



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Tema:

**EFFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DE ENMIENDA MINERAL EN
LA PRODUCTIVIDAD DE RAY GRASS ANUAL (*Lolium multiflorum*)
BOLÍVAR - CARCHI.**

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

AUTORA:

Dayanara Lizbeth Rosero Montenegro

DIRECTOR:

MSc. Juan Pablo Aragón Suárez

Ibarra, 2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

EFFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DE ENMIENDA MINERAL EN LA PRODUCTIVIDAD DE RAY GRASS ANUAL (*Lolium multiflorum*) BOLÍVAR - CARCHI.

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la
presentación como requisito parcial para obtener el título de:

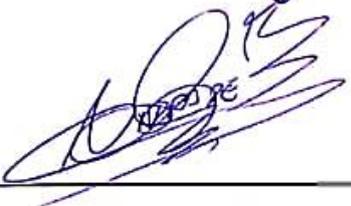
INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

MSc. Juan Pablo Aragón.
Director de trabajo de titulación



MSc. Jefferson Andrade.
Tribunal de trabajo de titulación



PhD. Jorge Cue
Tribunal de trabajo de titulación



Ibarra – Ecuador
2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente Trabajo de Titulación a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, por lo cual pongo a su disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	040192940-1
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Dayanara Lizbeth Rosero Montenegro
DIRECCIÓN:		Ibarra
EMAIL:		dlroserom@utn.edu.ec
TELÉFONO FIJO:		0985732543

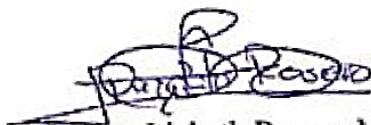
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EFECTO DE LA GRANULOMETRIA DE ENMIENDA MINERAL EN LA PRODUCTIVIDAD DE RAY GRASS ANUAL (<i>Lolium multiflorum</i>) BOLIVAR – CARCHI”
AUTOR:	Dayanara Lizbeth Rosero Montenegro
FECHA:	01 de Abril del 2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	Ingeniera Agropecuaria
DIRECTOR	MSc. Juan Pablo Aragón

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 01 días del mes de abril del 2022

AUTORA



Dayanara Lizbeth Rosero Montenegro

C.I.: 040192940-1

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 01 días del mes de abril del 2022

NOMBRE: Dayanara Lizbeth Rosero Montenegro “EFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DE ENMIENDA MINERAL EN LA PRODUCTIVIDAD DE RAY GRASS ANUAL (*Lolium multiflorum*) BOLIVAR- CARCHI” Trabajo de titulación. Ingeniería Agropecuaria.

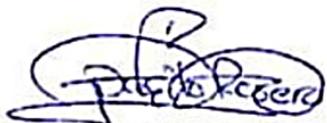
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 01 días del mes de abril del 2022.

DIRECTOR: MSc. Juan Pablo Aragón

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el efecto de la granulometría de enmienda mineral en la productividad de Ray grass anual (*Lolium multiflorum*) Bolívar- Carchi. Entre los objetivos específicos se encuentran: Determinar la productividad de Ray grass anual bajo la influencia de la enmienda mineral. Comparar las características químicas del suelo con las diferentes granulometrías. Analizar el beneficio /costo de los tratamientos en estudio.



MSc. Juan Pablo Aragón
Director



Dayanara Lizbeth Rosero Montenegro
Autora

AGRADECIMIENTO

Primer lugar agradezco a Dios por permitirme ser parte de la Universidad Técnica del Norte y ser una gran profesional.

La vida es hermosa y una de las principales características es que podemos compartir y disfrutar con las personas que amamos. Gracias familia y amigos quienes me brindaron su confianza, bondad y apoyo, que sin ellos no hubiese logrado una meta más.

Mi agradecimiento a la empresa LA COLINA por sus valiosos aportes que fueron de gran importancia para el desarrollo de la presente investigación.

Dayanara Lizbeth Rosero Montenegro

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO.....	v
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Antecedentes.....	11
1.2 Problema de investigación.....	13
1.3 Justificación	15
1.4 Objetivos.....	16
1.4.1 Objetivo general	16
1.4.2 Objetivos específicos	16

1.5	Hipótesis	16
1.5.1.	Hipótesis nula:	16
1.5.2.	Hipótesis alterna:	16
CAPÍTULO II.....		17
2.	MARCO TEÓRICO	17
2.1	Forrajes en Ecuador	17
2.2	Ray grass annual (<i>Lolium multiflorum</i>).....	18
2.2.1	Origen	18
2.2.2	Clasificación taxonómica	18
2.2.3	Morfología	19
2.2.4	Establecimiento	20
2.2.5	Rendimiento	21
2.2.6	Adaptación.....	21
2.2.7	Variedades	21
2.2.8	Carbohidratos de reserva	22
2.3	Fertilización	22
2.3.1	Dosis	23
2.4	Enmiendas	24
2.4.1	Mecanismo de acción	25
2.4.2	Dosis	25
2.4.3	Tamaño de partícula	26

