la capacidad de retención del agua (hojas bien desarrolladas), infiltración y permeabilidad (las raíces al morir, crean numerosas cavidades tubulares, permitiendo que el agua

y el aire se filtren por ellas), según (Dina, 2019) manifiesta que las leguminosas poseen una característica particular, es que se asocian con hongos o bacterias y así aumentan la absorción de fosforo, y por su alta necesidad de fósforo son capaces de extraerlo de áreas poco accesibles para los cultivos, posibilitando que la Acacia produzca una gran cantidad de biomasa en un corto tiempo, estimula la formación de raíces y es un componente esencial del material genético de las plantas. Esto asegura también la formación de nuevas ramas. (Plagron, 2022).

Figura 7. Variable del número de ramas de la acacia (*Acacia melanoxylon*)



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

11.5 Variable del peso del suelo de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Tabla 16. ADEVA de la variable peso del suelo de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

F.V.	Primer dato			Segundo dato		Tercer dato	
	gl	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Repetición	3	2,64	0,9589	2,64	0,9589	2,6	0,9595
Tratamiento	4	323,9	0,0003 *	345,06	0,0013 *	337,02	0,0003 *
Error	12	26,64		17,45		26,5	
Total	19						
CV		11,91		10,44		9,27	

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En el análisis de varianza realizado en la variable del peso del suelo de la Acacia (*Acacia melanoxylon*) y de las cuatro leguminosas, si existe significancia estadística para los tratamientos. En el primer dato se obtuvo un coeficiente de varianza de 11,91, en el segundo dato fue de 10,44, y en el tercer dato de 9,27, con estos resultados podemos decir que esta investigación fue bien manejada.

Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% de la variable peso del suelo de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

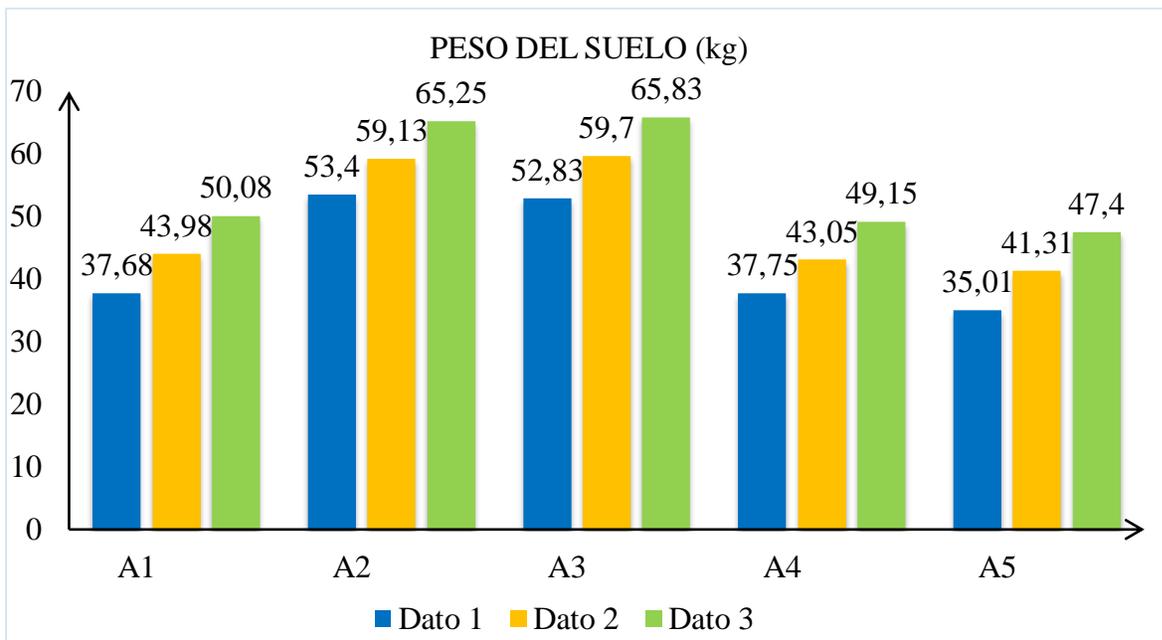
Tratamiento	Primer dato		Segundo dato		Tercer dato			
	Medias	Rangos	Tratamiento	Medias	Rangos	Tratamiento	Medias	Rangos
A2	53,4	A	A3	59,7	A	A3	65,83	A
A3	52,83	A	A2	59,13	A	A2	65,25	A
A4	37,75	B	A1	43,98	B	A1	50,08	B
A1	37,68	B	A4	43,05	B	A4	49,15	B
A5	35,01	B	A5	41,31	B	A5	47,4	B

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Al momento de realizar la Prueba de Tukey al 5%, en la tabla 17 se puede observar dos rangos de significancia, en el rango A del primer dato el tratamiento A2 (fréjol) con un promedio mayor de 53,4, mientras que en el rango B el tratamiento A5 es el de menor promedio, coincidiendo con el segundo y tercer dato, así mismo el de mayor promedio cambia siendo el A3 el de mayor promedio con 59,7 y 65,83 respectivamente, siendo valores considerables también se puede manifestar que

el material verde de las especies en cuanto al porcentaje de germinación es importante para la caracterización de esta variable, además las miniterrazas ayudan a mantener el nivel de materia orgánica y protegen la macrofauna en el suelo, son apropiadas para todas las zonas, especialmente en suelos erosionados, donde mejoran la infiltración del agua, combinadas con una siembra en contorno mejora aún más la retención del agua, las miniterrazas reducen también el efecto de la erosión por el viento; pero, por si solas, no mejoran la fertilidad del suelo a menos que se combinen con la aplicación de abono orgánico y/o rastrojos en las franjas roturadas,(IICA, 1999), así mismo reduce a lixiviación.

Figura 8. Variable del peso del suelo de las de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

11.6 Variable de la longitud de la raíz principal de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Tabla 18. ADEVA de la longitud de la raíz principal de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

F.V.	gl	Primer dato		Segundo dato		Tercer dato	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Repetición	3	32,46	0,6555	38,46	0,583	36,83	0,6014
Tratamiento	4	604,58	0,0007 *	607,61	0,0006 *	615,7	0,0006 *
Error	12	58,64		56,85		57,18	
Total	19						
CV		17,1		18,68		17,78	

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En el análisis de varianza realizado en la variable de la raíz principal del forestal Acacia (*Acacia melanoxylon*), si existe significancia estadística para los tratamientos. En el primer dato se obtuvo un coeficiente de varianza de 17,1, en el segundo dato fue de 18,68, y en el tercer dato de 17,78, con estos resultados podemos decir que esta investigación fue bien manejada.

Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% de la variable de la longitud de la raíz principal de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

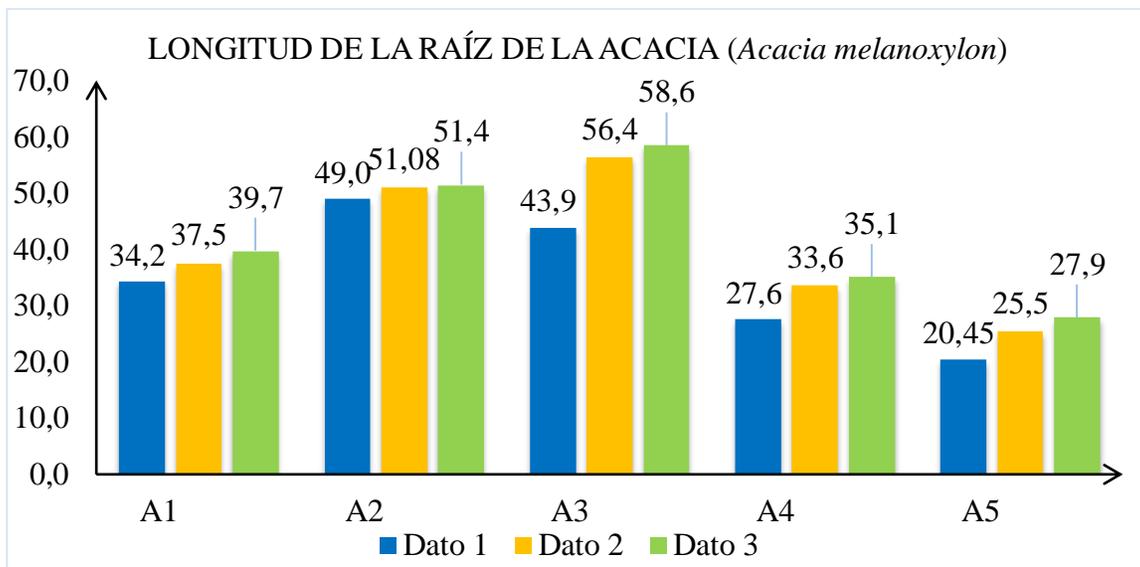
Tratamiento	Primer dato		Segundo dato			Tercer dato		
	Medias	Rangos	Tratamiento	Medias	Rangos	Tratamiento	Medias	Rangos
A2	49,0	A	A3	56,4	A	A3	58,6	A
A3	43,9	A B	A2	51,08	A B	A2	51,4	A B
A1	34,2	A B C	A1	37,5	B C	A1	39,7	B C
A4	27,6	B C	A4	33,6	B C	A4	35,1	B C
A5	20,45	C	A5	25,5	C	A5	27,9	C

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Al momento de realizar la Prueba de Tukey al 5%, en la tabla 19 se puede observar que existen tres rangos de significancia, en el rango A el primer dato es del tratamiento A2(fréjol) mientras que en el segundo y tercer dato se encuentran el tratamiento A3(arveja) con valores de 56,4 y 58,6 respectivamente, en el rango C se encuentran los tratamientos de testigo, es así en todos los datos, teniendo un valor similar al de (Flores, 2012), al respecto las raíces de Acacia producen unos nódulos indicadores de fijación de nitrógeno, que ayuda a que los suelos pobres se enriquezcan (Weaver, 1993).. En este sentido, las raíces de leguminosas (morfología, distribución, densidad de

longitud) resulta un indicador de utilidad para los sistemas forestales, siendo la leguminosa otro fijador de nitrógeno importante que aporta a la longitud de la raíz de la Acacia, otro de los elementos importantes es de igual forma el fósforo y el potasio estimula la formación de nódulos y el desarrollo del sistema radicular. (Agroes, nd)

Figura 9. Variable de la longitud de la raíz de la Acacia (*Acacia melanoxylon*)



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

11.7 Variable del número de raíces secundarias de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Tabla 20. ADEVA del número de raíces secundarias de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

F.V.	gl	Primer dato		Segundo dato		Tercer dato	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Repetición	3	9,52	0,0399 *	9,52	0,0499 *	9,52	0,0499 *
Tratamiento	4	28,23	0,0007 *	40,83	0,0001 *	19,83	0,0033 *
Error	12	3,2		2,73		2,73	
Total	19						
CV		9,57		6,39		5,06	

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En el análisis de varianza realizado en la variable de las raíces secundarias del forestal Acacia (*Acacia melanoxylon*), si existe significancia estadística para los tratamientos. En el primer dato se obtuvo un coeficiente de varianza de 9,57, en el segundo dato fue de 6,39, y en el tercer dato de 5,06, con estos resultados podemos decir que esta investigación fue bien manejada.

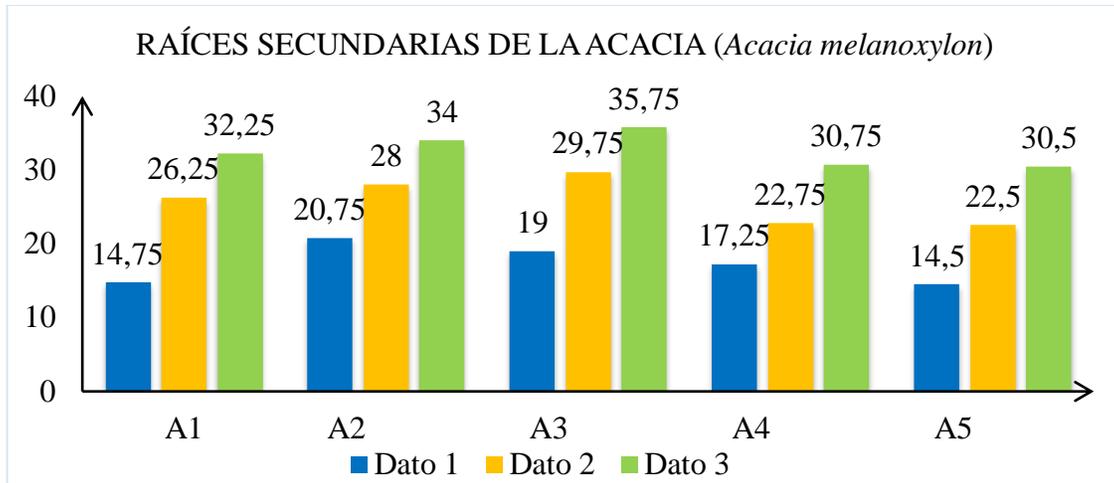
Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% del número de raíces secundarias de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Primer dato			Segundo dato			Tercer dato		
Tratamiento	Medías	Rangos	Tratamiento	Medías	Rangos	Tratamiento	Medías	Rangos
A2	20,75	A	A3	29,75	A	A3	35,75	A
A3	19	A	A2	28	A	A2	34	A B
A4	17,25	A B	A1	26,25	A B	A1	32,25	A B
A1	14,75	B	A4	22,75	B C	A4	30,75	B
A5	14,5	B	A5	22,5	C	A5	30,5	B

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Al momento de realizar la Prueba de Tukey al 5%, en la tabla 21 se puede observar tres rangos de significancia teniendo en el primer dato el rango A con el A2(fréjol), mientras que en el segundo y tercer dato A3 (arveja), es así que se dice que de la llamada raíz principal, se ramifican perpendicularmente raíces secundarias, llamadas de primer orden, que a su vez producen más ramificaciones de segundo orden, tercer orden, etcétera y cuyo ángulo de crecimiento es indefinido (Gola et al., 1961), el nitrógeno es parte de la alimentación básica de las plantas, al utilizar leguminosas estamos reduciendo la cantidad de fertilizante y beneficiando nuestro suelo. Estas plantas crecen rápido y algunas especies son utilizadas para cubrir el suelo. El sistema radicular (raíces) es muy profundo, ayudando a sostener las plantas y creando espacios en el suelo para el aire y agua. (Vía orgánico, 2012)

Figura 10. Variable del número de raíces secundarias de la Acacia (*Acacia melanoxylon*)



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

11.8 Variable del peso del sistema radicular forestal de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Tabla 22. ADEVA del peso del sistema radicular forestal de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

F.V.	gl	Primer dato		Segundo dato		Tercer dato	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Repetición	3	1,71	0,15	1,71	0,1624	1,71	
Tratamiento	4	6,04	0,0027 *	7,01	0,0018 *	9,36	*
Error	12	0,64		0,84		0,84	
Total	19						
CV		14,83		8,54		6,55	

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En el análisis de varianza realizado en la variable del peso del sistema forestal Acacia (*Acacia melanoxylon*), si existe significancia estadística para los tratamientos. En el primer dato se obtuvo un coeficiente de varianza de 14,83, en el segundo dato fue de 8,54, y en el tercer dato de 6,55, con estos resultados podemos decir que esta investigación fue bien manejada.

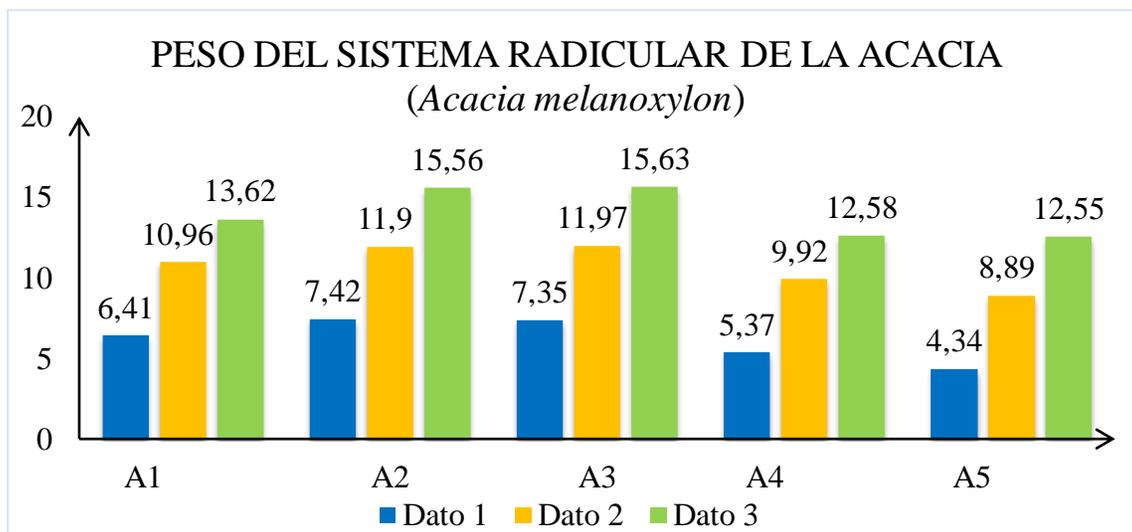
Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% del peso del sistema radicular forestal de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Primer dato			Segundo dato			Tercer dato		
Tratamiento	Medias	Rangos	Tratamiento	Medias	Rangos	Tratamiento	Medias	Rangos
A2	7,42	A	A3	11,97	A	A3	15,63	A
A3	7,35	A	A2	11,9	A	A2	15,56	A
A1	6,41	A	A1	10,96	A	A1	13,62	A B
A4	5,37	A B	A4	9,92	A B	A4	12,58	B
A5	4,34	B	A5	8,89	B	A5	12,55	B

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Al momento de realizar la Prueba de Tukey al 5%, en la tabla 22 se puede observar dos rangos de significancia, en el rango A el tratamiento A2 (fréjol) con un promedio de 7,42, mientras que en segundo y tercer dato obtenemos mejores valores el tratamiento A3 (arveja), según (García, 2006) los cultivos no sólo necesitan nitrógeno para su nutrición, en este caso las leguminosas también son capaces de aportar cantidades importantes de fósforo y potasio, que son característicos para el desarrollo de las raíces y de flores.

Figura 11. Variable del peso del sistema radicular forestal de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

11.9 Variable del volumen del sistema radicular de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Tabla 24. ADEVA del volumen del sistema radicular de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

F.V.	gl	Primer dato		Segundo dato		Tercer dato	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Repetición	3	23,36	0,0076	23,36	0,0076 *	23,54	0,0074 *
Tratamiento	4	61,86	0,0001 *	61,86	0,0001 *	61,81	0,0001 *
Error	12	3,63		3,63		3,63	
Total	19						
CV		13,87		10,74		8,27	

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En el análisis de varianza realizado en la variable del volumen del peso del sistema radicular de la acacia (*Acacia melanoxylon*), si existe significancia estadística para los tratamientos. En el primer dato se obtuvo un coeficiente de varianza de 13,87, en el segundo dato fue de 10,74, y en el tercer dato de 8,27, con estos resultados podemos decir que esta investigación fue bien manejada.