2.4.4	Carbonato de calcio	27
2.4.5	Sulfato de calcio	28
2.4.6	Silicato de calcio.....	28
2.4.7	Magnesio	28
2.5	Suelos en Ecuador	29
2.5.1	Suelos andisoles.....	29
2.5.2	Propiedades del suelo	30
2.5.3	Aluminio Intercambiable.....	31
CAPÍTULO III		32
3.	MARCO METODOLÓGICO	32
3.1	Descripción del área de estudio	32
3.1.1	Ubicación política y geográfica.....	32
3.1.2	Características edafoclimáticas.....	32
3.1.3	Ubicación geográfica del area de estudio	33
3.2	Materiales	33
3.3	Métodos	34
3.3.1	Factores en estudio	34
3.3.2	Tratamientos	35
3.3.3	Diseño experimental	35
3.3.4	Características del experimento.....	36
3.3.5	Análisis estadístico	37

3.4	Variables agronómicas evaluadas.....	37
3.4.1	Altura de la planta.....	37
3.4.2	Desarrollo radicular	38
3.4.3	Peso radicular	39
3.4.4	Macollamiento	39
3.5	Variables de cosecha evaluadas.....	40
3.5.1	Producción de materia verde	40
3.5.2	Producción de materia seca	41
3.5.3	Índice de Área foliar	42
3.5.4	Contenido de nutrientes en Ray grass anual	43
3.5.5	Contenido de nutrientes disponibles en el suelo.....	44
3.5.6	Análisis beneficio/ costo.....	45
3.6	Manejo del experimento	45
3.6.1	Elección de terreno	45
3.6.2	Análisis de suelo	46
3.6.3	Preparación del suelo.....	46
3.6.4	Delimitación de las parcelas	47
3.6.5	Pruebas de germinación.....	48
3.6.6	Aplicación de enmienda	49
3.6.7	Siembra de pasto.....	50
3.6.8	Fertilización.....	51

3.6.9	Control de malezas	54
3.6.10	Riego.....	54
3.6.11	Cortes.....	54
3.6.12	Análisis de suelo (2)	55
CAPITULO IV		56
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		56
4.1	Altura de la planta.....	56
4.2	Crecimiento de raíz.....	58
4.3	Peso de raíz.....	62
4.4	Macollamiento	64
4.5	Materia verde	67
4.6	Materia seca	69
4.7	Índice de área foliar	72
4.8	Contenido de nutrientes en la planta.....	74
4.9	Contenido de nutrientes del suelo.....	80
4.10	Beneficio/Costo	88
CAPITULO V		92
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		92
5.1	Conclusiones.....	92
5.2	Recomendaciones	93
CAPÍTULO VI		94

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
CAPÍTULO VII.....	101
7. ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica de Ray grass anual</i>	18
Tabla 2 <i>Descripción de Ray grass anual</i>	20
Tabla 3 <i>Fuentes de nitrógeno</i>	23
Tabla 4 <i>Fertilización para pastos en la Sierra</i>	23
Tabla 5 <i>Propiedades Físico-Químico de Enmienda</i>	24
Tabla 6 <i>Carga mineral de la enmienda</i>	25
Tabla 7 <i>Apertura de mallas presentes en enmiendas, correctivos y alcalinizantes.</i>	27
Tabla 8 <i>Características edafoclimáticas</i>	32
Tabla 9 <i>Materiales, equipos, insumos y herramientas</i>	34
Tabla 10 <i>Descripción de los tratamientos.</i>	35
Tabla 11 <i>Análisis de varianza (ADEVA)</i>	37
Tabla 12 <i>Requerimientos de extracción de nutrientes.</i>	43
Tabla 13 <i>Cantidad de semillas</i>	51
Tabla 14 <i>Contenido de fertilizante</i>	52
Tabla 15 <i>Análisis de varianza para la variable altura de la planta.</i>	56
Tabla 16 <i>Prueba de medias de la variable altura de planta con relación a cortes y granulometrías</i>	56
Tabla 17 <i>ADEVA para la variedad de longitud de raíz con relación a granulometrías</i>	59
Tabla 18 <i>Prueba de medias de la variable desarrollo de raíz con relación a cortes...</i>	59
Tabla 19 <i>Prueba de medias para la variable desarrollo de raíz con relación a granulometrías</i>	60
Tabla 20 <i>ADEVA para la variable peso de raíz.</i>	62

Tabla 21 <i>Prueba de medias de la variable peso de raíz con relación a cortes y granulometrías</i>	62
Tabla 22 <i>ADEVA para la variable del macollamiento del pasto.</i>	64
Tabla 23 <i>Prueba de medias de la variable macollamiento con relación a cortes y granulometría.</i>	65
Tabla 24 <i>ADEVA de la variable materia verde del forraje.</i>	67
Tabla 25 <i>Prueba de medias variable materia verde con relación a cortes y granulometría</i>	67
Tabla 26 <i>Análisis de la variable de materia seca del pasto</i>	69
Tabla 27 <i>Análisis de medias para la variable materia seca con relación a cortes</i>	70
Tabla 28 <i>Análisis de medias para la variable materia seca con relación a granulometrías</i>	71
Tabla 29 <i>ADEVA de la variable de índice de área foliar y granulometrías</i>	72
Tabla 30 <i>Análisis de medias para la variable índice de área foliar con relación a cortes y granulometrías</i>	73
Tabla 31 <i>LSD Fisher de índice de área foliar con relación a granulometrías con cortes.</i>	73
Tabla 32 <i>Contenido de nutrientes del pasto Ray Grass.</i>	75
Tabla 33 <i>Características del análisis de suelo.</i>	80
Tabla 34 <i>Contenido de los macronutrientes y micronutrientes disponibles en el suelo.</i>	84
Tabla 35. <i>Costos de producción en una ha</i>	89
Tabla 36 <i>Costos variables</i>	90
Tabla 37 <i>Análisis económico de los tratamientos</i>	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Morfología de gramínea (Lolium perenne)</i>	19
Figura 2 <i>Efecto de aplicación de cal en los suelos</i>	26
Figura 3. <i>Ubicación Geográfica del área de estudio.</i>	33
Figura 4 <i>Diagrama de diseño experimental.</i>	36
Figura 5 <i>Altura de la planta</i>	38
Figura 6 <i>Desarrollo radicular</i>	38
Figura 7 <i>Peso radicular</i>	39
Figura 8 <i>Macollamiento</i>	39
Figura 9 <i>a) Primer corte de materia verde b) segundo corte y c) tercer corte</i>	40
Figura 10 <i>Producción de materia seca</i>	41
Figura 11 <i>Índice de Área foliar a) Organización de hojas del mismo tamaño y grosor b) Medición</i>	42
Figura 12 <i>Análisis de contenido de nutrientes a) Muestras de un tratamiento b) Empacado de pasto</i>	44
Figura 13 <i>Análisis de suelo</i>	45
Figura 14 <i>Análisis de suelo del área de estudio</i>	46
Figura 15 <i>a) Arada. b) Rastrada.</i>	47
Figura 16 <i>Delimitación de parcelas</i>	47
Figura 17 <i>Pruebas de germinación</i>	48
Figura 18 <i>Aplicación de enmienda</i>	49
Figura 19 <i>Dosis de enmienda mineral.</i>	49
Figura 20 <i>Siembra de pasto</i>	50
Figura 21 <i>Análisis del suelo con relación a la fertilización</i>	52
Figura 22 <i>Dosis de fertilización.</i>	53

Figura 23 a) <i>Primera fertilización. b) Segunda fertilización. c) Tercera fertilización.</i>	53
Figura 24 a) <i>Riegos en después de la siembra b) Riegos en estado de crecimiento ...</i>	54
Figura 25 a) <i>Primer corte b) segundo corte</i>	55
Figura 26 <i>Altura de la planta con relación a granulometría y cortes</i>	57
Figura 27 <i>Longitud de la raíz con relación a cortes</i>	60
Figura 28 <i>Longitud de raíz con relación a granulometrías</i>	61
Figura 29 <i>Peso de la raíz con relación a granulometrías con cortes</i>	63
Figura 30 <i>Número de macollos con relación a granulometrías con cortes</i>	66
Figura 31 <i>Materia de verde con relación a granulometría y cortes</i>	68
Figura 32 <i>Contenido de materia seca con relación a cortes</i>	70
Figura 33 <i>Porcentaje de materia seca con relación a cortes.</i>	71
Figura 34 <i>Macronutrientes principales de la planta</i>	76
Figura 35 <i>Macronutrientes de la planta</i>	78
Figura 36 <i>Micronutrientes de la planta</i>	79
Figura 37 <i>Materia Orgánica del suelo</i>	81
Figura 38 <i>Acidez intercambiable y aluminio presente en el suelo</i>	82
Figura 39 <i>Conductividad Eléctrica</i>	82
Figura 40 <i>Ph del suelo</i>	83
Figura 41 <i>Macronutrientes principales del suelo</i>	85
Figura 42 <i>Macronutrientes del suelo</i>	86
Figura 43 <i>Micronutrientes del suelo</i>	87
Figura 44 <i>Análisis económico USD/ ha</i>	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Elección del terreno</i>	101
Anexo 2. <i>Muestreo del predio</i>	101
Anexo 3. <i>Preparación del suelo</i>	102
Anexo 4. <i>Delimitación de parcelas</i>	102
Anexo 5. <i>Germinación de semillas</i>	103
Anexo 6. <i>Aplicación de la enmienda</i>	103
Anexo 7. <i>Siembra de Ray grass</i>	104
Anexo 8. <i>Fertilización</i>	104
Anexo 9 <i>Análisis general de suelo previo a la investigación.</i>	105
Anexo 10. <i>Primer análisis bromatológico, en el primer corte.</i>	106
Anexo 11. <i>Segundo análisis bromatológico en el tercer corte</i>	107
Anexo 12. <i>Segundo análisis de suelo</i>	108

EFFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DE ENMIENDA MINERAL EN LA PRODUCTIVIDAD DE RAY GRASS ANUAL (*Lolium multiflorum*) BOLÍVAR - CARCHI.

Autora: Dayanara Lizbeth Rosero Montenegro

Director de trabajo de titulación: MSc. Juan Pablo Aragón.