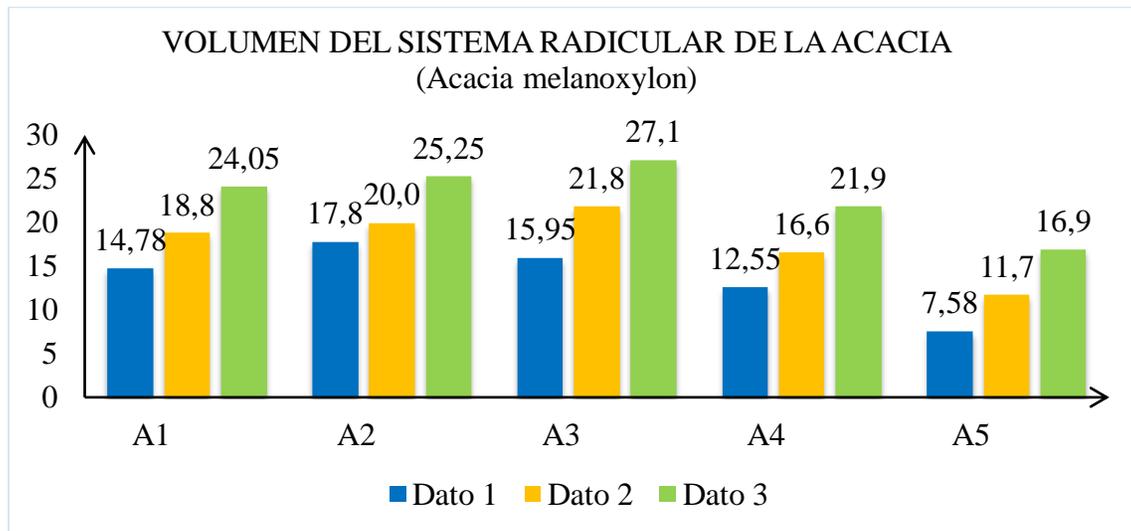
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% del volumen del sistema radicular de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Tratamiento	Primer dato		Segundo dato			Tercer dato		
	Medías	Rangos	Tratamiento	Medías	Rangos	Tratamiento	Medías	Rangos
A2	17,8	A	A3	21,8	A	A3	27,1	A
A3	15,95	A B	A2	20,0	A B	A2	25,25	A B
A1	14,78	A B	A1	18,8	A B	A1	24,05	A B
A4	12,55	B	A4	16,6	B	A4	21,9	B
A5	7,58	C	A5	11,7	C	A5	16,9	C

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Al momento de realizar la Prueba de Tukey al 5%, en la tabla 25 se puede observar tres rangos de significancia siendo el A2 el de mayor promedio en el primer datos, mientras que el A3 (arveja) fue mejor en el tratamiento en el primer y segundo dato, los resultados de este estudio fueron consistentes con los resultados obtenidos por otros investigadores, (ALZUGARAY, et al. 2004) manifiesta que en relación a la positiva correlación existente entre el volumen radicular y otros atributos morfológicos, tales como el diámetro y volumen del tallo y la biomasa de algunos componentes de las plantas, las diferencias iniciales en tamaño de las plantas se mantienen con el transcurso del tiempo. Esto se explica por el hecho de que inmediatamente después de establecida la planta en terreno, las plantas dependen de las características de sus raíces para la absorción de agua y nutrientes del suelo.

Figura 12. Variable del volumen del sistema radicular de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

11.10 Variable del volumen de la copa de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Tabla 26. ADEVA del volumen de la copa de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

F.V.	Primer dato			Segundo dato		Tercer dato	
	gl	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Repetición	3	57,51	0,0011	57,51	0,0011	57,51	0,0011
Tratamiento	4	42,03	0,0026 *	40,21	0,0031 *	37,99	0,0039 *
Error	12	5,45		5,45		5,45	
Total	19						
CV		1,71		1,63		1,57	

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En el análisis de varianza realizado en la variable del porcentaje del peso del sistema radicular de las cuatro leguminosas, si existe significancia estadística para los tratamientos. En el primer dato se obtuvo un coeficiente de varianza de 1,71, en el segundo dato fue de 1,63, y en el tercer dato de 1,57, con estos resultados podemos decir que esta investigación fue bien manejada.

Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% del volumen del de la copa de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

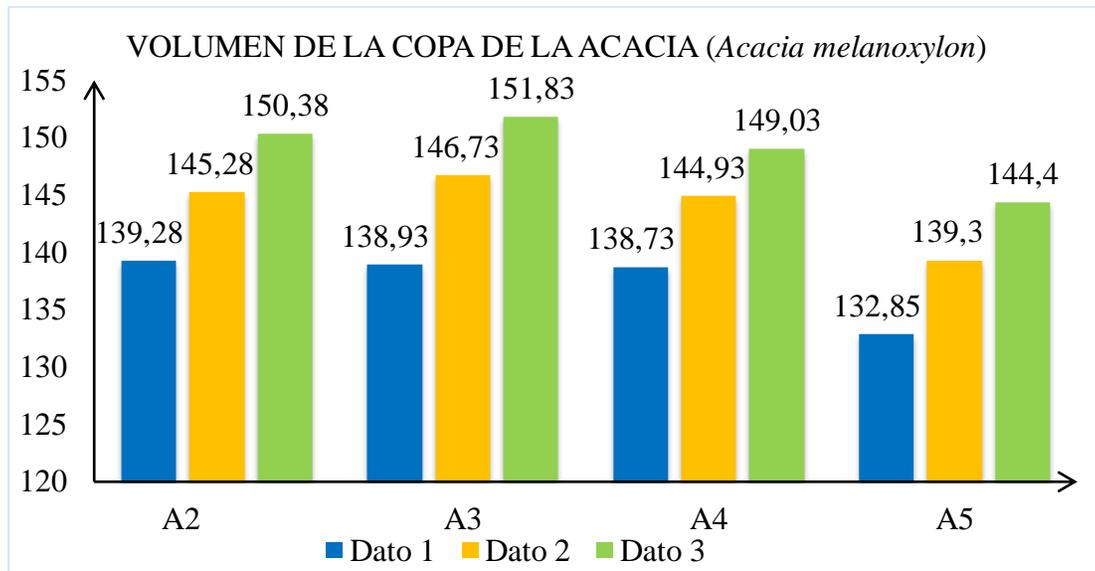
Tratamiento	Primer dato		Segundo dato			Tercer dato		
	Medías	Rangos	Tratamiento	Medías	Rangos	Tratamiento	Medías	Rangos
A2	139,28	A	A3	146,73	A	A3	151,83	A
A3	138,93	A	A2	145,28	A B	A2	150,38	A B
A4	138,73	A	A4	144,93	A B	A4	149,03	A B C
A1	133,3	B	A1	140,85	B C	A1	145,95	B C
A5	132,85	B	A5	139,3	C	A5	144,4	C

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Al momento de realizar la Prueba de Tukey al 5%, en la tabla 27 se puede observar tres rangos de significancia, en el rango A el tratamiento A2 (fréjol) es el de mayor promedio, siendo diferente en el segundo y tercer dato que el de mayor promedio es el A3(arveja), en los tres datos el testigo pertenece al rango C con el menor valor, el porcentaje de la copa viva o relación de copa, que representa el vigor del árbol, determina la estabilidad de un árbol, informando sobre el riesgo a ser dañado por el viento o la nieve, especialmente en masas jóvenes. La conformación de la copa está

siempre influida por pequeñas diferencias de exposición al sol, a los vientos y por la pendiente que establece variaciones de anclaje y humedad alrededor del tronco. (Dialnet, 2020).

Figura 13. Variable del volumen de la copa de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

11.11 Variable del peso del sistema radicular leguminosas de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Tabla 28. ADEVA del peso del sistema radicular leguminosas de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

F.V.	gl	Primer dato		Segundo dato		Tercer dato	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Repetición	3	10923,42	0,1143	6628,08	0,4811	6628,08	0,4811
Tratamiento	3	139483,42	0,0001 *	122867,42	0,0005 *	122808,75	0,0005 *
Error	9	4157,92		7418,14		7418,14	
Total	15						
CV		18,16		15,84		12,69	

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En el análisis de varianza realizado en la variable del porcentaje del peso del sistema radicular de las cuatro leguminosas, existe significancia estadística para tratamientos. En el primer dato se obtuvo un coeficiente de varianza de 18,16, en el segundo dato fue de 15,84, y en el tercer dato de 12,67, con estos resultados podemos decir que esta investigación fue bien manejada.

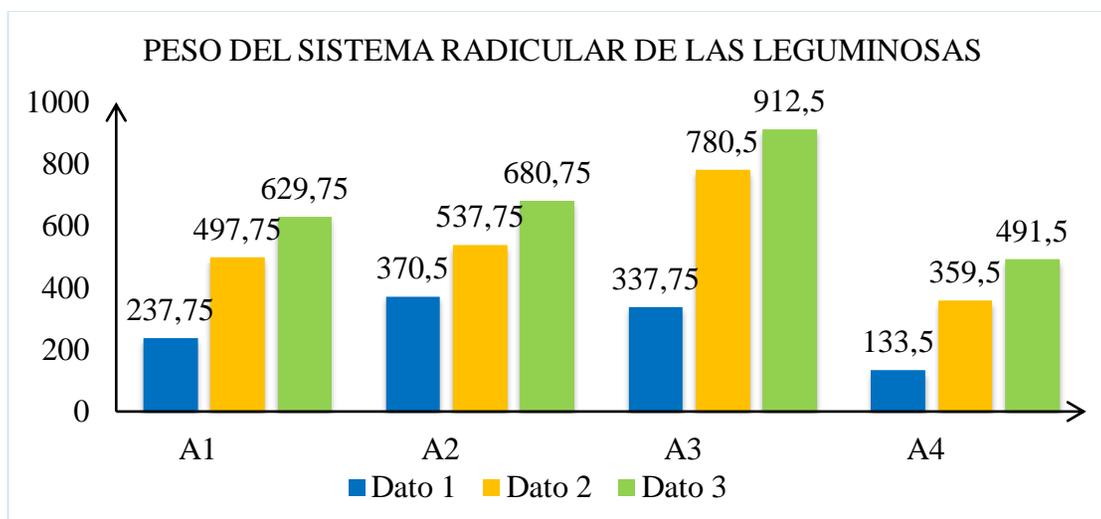
Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% del peso del sistema radicular leguminosas de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Primer dato			Segundo dato			Tercer dato		
Tratamiento	Medias	Rangos	Tratamiento	Medias	Rangos	Tratamiento	Medias	Rangos
A2	370,5	A	A3	780,5	A	A3	912,5	A
A3	337,75	B	A2	537,75	B	A2	680,75	B
A1	237,75	B C	A1	497,75	B	A1	629,75	B
A4	133,5	C	A4	359,5	B	A4	491,5	B