Año: 2022

RESUMEN

La enmienda mineral consiste en utilizar sales básicas para corregir el pH del suelo, con el fin de neutralizar la acidez causada por la acumulación de H^+ y Al^{+3} e incrementar el pH, con el propósito de mejorar las propiedades químicas y biológicas del suelo. El objetivo general del presente trabajo es evaluar el efecto de la granulometría de enmienda mineral en la productividad de Ray grass anual (*Lolium multiflorum*) en el Cantón Bolívar- Carchi. Frente a eso se ha optado en efectuar el uso de una enmienda mineral a base de: sulfato de calcio, silicato de calcio, carbonato de calcio y magnesio con relación a tres tipos de aperturas de mallas: fina 200 (0.075 mm), media 100 (0.15 mm) y gruesa 40 (0.45 mm). Como alternativa de reducción de acidez intercambiable del suelo y de la misma manera liberar los nutrientes disponibles, para que sean asimilables por las plantas y sea de manera más rentable y eficiente. El diseño experimental que se utilizó fue en bloques completos al azar con medidas repetidas (DBCA), cubriendo un área total de 323 m². Para hacer los respectivos análisis estadísticos se utilizó software InfosStat versión año 2020 en donde se analizó los datos paramétricos logrando un análisis de varianza (ADEVA), para las variables altura de la planta, desarrollo de la raíz, peso de la raíz, macollamiento, índice de área foliar, materia verde y materia seca. Tomando en cuenta que para las variables de contenido nutricional del suelo y de la planta se elaboró tablas comparativas. Obteniendo como resultado que la granulometría media 100 (0.15mm) siendo la más influyente obteniendo mayores porcentajes en todas las variables. A modo de ejemplo se obtuvo un pH inicial de 5.8 pero con la aplicación de la granulometría media se logró un incremento del pH a 6.8.

Palabras claves: granulometrías, mallas, acidez edáfica, aluminio intercambiable, biomasa.

EFFECT OF THE MINERAL AMENDMENT GRANULOMETRY ON THE PRODUCTIVITY OF ANNUAL RAY GRASS (*Lolium multiflorum*) BOLIVAR – CARCHI.

Author: Dayanara Lizbeth Rosero Montenegro

Thesis Director: MSc. Juan Pablo Aragón

Year: 2022

ABSTRACT

The mineral amendment consists of using basic salts to correct the pH of the soil, in order to neutralize the acidity caused by the accumulation of H^+ and Al^{3+} and increase the pH, in order to improve the chemical and biological properties of the soil. The general objective of this work is to evaluate the effect of mineral amendment granulometry on the productivity of annual Ray grass (*Lolium multiflorum*) in the Bolívar-Carchi Canton. Against this, it has been chosen to make the use of a mineral amendment based on: Calcium sulfate, Calcium silicate, Calcium carbonate and magnesium in relation to three types of mesh openings: fine 200 (0.075 mm), medium 100 (0.15 mm) and thick 40 (0.45 mm). As an alternative to reduce the interchangeable acidity of the soil and in the same way release the available nutrients, so that they are assimilable by the plants and are more profitable and efficient. The experimental design that was used was in random complete blocks with repeated measurements (DBCA), covering a total area of 323 m². To make the respective statistical analyses, InfosStat software was used version year 2020 where the parametric data was analyzed, achieving the analysis of variance (ADEVA), for the variables plant growth, root development, root weight, macollamiento, leaf area index, green matter and dry matter. Taking into account that for the variables of nutritional content of the soil and the plant, comparative tables were elaborated. Obtaining as a result that the average granulometry 100 (0.15mm) being the most influential obtaining higher percentages in all variables. As an example, an initial pH of 5.8 was obtained but with the application of the average granulometry an increase in the pH to 6.8 was achieved.

Keywords: granulometries, meshes, edaphic acidity, exchangeable aluminum, biomass

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Instituto Nacional de Estadística y Censos. INEC (2017), hace referencia a los distintos usos de los terrenos en el Ecuador, en donde se registran cultivos permanentes, cultivos transitorios y barbechos representando una superficie total de 12'355.146 ha, los cultivos permanentes representan el 11.58%, los cultivos transitorios y el barbecho el 7.32%, descanso el 1.05%, pastos cultivados el 19.81%, los pastos naturales 5.49%, los páramos el 2.69%, los montes y bosques 45.94% y otros usos 6.13%.

De esta manera el sector pecuario se desarrolla en los pastizales, su mejoramiento y productividad es una base muy importante del desarrollo social y económico puesto que, satisface la demanda de alimento de la población. Las especies forrajeras son la fuente principal para la alimentación de las especies pecuarias, debido a su producción económica, razón por la cual los forrajes se han convertido en una actividad fundamental, la producción pecuaria es el resultado de las interacciones establecidas entre ambiente, suelo, planta forrajera y animal (Bonifaz et al., 2018).

A menudo la nutrición y fertilización de pastos representa un rol de suma importancia en los requerimientos nutritivos de pasturas por la cual los pastos necesitan aportes continuos de nutrientes, mejorando la calidad e incrementando la producción del follaje (León et al, 2018). El motivo por el cual Calva (2016) plantea que se debe aplicar enmiendas minerales de forma edáfica que consiste en utilizar sales básicas para corregir el pH del suelo, con el fin de neutralizar la acidez causada por la acumulación de H^+ y Al^{+3} e incrementar el pH. Los mecanismos de reacción permiten la neutralización de iones H^+ y Al^{+3} en la solución del suelo por medio de los iones OH^- producidos al entrar en contacto la cal con la humedad del suelo, además los efectos positivos de la aplicación sobre suelos ácidos es la mayor absorción de P logrando neutralizar el Al^{+3} .

Según Toledo (2016) señala que los correctivos de acidez son carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio (Ca) y magnesio (Mg) dando lugar a un cambio de pH de los

suelos (Andisoles, Ultisoles y Oxisoles). En suelos andisoles utilizan grandes cantidades de enmienda para llegar a pH 7.0 ya que la cantidad depende de la magnitud de capacidad tampón del suelo y se aplica t/ha de cal para precipitar el Al^{3+} y producir buenos rendimientos de cultivos susceptibles al Al^{3+} . Sin embargo, en Ecuador existen suelos Andisoles que abarcan una superficie de 3819796 ha, que representan el 19% del territorio nacional, son suelos negros que sufren un rejuvenecimiento frecuente y generalmente, si están cercanos a los volcanes, su textura es gruesa y si están alejados, la textura es más fina como limosa o franco limoso (SIGTIERRAS, 2017).

De acuerdo con estudios realizados se ha logrado establecer que la fineza de las partículas individuales de la enmienda determina su velocidad de reacción, es decir, a medida que se reduce el tamaño de la partícula del material de encalado se aumenta el área o superficie de contacto. Los materiales que son retenidos en malla de 8 con dimensiones de (2.5 mm) de apertura no son efectivos. Los que pasan la malla 8, pero se detienen en malla 20 (0.9 mm), son 20% efectivos ya que reaccionan muy lentamente. Los que pasan la malla 20 pero se retienen en la 60 (0.3mm), son 60% efectivos y pueden reaccionar en un período de 10-18 meses, sin embargo, todos los materiales que pasan completamente la malla 60, tienen 100% de efectividad y reaccionan entre 3 y 6 meses y la enmienda que pasa por una malla 80 es demasiado fina, pero reacciona en 1-3 meses. La condición ideal es que el 100% del material pase por una malla 8 y 70- 80% pase por una malla 60 (Sanchez y Huanio, 2017).

En base a el estudio realizado por Araya et al., (2015) menciona que en una dosis elevada del carbonato de calcio presentó una mayor biomasa de raíces aéreas, probablemente debido a que el suelo era muy ácido y tenía deficiencia en calcio, lo que ocasiono un mayor estímulo en el crecimiento de las raíces del sorgo. Asimismo, demostró un mayor efecto en aumentar el pH, reducir la acidez y reducir el Al intercambiable, donde se utilizó un material fino de malla 625 mesh que le permite tener una reacción casi inmediata en el suelo debido a su alto grado de fineza. Por consiguiente, los estudios del silicio demuestran que no mejoró la acidez del suelo, además los datos obtenidos mediante la investigación del 2010 y 2011 han demostrado que no hay diferencias significativas de manera que tampoco tuvo efecto en el pH del suelo porque no tuvo efecto en la suma de bases (Furcal, 2012).

De igual manera Tomas (2017), recalca que la aplicación de enmienda con Sulfato de calcio muestra un incremento de pH a profundidades de 30-60 cm, mejorando las propiedades químicas del suelo, disminuyendo los valores de conductividad eléctrica, la relación de absorción de sodio (RAS) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Según Barriga et al., (2017) menciona que para mantener concentraciones relativamente altas de calcio en la película de agua que queda sobre el suelo, el tamaño de la partícula debe ser lo suficientemente pequeño para una rápida disolución.

De igual manera con la utilización de dolomita (Mg), obtuvo la mayor cantidad de biomasa con un promedio general de 38.7 g maceta, seguido por el carbonato de calcio, óxido de magnesio y carbonato de magnesio con 36.85, 33.73 y 31.63 g maceta, respectivamente. Los datos obtenidos también sugieren que la aplicación de las mismas cantidades de enmiendas elimina acidez intercambiable y aluminio intercambiable, para promover la mejor producción de biomasa (Calva y Espinosa, 2017).

En la producción ganadera, aunque el objetivo final es vender leche, el ganadero tiene que centrar sus esfuerzos en producción de comida para el ganado, que debe ser pasto de buena calidad, cosechado oportunamente y bien fertilizado, con este manejo se espera llegar a obtener un costo que va de 0,52 hasta 0,38 \$/kg MS si se aprovecha en un 70% o de 0,44 a 0,68 si se consume el 55% del forraje producido en el año. En ambos casos con rendimientos que van de 10.000 kg MS/ha/año a 6.500 kg en pradera permanente (Primo, 2018).

1.2 Problema de investigación

De acuerdo El Instituto Nacional Tecnológico INATEC (2016), manifiesta que el manejo de pastos y forrajes solamente aplican conocimientos empíricos para su producción, esto hace que los pastos cultivados sean de poca altura, follaje y valor nutritivo bajo, teniendo como resultado mala alimentación del ganado al que este vaya a ser destinado, esto indica que se obtendrá bajas producciones de leche. Cabe mencionar que la producción de cultivos en suelos ácidos impide conseguir altos potenciales de rendimiento y buena calidad de las cosechas, por ejemplo, en muchas regiones de México y Centroamérica la productividad del maíz ha disminuido por efecto de la acidez. En estas condiciones del suelo, la solubilidad

del aluminio (Al), hierro (Fe) y manganeso (Mn) es elevada y sus concentraciones aumentan hasta llegar a niveles muy tóxicos para las plantas (Domínguez, Castellanos y Orozco, 2017).

La producción de forraje en cada potrero cuenta con altas o bajas producciones, esto debido a problemas de manejo que trae mayores costos de producción en forraje seco por lo que la sugerencia es que las fincas tengan potreros pequeños, ya que de esta forma se disminuyen las pérdidas por pisoteo y se facilita el manejo de los animales. Feuchter (2017), establece que el costo promedio más bajo por kilo de proteína es de \$9.13 y se produce entre los 40 a 90 días de crecimiento del forraje después del segundo corte, sin considerar los costos iniciales del establecimiento que pueden ser de \$60,000.00/ha.