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Al momento de realizar la Prueba de Tukey al 5%, en la tabla 29 se puede observar tres rangos de significancia, en el rango A el tratamiento A2 (fréjol) siendo diferente en el segundo y tercer dato que el de mayor promedio es el A3(arveja), según (Guevara, 2013) la densidad de las raíces en el perfil del suelo es indicador de resistencia y tolerancia a condiciones de sequía, permitiéndole a los cultivos expresar su potencial de producción de biomasa (MS). El sistema radical de las leguminosas, posee gran importancia en el suelo y la planta debido a que son característicos por: sujetar el suelo, por su potente estructura, y son muy interesantes en zonas con peligro de erosión, en revegetalizaciones. (Montes, 2020)

Figura 14. Variable del peso del sistema radicular leguminosas de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

11.12 Variable del volumen del sistema radicular de las leguminosas de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Tabla 30. ADEVA del volumen del sistema radicular de las leguminosas de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

F.V.	gl	Primer dato		Segundo dato		Tercer dato	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Repetición	3	128,55	0,0363	128,55	0,0363	128,55	0,0363
Tratamiento	3	639,25	0,0002 *	256,41	0,0049 *	639,25	0,0002 *
Error	9	29,2		29,2		29,2	
Total	15						
CV		18,16		2,89		2,5	

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En el análisis de varianza realizado en la variable del porcentaje del peso del sistema radicular de las cuatro leguminosas, si existe significancia estadística para los tratamientos. En el primer dato se obtuvo un coeficiente de varianza de 18,16, en el segundo dato fue de 2,89, y en el tercer dato de 2,9, con estos resultados podemos decir que esta investigación fue bien manejada.

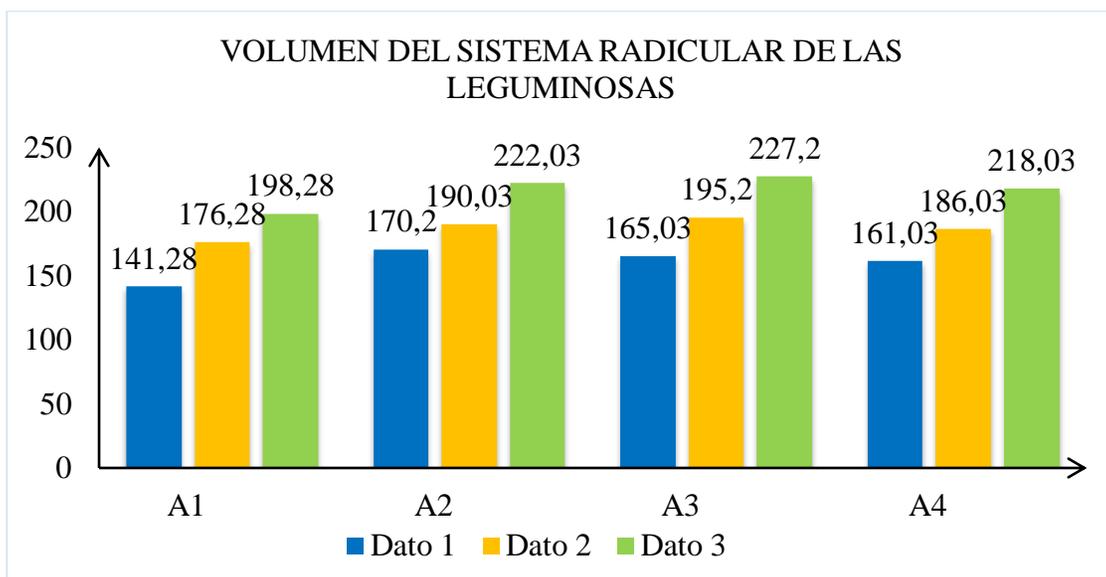
Tabla 31. Prueba de Tukey al 5% del volumen del sistema radicular de las leguminosas de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.

Primer dato			Segundo dato			Tercer dato		
Tratamiento	Medias	Rangos	Tratamiento	Medias	Rangos	Tratamiento	Medias	Rangos
A2	170,2	A	A3	195,2	A	A3	227,2	A
A3	165,03	A	A2	190,03	A	A2	222,03	A
A4	161,03	A	A4	186,03	A B	A4	218,03	A
A1	141,28	B	A1	176,28	B	A1	198,28	B

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Al momento de realizar la Prueba de Tukey al 5%, en la tabla 24 se puede observar dos rangos de significancia, en el rango A el tratamiento A2 (fréjol) en el primer dato es el de mayor promedio, siendo diferente en el segundo y tercer dato que el de mayor promedio es el A3(arveja), (Medina, 2006) tanto el número de raíces como su longitud, al final de esta investigación, indican que las especies presentaron un desarrollo progresivo del sistema radical; ello resulta importante, ya que la raíz es un órgano primordial para garantizar un vigoroso desarrollo aéreo, así como la función de anclaje del vegetal en etapas posteriores.

Figura 15. Variable del volumen del sistema radicular de las leguminosas de las plantas de la acacia (*Acacia melanoxylon*) con la siembra en contorno de cuatro leguminosas.



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

11.12 Interpretación de las propiedades físicas y químicas del análisis inicial y análisis final de suelos realizado en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias (INIAP)

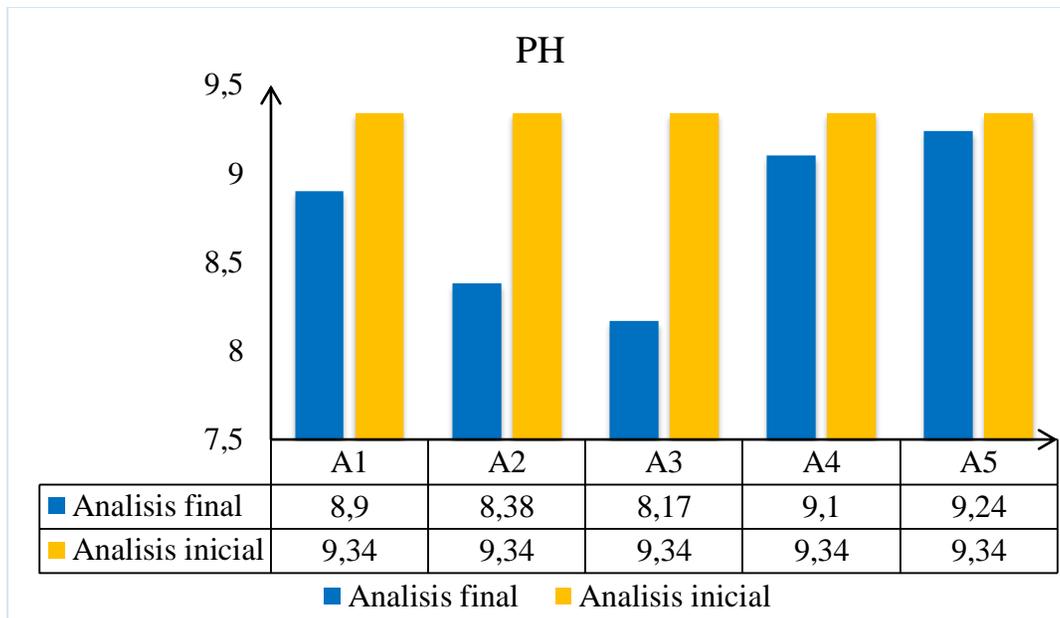
Tabla 32. Análisis de suelos inicial y final (INIAP)

Unidad		%	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100ml	meq/100ml	meq/100ml	ppm	ppm	ppm	ppm
Nutriente	PH	MO	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn
Análisis inicial	9,34	0,42	10	8,2	20	0,51	3,26	22,95	2,08	0,9	5	32	0,7
A1	8,9	0,4	13	20	6,1	1,51	3,13	23,56	2,69	2,1	4	12	1,1
A2	8,38	0,6	19	18	5	1,11	2,72	20,59	2,91	1,1	3	13	1,5
A3	8,17	0,6	22	18	4,6	0,96	2,77	19,8	3,15	1,1	3	14	1,5
A4	9,1	0,4	11	24	19	1,58	3,1	23,41	2,65	1,9	4	10	0,9
A5	9,24	0,3	12	19	9,7	1,3	2,99	25,48	2,49	2,6	4	11	0,7

FUENTE: INIAP

11.12.1. INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO INICIAL Y FINAL DEL PH DEL SUELO.

Figura 16. Interpretación del resultado inicial y final del pH del suelo

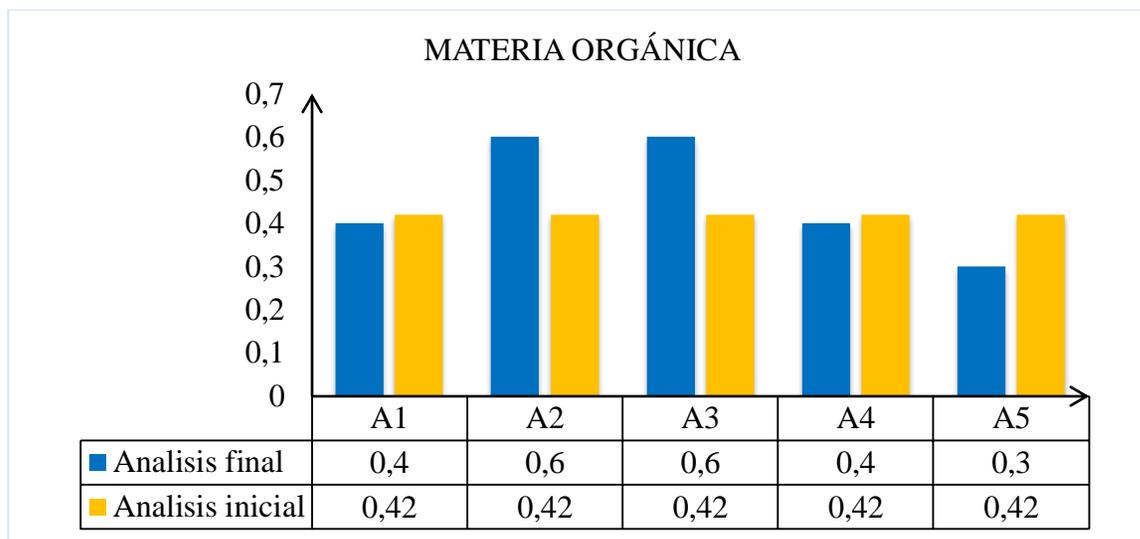


Elaborado por: (Chancusig, 2022)