Según Feuchter (2017) el costo promedio de mantenimiento anual por hectárea de la pradera fertilizada e irrigada es de \$34,540.00 esto sin la utilización de enmiendas que puedan mejorar de igual o mayor manera la producción. La tonelada de forraje verde más económica se obtiene a los 40 días, a menos de \$100.00 y hasta los 90 días el costo promedio es de \$ 113.00 la tonelada, con un rendimiento anual promedio superior a las 300 ton/ha, equivalentes a 42 ton de materia seca M.S./ha/año (Castillo, 2015). Con esto el productor debe decidir si busca rendimiento económico o volumen de producción ya que un suelo sin la aplicación de enmiendas no es muy rentable y con esto debilita la calidad nutricional del forraje verde.

Zambrano (2015) afirma que los suelos que se produce forraje para ganadería de leche en nuestro país son principalmente Andisoles, Inceptisoles y Ultisoles. Son suelos que se puede encontrar con problemas de acidez intercambiable ($Al^{+3} + H^{+}$), pH bajo <5.5 y deficiencias de Ca y Mg; ya que, en la actualidad existe una falta de manejo adecuado para la producción de pastos y es una problemática que se puede evidenciar en el sector agrícola del Ecuador, puesto que los suelos destinados para estos tipos de forrajes utilizan fertilización, pero no tienen un manejo técnico. Es por eso por lo que en algunos casos los suelos no reciben las cantidades nutricionales necesarias, dando como resultado un déficit nutricional que a la vez no permiten un desarrollo adecuado de los pastizales (Vargas, 2011).

La granulometría de las enmiendas es otro factor importante, principalmente cuando existe el desconocimiento por parte de los agricultores al momento de la fertilización debido a que lo realizan de manera tradicional. Normalmente las enmiendas son poco solubles y es

necesario colocarlas en contacto con un gran volumen de suelo para promover una mejor reacción de corrección. Un producto que presenta una alta variabilidad en granulometría está sujeto a segregación cuando se aplica mecánicamente al voleo. Las partículas con mayor tamaño y densidad son lanzadas a mayor distancia en comparación con las partículas de menor tamaño y densidad. A mayor uniformidad de producto menor es la segregación al momento de aplicación (Jaramillo y Espinosa, 2017).

1.3 Justificación

De acuerdo con la revisión de estudios relacionados con el mejoramiento a la producción de forrajes y mal manejo de suelos ácidos que afectan a la agricultura se ha optado por efectuar el uso de una enmienda mineral a base de: sulfato de calcio, silicato de calcio, carbonato de calcio, y magnesio. Para esto se determinará probar tres tipos de granulometrías, en donde las aperturas de las mallas son: Gruesa malla mesh 40 (0.45 mm), Media malla mesh 100 (0.15 mm) y Fina malla mesh 200 (0.075 mm) con una dosis de aplicación de t/ha, con pasto de Ray gras anual.

Espinosa y Molina (2008), mencionan que el efecto final de las reacciones con la aplicación de enmienda reduce la acidez del suelo al convertir el exceso de H^+ en H_2O . Sin embargo, el incremento de pH permite la precipitación del Al^{3+} como $Al(OH)_3$, que es un compuesto insoluble, eliminando de esta forma el efecto tóxico del Al^{3+} en las plantas y la principal fuente de iones H^+ . La enmienda se incorpora al suelo con el objetivo de mejorar sus propiedades químicas o biológicas del suelo, reduce la acidez del suelo y promueve la actividad biológica del suelo e Incrementa la fijación biológica de nitrógeno.

Por esta razón esto planteamos la evaluación del Ray grass anual bajo una aplicación de enmienda mineral como una alternativa de reducción de acidez intercambiable del suelo y de la misma manera liberar los nutrientes disponibles, para que sean asimilables por las plantas, de esta forma poder mejorar la producción de forraje verde de una manera más rentable y eficiente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la granulometría de enmienda mineral en la productividad de Ray grass anual (*Lolium multiflorum*) Bolívar- Carchi.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la productividad de Ray grass anual bajo la influencia de la enmienda mineral.
- Comparar las características químicas del suelo con las diferentes granulometrías.
- Analizar el beneficio /costo de los tratamientos en estudio.

1.5 Hipótesis

1.5.1. Hipótesis nula: La enmienda mineral (CaSO_4 , $\text{Ca}_2\text{O}_4\text{Si}$, CaCO_3 , Mg) no presenta efecto en el rendimiento del Ray grass anual (*Lolium multiflorum*), ni en las características químicas del suelo.

1.5.2. Hipótesis alterna: La enmienda mineral (CaSO_4 , $\text{Ca}_2\text{O}_4\text{Si}$, CaCO_3 , Mg) tiene efecto en los rendimientos del Ray grass anual (*Lolium multiflorum*), como también en las características del suelo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Forrajes en Ecuador

Dentro de la superficie dedicada a labor agrícola en el Ecuador, la categoría de pastos cultivados tiene una lista de 48.1%, que equivale a 3´409.953 ha, y 19.3% correspondientes a pastos naturales. La sierra cuenta con una superficie de pasto del 25.2% y 21.8% dedicada a Pastos Naturales y Cultivados respectivamente, la costa con 33.8% y el Oriente con 32.5% de pastos. Entre las especies forrajeras de mayor uso en los pastizales de la Sierra del Ecuador se encuentran el Kikuyo, Ray grass, Alfalfa, Trébol blanco entre otros (Guaña, 2018).