De acuerdo a la Figura 16 a partir de los resultados de análisis de suelo inicial obtenidos se observó que el suelo presentaba una alcalinidad de 9,34 el cual va a impedir que la planta pueda absorber buena parte de los nutrientes del suelo. (Agrológica, 2012). De acuerdo al análisis final se observó que el pH del suelo bajo en los tratamientos A2 (*fréjol*) y A3(*arveja*) que fueron sembradas, en caso del tratamiento A5 no se observó grandes diferencias debido a que no se sembró ninguna leguminosa, corroborando las variables anteriormente en la altura son los mejores tratamientos, como se indica también las leguminosas ayudan a movilizar los nutrientes del suelo, entonces la actividad del suelo, agua, temperatura y planta son importantes para las condiciones químicas del suelo. Además, es un indicador del proceso de un buen trabajo microbiano, a de más un buen aporte de materia orgánica al suelo, con lo cual aumenta su capacidad de retención de agua, así como por ser una fuente rica en elementos nutritivos para las plantas. (María & Pareja, 2005), y por lo mismo el pH mejora. Gracias a la incorporación de abonos orgánicos y la materia seca en todas las estrategias se redujo el pH, y se incrementó la materia orgánica, en el caso de los resultados en macro y micro nutrientes no presentan valores alentadores para la recuperación inmediata del suelo, a su vez en las propiedades físicas, no existen valores críticos en cuanto a densidad aparente pero aun así no posee una buena retención de humedad debido a que la porosidad y la densidad real no se encuentran en valores adecuados.

11.12.2. INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO INICIAL Y FINAL DE LA MATERIA ORGÁNICA.

Figura 17. Interpretación del resultado inicial y final de la materia orgánica



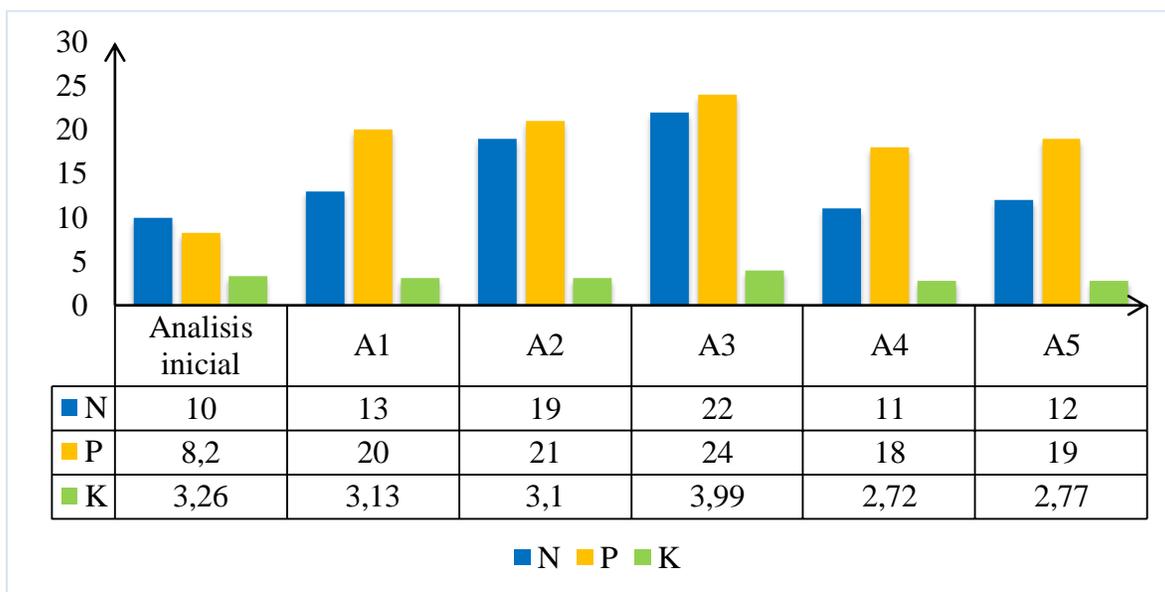
Elaborado por: (Chancusig, 2022)

De acuerdo a la Figura 17 la materia orgánica en el suelo inicio con 0,42%, y se pudo observar ciertas modificaciones ya que la materia orgánica subió a un 0,6% en caso de los tratamientos A2 y A3, mientras que en los demás tratamientos se mantuvo porcentajes similares a la inicial. las leguminosas poseen una característica particular en suelos erosionados, aumentan la fertilidad de los suelos, ya que aumentan el contenido de materia orgánica del suelo, en esta investigación se ha corroborado esta información a través de las variables debido a que tiene características que afirma que tiene un excelente crecimiento y por lo mismo aportara nutrientes al suelo especialmente el nitrógeno que ha tenido un porcentaje mayor a la inicial, las leguminosas como abono verde es muy interesante, ya que, no sólo incorporan al suelo materia orgánica que luego se podrá transformar en nutrientes, sino que también le proporciona nitrógeno, que será asimilable por los cultivos siguientes, uno de los nutrientes más importantes para el desarrollo de las plantas, Santiago & Piedrahita (1994) determinaron que la acacia es una especie leguminosa de excelente contenido forrajero, de fácil adaptabilidad y capacidad colonizadora, fuente de mejoramiento de los suelos mediante la fijación simbiótica de nitrógeno y el aporte de materia orgánica gracias a la presencia de nódulos que pueden formar con una amplia variedad de rizobios del suelo, datos que son corroborados por Quiceno y Medina, donde dicen el género Acacia incluye especies fijadoras

de nitrógeno, que generan asociaciones simbióticas con microorganismos del suelo de los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* favoreciendo su adaptación y crecimiento en suelos degradados (Quiceno & Medina, 2006).

11.12.3. INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO INICIAL Y FINAL DE LOS MACRONUTRIENTES PRIMARIOS

Figura 18. Interpretación del resultado inicial y final de los macronutrientes primarios



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Los niveles de nitrógeno en la Figura 18, se determina el nivel bajo con 10 ppm de acuerdo al análisis inicial, mientras que el análisis final del suelo se obtuvo el aumento de los niveles de nitrógeno en el suelo de un rango alto 22ppm en el tratamiento A3, (Maroto,2000) menciona que la arveja en la fijación simbiótica del nitrógeno puede captar entre 17 a 100 kg. ha-1, cultivar, cepa de *Rhizobium*, y de este valor, entre 22 al 95 % se destina al crecimiento de la planta. (Quispe, 2017), debido a las características de las especies las leguminosas son abonos nitrogenados que aporta el elemento esencial para el desarrollo de las plantas, ya que el nitrógeno forma parte de las proteínas, enzimas y clorofila. (Iñesta, 2019).

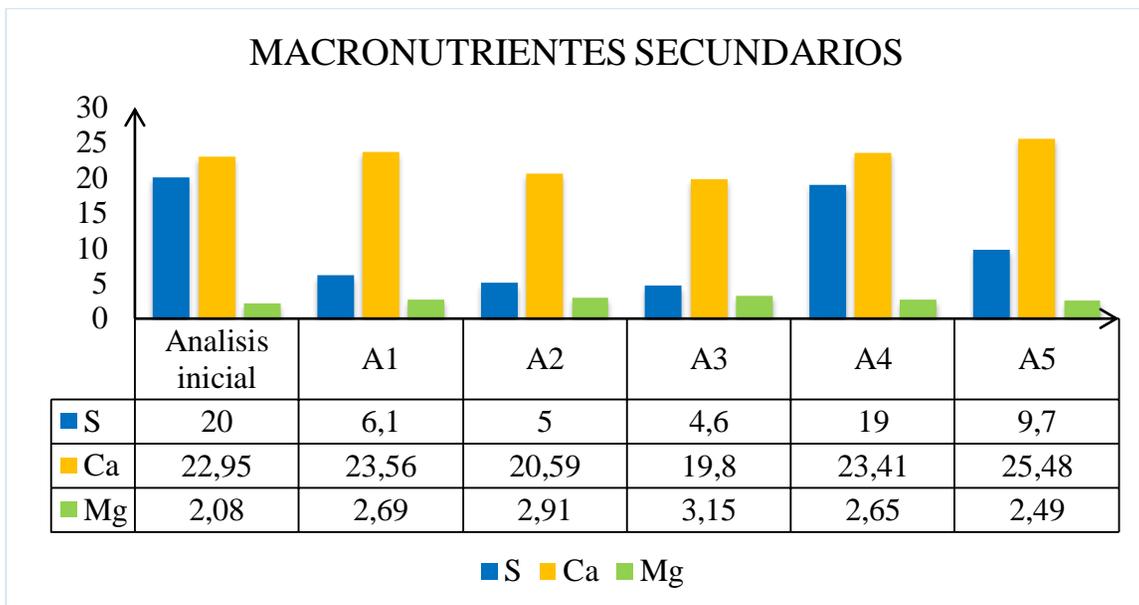
De acuerdo a la Figura 18 los niveles de fósforo se determina en un nivel medio bajo con 8,2 ppm en el análisis inicial de suelo, los resultados finales del análisis químico de suelos reflejan que los niveles de fósforo en el suelo con leguminosas como el A2 y A3 ha aumentado, según (Dina, 2019)

manifiesta que las leguminosas poseen una característica particular, es que se asocian con hongos o bacterias y así aumentan la absorción de fósforo, y por su alta necesidad de fósforo son capaces de extraerlo de áreas poco accesibles para los cultivos, posibilitando que la Acacia produzca una gran cantidad de biomasa en un corto tiempo, estimula la formación de raíces y es un componente esencial del material genético de las plantas. Esto asegura también la formación de nuevas ramas. (Plagron, 2022)

Los niveles de potasio en la Figura 18, se determina el nivel bajo con 3,26 ppm de acuerdo al análisis inicial, en el análisis final del suelo los niveles de potasio subió siendo el de mayor valor A3 3,99ppm, debido a las condiciones del suelo y ambiente, aumentan las posibilidades de fijación de potasio, este es un elemento importante ya que el potasio generan raíces, tallos fuertes y hojas gruesas que ayudan a mover los nutrientes alrededor de las plantas, en la investigación presento características que corroboraron este concepto, siendo la arveja y el fréjol el de mayor porcentaje de diámetro, altura, número de ramas en cuanto a la acacia.