La importancia de los pastos y forrajes es reconocida como una fuente de alimentación para el ganado, proporciona protección al medio ambiente, almacenamiento de carbono y agua y la conservación in situ de recursos fitogenéticos. El rápido aumento de la población, junto con los efectos del cambio climático, ha aumentado la presión sobre los pastizales del mundo, en particular en ambientes áridos y semiáridos (León, 2018).

El sector pecuario que se desarrolla en los pastizales del Ecuador es una base muy importante del desarrollo social y económico, satisface las demandas de la población en alimentos tan esenciales como la carne y leche, y es fuente esencial de generación de mano de obra e ingreso. A pesar de ser un importante contribuyente al producto interno bruto, el sector pecuario tiene dificultades para mantener un desarrollo constante y sostenido debido a la mala y escasa alimentación suministrada a los bovinos, aun cuando nuestro país tiene condiciones favorables para producir pastos durante todo el año (Gutiérrez, 2018).

La pastura cultivada es la herramienta principal para manipular la producción ganadera. La alimentación de los animales herbívoros debe basarse en los pastos y los forrajes que son la fuente de alimento principal y más económico que existe y, al asociar gramíneas con leguminosas proveen un alimento completo y balanceado al ganado. Los herbívoros no deberían competir por alimento con el ser humano y recibir granos (maíz, trigo, cebada,

oleaginosas) que son más costosos, en ganadería solamente deberían utilizarse de manera estratégica, de preferencia solamente los subproductos (Bonifáz, 2018).

2.2 Ray grass annual (*Lolium multiflorum*)

Es una planta que se adapta en áreas que se encuentran entre los 2400 y 3200 m s.n.m., con una temperatura que oscila entre los 12° a 18 °C. Es una especie de gran importancia de los sistemas pastoriles, se caracteriza por presentar un rápido establecimiento, alta producción, un buen volumen y una excelente calidad de forraje (Demagnet, 2013).

2.2.1 Origen

Originario del Mediterráneo, sur de Europa, norte de África y Asia Menor, cultivada por primera vez en el norte de Italia. Actualmente esta especie se encuentra naturalizada en nuestro país, ha sido generalmente adoptado por el ámbito de la producción ganadera, principalmente por su excelente calidad de hoja y sus altos niveles de producción (León, Gutierrez y Bonifaz 2018).

2.2.2 Clasificación taxonómica

El pasto anual está conformado por una clasificación taxonómica como lo enseña la tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de Ray grass anual

Categoría	Taxonomía
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelindiae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Género	<i>Lolium</i> L.
Nombre científico	<i>Lolium multiflorum</i> L.

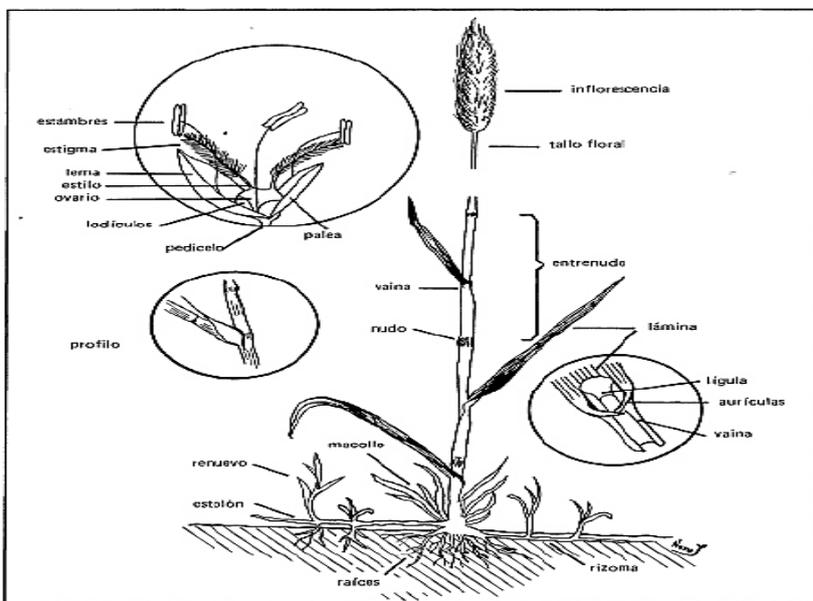
Fuente: León., et al (2018).

2.2.3 Morfología

A continuación, se indica en la Figura 1 la morfología de una gramínea (*Lolium perenne*).

Figura 1

Morfología de gramínea (Lolium perenne)



Fuente: Aedo (2012).

Es una gramínea que tiene un desarrollo de 60-90 cm de altura, es anual y se produce durante 6-9 meses; en condiciones favorables se comporta como bianual, forman matas abiertas en la base. Las hojas salen enrolladas contienen un color verde obscuras y lampiñas, las nervaduras son bien marcadas. Los tallos son cilíndricos y de color blanquecino en la base. Su descripción morfológica revela en la tabla 2.