11.12.4. INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO INICIAL Y FINAL DE LOS MACRONUTRIENTES SECUNDARIOS

Figura 19. Interpretación del resultado inicial y final de los macronutrientes secundarios



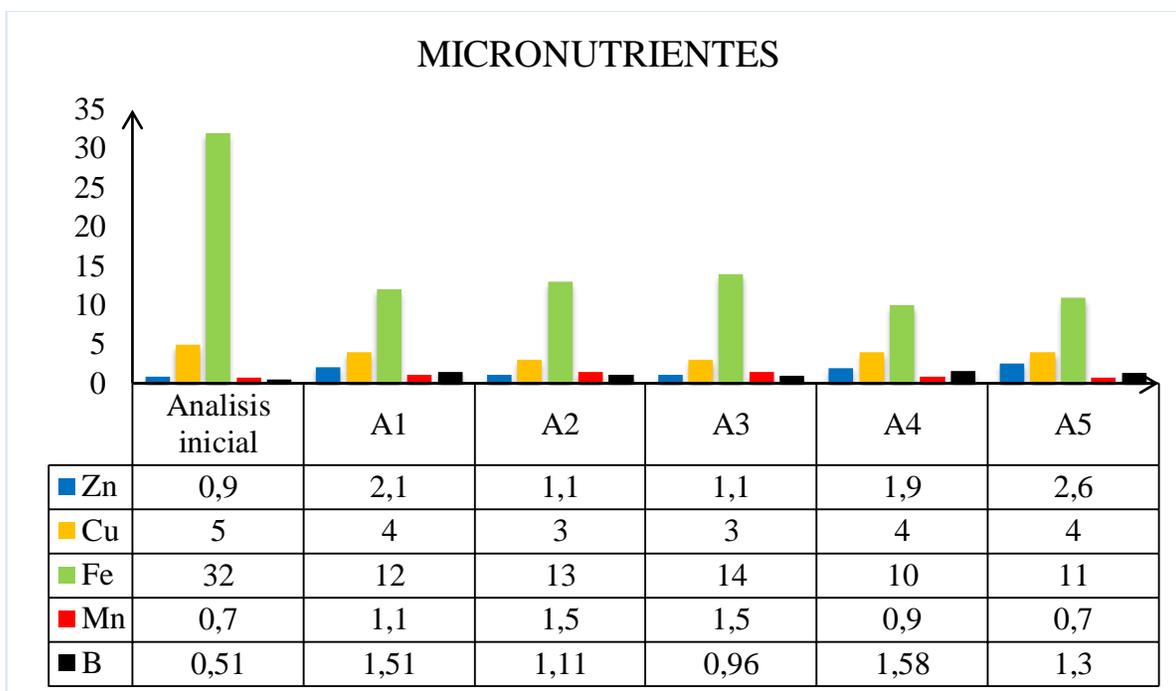
Los niveles de azufre en la Figura 19, se determina el nivel bajo con 2,08 ppm de acuerdo al análisis inicial, en el análisis final del suelo se mantuvo los niveles de azufre en el suelo de un rango bajo de entre 2 y 3 ppm, (Corrales-Maldonado et al., 2014) el azufre en el suelo depende de diferentes procesos químicos, físicos y biológicos, aparte de estos procesos hay factores muy importantes, como es el tipo de suelo y el pH, para que se lleven a cabo las transformaciones de formas de azufre que no estén disponibles para las plantas, además (Álvaro, 2019) manifiesta que es muy importante saber que la adsorción de los sulfatos por parte de las plantas esta resta con el incremento del pH del suelo.

Los niveles de calcio en la Figura 19, se determina el nivel alto con 22,95 ppm de acuerdo al análisis inicial, en el análisis final del suelo se mantuvo los niveles de calcio en el suelo de un rango alto de entre 20 y 25 ppm, en los trópicos secos, la reacción del suelo puede ser más alta de siete, es decir alcalino, debido a la acumulación de elementos alcalinos tales como calcio y sodio. (Fiat, 2020)

Los niveles de magnesio en la Figura 19, se determina el nivel bajo con 2,08 ppm de acuerdo al análisis inicial, en el análisis final del suelo se mantuvo los niveles de magnesio en el suelo de un rango bajo de entre 2 y 3 ppm, según (Chaves, 2012) el magnesio (Mg) es un nutriente de suma importancia pues es constituyente de la molécula de clorofila, este elemento en pequeñas dosis puede satisfacer las necesidades de muchas plantas, niveles suficientes de Mg son requeridos para maximizar el transporte de carbohidratos de órganos “Fuente” a órganos de demanda (como la raíz y semillas) para incentivar altos rendimientos.

11.12.5. INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO INICIAL Y FINAL DE LOS MICRONUTRIENTES

Figura 20. Interpretación del resultado inicial y final de los micronutrientes



Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Los micronutrientes tuvieron ligeras modificaciones en el análisis de suelos en los diferentes tratamientos aplicados con las leguminosas debido a la interacción química que se dio en el suelo, a diferencia del hierro que tiene un valor alto en el análisis inicial de ppm, mientras que en los demás tratamientos se observa una diferencia marcada con valores de 12ppm. Aunque se encuentran presentes en nuestros suelos en cantidades muy pequeñas son elementos nutritivos necesarios para el desarrollo y crecimiento vegetal. Desempeñan un papel complejo en el sistema suelo asociado con otros procesos fundamentales en el que intervienen otros nutrientes. Los principales micronutrientes son el Cu, Mn y Zn, indispensables para las, ya que si alcanzan determinados niveles pueden resultar tóxicos para ambos, por lo que su falta en los suelos conlleva a una carencia mientras que su exceso a una toxicidad. Su carencia puede ser un factor limitante para el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Feribox, 2020). Además, su disponibilidad va a depender de un factor muy importante como es el pH que va a modificar su comportamiento en el suelo en función de su solubilidad, adsorción e inmovilidad. Se diferencian con los macronutrientes en la proporción que necesita la planta de ellos ya que en el caso de los micronutrientes es mucho menor. (Feribox, 2020), teniendo en cuenta estos factores afirmamos que hay disponibilidad de micronutrientes ya que existe un pH mejorado.

11.13 Clase textural donde se realizó la investigación

Tabla 33. Clase textural donde se realizó el proyecto de investigación

Suelo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A1	39	45	16	Franco
A2	47	41	13	Franco
A3	49	42	9	Franco
A4	49	40	11	Franco
A5	45	40	15	Franco

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

Mediante al análisis de suelos con las características que poseen de arena, limo y arcilla, se puede manifestar que aún se tiene que mejorar la estructura del suelo mediante este tipo de proyectos, según (IICA, 1999) las raíces de los forestales y las hojas que desprenden son las que protegen al suelo de la erosión. Las hojas también ayudan a controlar malezas y a mejorar la estructura de los suelos, porque son fuente de materia orgánica. Las leguminosas son capaces de fijar Nitrógeno desde el aire, debido a su asociación simbiótica con la raíz y es donde se lleva a cabo la fijación de nitrógeno atmosférico (Castro Heredia, 2011) manifiesta que el abono orgánico aumenta el nitrógeno del suelo. Mejorando la estructura del suelo, dándole una mayor resistencia contra la erosión y una mejor permeabilidad, aireación y capacidad para almacenar y suministrar agua a las plantas, incorporación de minerales, controla la erosión del suelo y favorece la infiltración del agua.

11.14 Densidad real, aparente y la porosidad donde se realizó el proyecto de investigación

Tabla 34. Densidad real, aparente y la porosidad donde se realizó el proyecto de investigación

	DENSIDAD		
TRATAMIENTOS	Real	Aparente	Porosidad
A1	2,33	1,29	40,6
A2	2,31	1,28	50,5

A3	2,32	1,28	51,3
A4	2,26	1,25	50,8
A5	2,23	1,23	50,1

Elaborado por: (Chancusig, 2022)

En la tabla 34 podemos observar que la densidad real y aparente de mayor valor son los tratamientos A1, A2 Y A3, siendo el A5 el de menor valor, en cuanto a porosidad el tratamiento A5 es el de menor valor., (Fertilab, nd) menciona que en suelos francos la porosidad de un 35% es adecuada para el desarrollo de las plantas, según diferentes autores las leguminosas influyen directamente en las características de los suelos en: la estructura, la densidad, la capacidad de retención de agua, velocidad de infiltración y aireación. Siendo el principal efecto sobre la estructura del suelo a través de la agregación de materia orgánica, incidiendo en el aumento de la porosidad (Barrera, 2015). El mejoramiento de la estructura del suelo y la capacidad de infiltración puede resultar en un mejoramiento tanto de la producción como de la conservación del suelo, las miniterrazas ayudan a mantener el nivel de materia orgánica y protegen la macrofauna en el suelo, son apropiadas para todas las zonas, especialmente en suelos erosionados, donde mejoran la infiltración del agua, combinadas con una siembra en contorno mejora aún más la retención del agua, las miniterrazas reducen también el efecto de la erosión por el viento; pero, por si solas, no mejoran la fertilidad del suelo a menos que se combinen con la aplicación de abono orgánico y/o rastrojos en las franjas roturadas,(IICA, 1999), así mismo reduce a lixiviación de contaminantes a cuerpos de agua.

12. CONCLUSIONES

- El tratamiento que presento el mejor resultado en cuanto a la acacia (*Acacia melanoxylon*) en porcentaje de prendimiento fue el A2 (*fréjol*), sin embargo fue el A3(arveja) obtuvo los mejores promedios en las variables, diámetro de la especie forestal, altura de la especie forestal, peso del suelo, número de ramas, longitud de raíz principal forestal, número de raíces secundarias de la especie forestal, peso del sistema radicular forestal, volumen de raíz forestal, volumen de copa o vuelo peso del sistema radicular leguminosas, volumen de raíz leguminosas,
- Debido a la siembra de leguminosas en todos los tratamientos hubo cambios notables en las propiedades químicas, el pH se redujo, mientras que la materia orgánica, el nitrógeno y fósforo se incrementaron, en el caso del potasio los valores no tuvieron gran diferencia al inicial, al igual que en los macros a excepción del hierro, en las propiedades físicas la textura no ha cambiado; sin embargo la densidad real, aparente y porosidad tiene un rango que posibilita el óptimo desarrollo de las plantas..

13. RECOMENDACIONES

- Promover el uso de leguminosas para la recuperación del suelo.
- Generar contenidos o medios para la difusión de esta investigación en zonas con que posean las mismas características de suelo, con el fin de ayudar a los agricultores.
- Continuar con la investigación utilizando otros cultivos, como gramíneas u otros métodos como rotaciones de cultivo.

14. BIBLIOGRAFÍA

- (Goi y otros, 2014). <https://leisa-al.org/web/index.pHp/volumen-32-número-2/1508-las-leguminosas-en-la-alimentacion-y-en-la-fertilidad-de-los-suelos>
- (Pessarakli, 2019). https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/79389/Benavente_MMN_Yallerco_CHAM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Abid, M., Ahmed, R., Umair, A., y Islam, M. (2015). Effect of integrated nutrient application on growth and yield of maize. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research Series B: Biological Sciences*, 58, 122.
- Allen, O. N., Allen, E. K. s/f. *The Leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation.*
- ALZUGARAY, P.; HAASE, D.; ROSE, R. Efecto del volumen radicular y la tasa de fertilización sobre el comportamiento en terreno de plantas de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) producidas con el método 1+1. *Bosque*, v.25, n.2, p.17-33, 2004.
- Arpasi, ML. 2015. Influencia de tres bioestimulantes en el rendimiento de dos variedades de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en el C.E.A. III–Los Pichones. Tesis (Ingeniero Agrónomo) Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna (Perú).
- Basantes, 2015. Manejo de cultivos andinos del Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Brown, J.C. y R.S. Holmes. 1995. Iron. The limiting element in a chlorosis. Part. I. Availability and utilization of iron dependent upon nutrition and plant species. *Plant Physiology* 30: 451-457.
- Buckman & Brady. 1985. *Naturaleza y propiedades de los suelos.* Traducido por Barceló, R, S. México Hispanoamérica, S. A. de C. V. 590 p
- Buckman, H. y N. C. Brady, 1966. *The Nature and Properties of Soils.* The Macmillan company. 590 pp
- Cairo P. 1995. *La Fertilidad Física de suelo y la Agricultura Orgánica en el Trópico.* UNA - Managua, Nicaragua. 228p.
- Cárdenas Travieso, Regla M, Ortiz Pérez, Rodobaldo H, Rodríguez Miranda, Odile, de la Fé Montenegro, Carlos F, & Lamz Piedra, Alexis. (2014). Comportamiento agronómico de la lenteja (*Lens culinaris* Medik.) en la localidad de Tapaste, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 35(4),92-99. http://scielo.sld.cu/scielo.pHp?script=sci_arttext&pid=S025859362014000400012
- Castellanos, J. Z., J. X. Uvalle B. y A. Aguilar S. 2000. *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas.* 2ª edición. INTAGRI. México. 201 p.
- Cepeda, R. y Chiluisa, M. (2012). Evaluación de Rendimiento en dos Mezclas Forrajeras Avena-Vicia, (Local e Importada), con Tres Bioles y dos Formas de Aplicación, Potrerillos Belisario Quevedo. Universidad Técnica de Cotopaxi - Ecuador.
- Cotler et al., 2013c H. Cotler, S. Cram, S. Martínez Trinidad, V. Bunge. *Evaluación de prácticas de conservación de suelos en Pátzcuaro y Sierra Gorda*, INECC/Instituto de Geografía. México: UNAM/Fundación Gonzalo Rio Arronte, A.C; 2013.
- Crespo, 2021. Coinoculación con rizobios y hongos micorrízicos arbusculares en plántulas de *Prosopis laevigata*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* volumen 12 número 7
- Cruz, MM; Gabriel, A; Ilkiu, LH; Ventura, FM; Possatto, JO y Camargo, OA. 2015. Biorregulador aplicado em diferentes estádios fenológicos na cultura do trigo [en línea].

Revista Agr@mbiente On-line, v. 9, n 4, p. 476-480.

- De Noni G. y Trujillo G. (1986): La erosión actual y potencial en el Ecuador. En: Centro Ecuatoriano de Investigaciones Geográficas (CEDIG). La erosión en el Ecuador (pp 5-14). Documento de investigación. Quito.
- Día Mundial del Suelo: detengamos la erosión, salvemos nuestro futuro | iAgua. (n.d.). Retrieved August 6, 2022, from <https://www.iagua.es/blogs/laura-f-zarza/dia-mundial-suelo-detengamos-erosion-salvemos-nuestro-futuro>
- Donoso Zegers, C. (1992) Ecología forestal. Editorial Universitaria, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Espinosa, J., Sosa, C., y Rivera, M. (2015). Manual de prácticas de laboratorio. Curso de Edafología
- Flores, L., y Alcalá, J. (2010). Manual de procedimientos analíticos. Laboratorio de Física de Suelos. Departamento de Edafología, Instituto de Geología UNAM. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/25233/1/UCE-FAG-CIA-SALAZAR%20KEVIN.pdf>
- Foth H.D. 1987. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Compañía editorial Continental, S.A. de C.V. Calz. De Tlalpan número 4620, México 22, D.F. 433p.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). 2010. Lentejas. Retrieved March 28, 2017, disponible en: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/lentejas
- Garland, H., Miranda, D., Grance, L., Bohren, A., & Keller, H. (Julio de 2001). <http://www.redalyc.org>. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/481/48100904.pdf>
- Gayoso & Alarcón, 1999. Guía de conservación de suelos forestales. Universidad Austral de Chile
- Giller KE. 2001. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. Wallingford, UK: CABI Publishing. doi: 10.1079/9780851994178.0000
- Giraldo Luz Adriana, Ríos Héctor Fabio, & Polanco Manuel Francisco. Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelo. Universidad Nacional Abierta y A Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 41-47. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1966/2187>
- Gómez, J. (2013). Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos. Espinal, Tolima.
- Graham PH, Vance CP. 2000. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. Field Crops Res 65: 93-106. doi: 0.1104/pp.017004
- Graham PH, Vance CP. 2003. Legumes: importance and constraints to greater use. Plant Physiol 131: 872-877. doi: 10.1104/pp.017004
- Guevara, Eunice; Guenni, Orlando Densidad y longitud de raíces en plantas de *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit Multiciencias, vol. 13, núm. 4, octubre-diciembre, 2013, pp. 372-380 Universidad del Zulia Punto Fijo, Venezuela
- Gutiérrez, M.V. 2001. Fertilidad de Suelos y Manejo de la Nutrición de Cultivos en Costa Rica. Universidad de Costa Rica. CIA. 142 p.
- Hadas, A. 2004. Seedbed preparation: The soil physical environment of germinating seeds. p. 3-49. In R.L. Benech-Arnold and R.A. Sanchez (eds.). Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture. Food Product Press, New York, USA.

- Henríquez H. y Cabalceta G. 1999. Guía práctica para el estudio Introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. 1ra. Edición- San José Costa Rica: ACC. 111 pp. <https://repositorio.una.edu.ni/1094/1/tnp35c352.pdf>
- Huachi L, 2008. Mejoramiento del suelo mediante la producción de un abono orgánico a partir de estiércol animal, en el parque Metropolitano de Quito. Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/193/1/MEJORAMIENTO%20DEL%20SUELO%20MEDIANTE%20LA%20PRODUCCION%20DE%20UN%20ABONO%20ORGANICO.pdf>
- INTAGRI. 2017. Fijación de Potasio en el Suelo. Serie Suelos Núm. 31. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p.
- Kim TS, Raveendar S, Suresh S, Lee GA, Lee JR, Cho JH, Lee SY, et al. 2015. Transcriptome analysis of two *Vicia sativa* subspecies: mining molecular markers to enhance genomic resources for vetch improvement. *Genes* 6: 1164-1182. doi: 10.3390/genes6041164
- MANCILLA, H. (15 de Mayo de 2016). FORSUELO. Obtenido de <http://forsuelo.es/serviciosde-fertilizacion/restauracion-de-suelos-degradados/>
- Martínez, F .; Cordone, G. 2008. Fertilización De La Secuencia De Cultivos Invernales Alternativos Al Trigo/Soja De Segunda. Campaña 2004-05. Informaciones de la EEA
- Martínez, F., y Cordone, G. (2008). Fertilización de la secuencia de Cultivos Invernales Alternativos Al Trigo/Soja De Segunda. Campaña 2004-05. Informaciones de la EEA INTA Oliveros. Recuperado de <http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/fertilizacion/artic12.htm>
- Morocho D, 2016. “PRODUCCIÓN EN VIVERO DE TRES ESPECIES FORESTALES ACACIA, ALISO Y PUMAMAQUI, MEDIANTE APLICACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS, EN LA PARROQUIA LA ESPERANZA DEL CANTÓN PEDRO MONCAYO. UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE . <https://core.ac.uk/download/pdf/200326342.pdf>
- Noutary J, 2020. Ventajas de la vicia villosa. PRODUCIR XXI. <https://producirxxi.com.ar/producirxxi/ventajas-de-la-vicia-villosa/#:~:text=Esta%20especie%20es%20tambi%C3%A9n%20una,leguminosas%2C%20y%20no%20es%20empastadora>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Condiciones climáticas y la actividad humana impactan en la degradación de la tierra, comprometiendo la seguridad alimentaria. | FAO en Ecuador | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Condiciones Climáticas y La Actividad Humana Impactan En La Degradación de La Tierra, Comprometiendo La Seguridad Alimentaria. <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/fr/c/1141396/>
- Patricio Corvalán Vera & Jaime Hernández Palma. Apuntes de Dendrometría / Medición de Copas y Raíces. Universidad de Chile
- Peralta, E., Murillo , Á., Mazón, N. Pinzón , J., y Villacrés, E. (2013). Manual agrícola de fréjol y otras leguminosas: Cultivos, variedades, costos de producción (Tercera ed.): Quito, CE: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, 2013.
- Pinot, R, H. (2000). Manual de Edafología. Ed. Computec. Chile
- Plagron, 2022. ¿Qué necesita una planta durante la fase de crecimiento?.

<https://www.plagron.com/es/temas/que-necesita-una-planta-durante-la-fase-de-crecimiento>

- ProArgentina. (2005). Maquinaria agrícola. Córdoba, ARGENTINA: El Cid Editor
- Probert, R.J. 2000. The role of temperature in the regulation of seed dormancy and germination. p. 261-292. In M. Fenner. (ed.). Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities. CAB International, Wallingford, United Kingdom.
- Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas en América Central (PASOLAC), 1999. Proyecto Red SICTA del IICA/Cooperación Suiza en América Central. Cooperación Suiza.
<http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/11847/BVE20098018e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santos & Castro, 2012, ESTUDIO DE LA PÉRDIDA DEL RECURSO SUELO MEDIANTE EL CÁLCULO DE TASAS DE EROSIÓN Y PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MANEJO DE SUELOS, DETERMINADAS POR LAS CARACTERÍSTICAS SOCIO-AMBIENTALES DE LOS ANDES ECUATORIANOS. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7094/6.H07.001317.pdf;sequence=4>
- SIGTIERRAS, Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (2017). Mapa Digital, Órdenes de Suelos del Ecuador. Escala 1:4 300.000. Quito, Ecuador.
- Sistema de Información Nacional Agropecuaria. (2016).Boletín 14 situacional del fréjol tierno y seco, Ecuador
- Tenopala, J; González, F; Barrera, E. 2012. Physiological responses of the green manure (*Vicia sativa*) to drought (En inglés). Botanical Sciences. 90 (3): 305-311.
- Valeria Pirotta, 2020. Importancia de las arvejas en la rotación de cultivos. El Agrario

15. ANEXOS

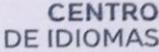
Anexo 1. Inversión del proyecto

ACTIVIDAD	UNIDAD		VALOR UNITARI O	COSTO TOTAL
INSUMOS				
Análisis de suelos	6	Laboratori o	\$ 30,00	\$ 180,00
Análisis densidad	5	Laboratori o	\$ 3,94	\$ 25,94
MANO DE OBRA				
Elaboración del diseño	10	días	\$ 10,00	\$ 30,00
Siembra de especies	2	días	\$ 2,00	\$ 10,00
EQUIPOS Y MATERIALES				
Piolas	2	Rollos	\$ 2,50	\$ 5,00
Estacas	80	Estacas	\$ 0,40	\$ 20,00
Flexómetro	1	Flexómetro	\$ 2,00	\$ 2,00
Fundas pequeñas	1	Rollos	\$ 3,00	\$ 3,00
Fundas zipper	1	Rollos	\$ 3,00	\$ 3,00
Libro de campo	1	Libro de campo	\$ 5,00	\$ 5,00
Balanza	1	Balanza	\$ 1,00	\$ 1,00
Marcador	2	Marcador	\$ 1,00	\$ 2,00
Etiquetas	1	Paquete	\$ 2,00	\$ 2,00
Fundas de basura	1	Paquete	\$ 2,00	\$ 2,00
APLICACIONES				
Riego	100	horas	\$ 20,00	\$ 20,00
TRANSPORTE				
Camión	1	viajes	\$ 10,00	\$ 10,00
Automóvil	2	viajes	\$ 10,00	\$ 10,00
Bus	2			
IMPREVISTO	30		\$ 30,00	\$ 30,00

Anexo 2.Hoja de vida de la tutora

FICHA SIITH								
								
DATOS PERSONALES								
NACIONALIDAD	CÉDULA	PASAPORTE	AÑOS DE RESIDENCIA	NOMBRES	APELLIDOS	FECHA DE NACIMIENTO	LIBRETA MILITAR	ESTADO CIVIL
ECUATORIANA	1801902907			GUADALUPE DE LAS MERCEDES	LOPEZ CASTILLO	1/1/1964		DIVORCIADA
DISCAPACIDAD	N° CARNE CONADIS	TIPO DE DISCAPACIDAD	MODALIDAD DE INGRESO	FECHA DEL PRIMER INGRESO AL SECTOR PÚBLICO	FECHA DE INGRESO A LA INSTITUCIÓN	FECHA DE INGRESO AL PUESTO	GENERO	TIPO DE SANGRE
				7/4/1997	7/4/1997	7/4/1997	FEMENINO	DRHPOSITIVO
SI	AUDITIVA		NOMBRAMIENTO					
NO	VISUAL		CONTRATO DE SERVICIOS OCASIONALES					
	FÍSICA		CONTRATO CÓDIGO DEL TRABAJO					
	INTELLECTUAL							
MODALIDAD DE INGRESO LA INSTITUCIÓN	FECHA INICIO	FECHA FIN	Nº CONTRATO	CARGO	UNIDAD ADMINISTRATIVA			
NOMBRAMIENTO	14/2/2001							
TELÉFONOS		DIRECCIÓN DOMICILIARIA PERMANENTE						
TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	N°	REFERENCIA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
32808431	984519333	Primero de abril	Rusvelt	s/n	Ingreso Betlemitas	Cotacachi	Latacunga	Ignacio Flores
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL				AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA				
TELÉFONO DEL TRABAJO	EXTENSIÓN	CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	CORREO ELECTRÓNICO PERSONAL	AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA	ESPECIFIQUE NACIONALIDAD INDÍGENA	ESPECIFIQUE SI SELECCIONÓ OTRA		
32266164		www.utc.edu	gualomercedeslopez@hotmail.com	MESTIZO				
CONTACTO DE EMERGENCIA				DECLARACIÓN JURAMENTADA DE BIENES				
TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	NOMBRES	APELLIDOS	Nº. DE NOTARIA	LUGAR DE NOTARIA	FECHA		
32808431	996451617	EDWIN JOSE	CHANCUSIG LOPEZ	TERCERA	LATACUNGA	2/6/2015		
INFORMACIÓN BANCARIA			DATOS DEL CÓNYUGE O CONVIVIENTE					
NÚMERO DE CUENTA	TIPO DE CUENTA	INSTITUCIÓN FINANCIERA	APELLIDOS	NOMBRES	Nº. DE CÉDULA	TIPO DE RELACIÓN	TRABAJO	
0040319988	AHORRO	MUTUALISTA BICHINCHA						
	AHORROS CORRIENTE						CÓNYUGE CONVIVIENTE	
INFORMACIÓN DE HIJOS					FAMILIARES CON DISCAPACIDAD			
No. DE CÉDULA	NACIMIENTO	NOMBRES	APELLIDOS	NIVEL DE INSTRUCCIÓN	PARENTESCO	N° CARNE CONADIS	TIPO DE DISCAPACIDAD	
0502169105	10/8/1988	MARCELO	CHANCUSIG LOPEZ	TERCER NIVEL				
0502954431	9/12/1989	BERNABE ROSA	CHANCUSIG LOPEZ	EDUCACIÓN BÁSICA (3ER CURSO)				
0502954365	30/6/1992	MERCEDES	CHANCUSIG LOPEZ	ESTUDIANTE UNIVERSITARIO				
		EDWIN JOSE	LOPEZ					
FORMACIÓN ACADÉMICA								
NIVEL DE INSTRUCCIÓN	No. DE REGISTRO	INSTITUCIÓN	TÍTULO OBTENIDO	EGRESADO	ÁREA DE CONOCIMIENTO	PERIODOS APROBADOS	TIPO DE PERIODO	PAIS
TERCER NIVEL	1010-03-354357	FINANCIERA UNIVERSIDAD	INGENIERO					
4TO NIVEL - MAESTRÍA	1020-07-668513	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE	AGRONOMO					
4TO NIVEL - MAESTRÍA	1020-07-668513	Estatal Amazónica	MAESTER EN GESTIÓN DE LA AGRONOMIA COMARCAICIÓN					

Anexo 3. Aval de traducción

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN ACACIA (ACACIA MELANOXYLON) CON LA SIEMBRA EN CONTORNO DE CUATRO LEGUMINOSAS, EN ENTISOLES DE TERRAZA DE BANCO, CAMPUS SALACHE, 2022”**, presentado por: **Diana Gabriela Chancusig Casa**, estudiante de la Carrera de: **Ingeniería Agronómica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, septiembre del 2022

Atentamente,

Mg. Marco Beltrán

 **CENTRO DE IDIOMAS**

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

Scanned by TapScanner

16. FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Socialización con la Prefectura de Cotopaxi.



Fotografía 2. Adquisición de acacias en el invernadero de la Prefectura de Cotopaxi



Fotografía 3. Delimitación de hoyos para la siembra de la Acacia/Ahoyado



Fotografía 4. Siembra de Acacias



Fotografía 5. Peso de las leguminosas en semillas



Fotografía 6. Siembra de leguminosas



Fotografía 7. Toma de datos con el flexómetro y calibrador



Fotografía 8. Elaboración de muestra destructiva con el cilindro



Fotografía 9. Peso del cilindro total con la biomasa y separación de raíces de la muestra del suelo.



Fotografía 10. Limpieza de raíces



Fotografía 11. Corte entre la raíz de la leguminosa y medición de la raíz principal



Fotografía 12. Limpieza y peso de la raíz en la balanza



Fotografía 13. Volumen de la raíz de la leguminosa y Acacia.



Fotografía 14. Cálculo del volumen de la copa de la Acacia