Tabla 2*Descripción de Ray grass anual*

Estructura	Características
Hábito y forma de vida	Planta herbácea anual, bianual o perenne.
Tamaño	De hasta 1 (1.3) m de alto.
Tallo	Cespitoso (forma matas aglomeradas), erecto o doblado en los nudos.
Hojas	Vainas foliares con aurículas (orejas) conspicuas hacia el ápice; lígulas de 1-4 mm de largo; lámina de hasta 22 cm de largo y 8 mm de ancho, lisas en el envés, opacas y ásperas en el haz.
Inflorescencia	Espigas dísticas, comprimidas, erectas, de hasta 35 (45) cm de largo.
Espiguilla/Flores	Espiguillas solitarias, sésiles, alternas, de 10 a 20 mm de largo, con 4 a 22 flores; glumas de 5 a 10 mm de largo, 5 a 7 nervadas, la longitud de la espiguilla; lema de 4 a 8 mm de largo, 5-7 nervada, redondeada en el dorso, de bordes algo ásperos, con arista subapical de 0 a 15 mm de largo; palea \pm de la misma longitud que la lema.
Frutos y semillas	Semilla de \pm 4 mm de largo.

Fuente: Vibrans (2009).

2.2.4 Establecimiento

Según León et al., (2018), dice que por semilla botánica, al voleo 45-60-75 kg/ha según la cantidad de materia seca que se quiera obtener. Según Demanet (2013) la dosis de semilla es 30 kg/ha en ballicas diploides y 35 kg/ha en ballicas tetraploides en siembras de cero labranzas. En establecimiento convencional con preparación de suelos, la dosis se reduce a 25 kg/ha en diploides y 30 kg/ha en tetraploides.

2.2.5 Rendimiento

Tienen un rápido crecimiento y permanencia con un excelente macollamiento por esta manera es un pasto de cortes rápidos que se los realizo cada 21-30 días; obteniendo 120 t/ha/año de forraje verde, correspondiente a 18 t/corte, es una especie muy productora de semilla 600-700 kg/ha, logrando un valor nutritivo de las variedades diploides un 14-15% de proteína y las variedades tetraploides 20 – 25% proteína (Percy, 2016).

2.2.6 Adaptación

Como afirma León et al., (2018) el cultivo del Ray grass se adapta a un clima templado húmedo, resiste el frío se desarrolla en alturas de 2500 -3600 m snm , sin embargo requiere de suelos con textura intermedia o ligeramente pesada, que sean ricos en nitrógeno y que tengan un pH óptimo 6 a 7 los pastos son muy exigentes en humedad, especialmente los tetraploides para un normal desarrollo requieren entre 12-25 mm de precipitación o de riego por semana ya que es una especie muy valorada por su rápido establecimiento, alta producción, excelente calidad y aceptabilidad por el ganado es por eso que los ganaderos utilizan mezclas de Ray grass con el fin de ser aprovechadas todos los espacios por eso utilizan el 60-70% de especies perennes y 30-40% de especies híbridas o anuales.

2.2.7 Variedades

Como señala León, et al (2018) las variedades de raigrases de uso comercial, diploides y tetraploides son numerosas, permanentemente y se encuentra diversas variedades en el mercado, provenientes sobre todo de USA y Nueva Zelanda.

2.2.7.1 Anuales diploides

Son variedades que tiene su ciclo vegetativo de 2 años, con intervalo de cosecha de 35 a 60 días si se usa como forraje y 120 días si es para producción de semilla, la altura de la planta oscila entre 120 y 150 cm, el rendimiento es de 400 a 700 kg/ha de semilla y de 18 a 20 t/FV/ha (3 a 4 t/MS/ha) por corte. El contenido de proteína tiene una variación que va desde 14 hasta 16% a los 35 días (León, et al 2018).

2.2.7.2 Anuales Tetraploides

Como afirma León et al., (2018) que los pastos son variedades de excelente producción porque duran 6-9 meses, como también soporta el clima frío, logra elevados volúmenes de forraje en poco tiempo (tasas de crecimiento de 160 kg/MS/día), como también tiene altos niveles de azúcar por lo que es muy palatable y fácilmente fermentador para elaborar ensilaje de buena calidad y que sea de una buena rentabilidad.

2.2.8 Carbohidratos de reserva

De acuerdo a Toulber, Balocchi y Parga (2007) indica que durante el proceso de crecimiento de una pradera y los carbohidratos producidos por la fotosíntesis utilizados para el crecimiento y la respiración, las plantas tienen la habilidad de almacenarlos como fuente de energía para ser utilizado en el rebrote después de una defoliación cuando el balance energético de la planta es negativo. Estos carbohidratos se almacenan en la base de la planta y se concentran en los primeros 5 cm sobre el suelo. Por esta razón es importante proteger este estrato de la pradera evitando un pastoreo muy intenso o dejar un residuo demasiado bajo. Cuando una planta es defoliada por el pastoreo o corte, inmediatamente comienza su recuperación generando nuevas hojas.

2.3 Fertilización

El rendimiento de forraje es mayor cuando se utiliza sulfato de amonio o nitrato de amonio (10-30% más de materia seca). En el nitrato de amonio es de disponibilidad y absorción inmediata, mientras que el amonio se fija en los coloides del suelo, no se pierde y es disponible por más tiempo. El sulfato de amonio, se aconseja para suelos arenosos o climas lluviosos y en cualquier caso que se necesite una mejor retención de N o un efecto favorable del sulfato (para bajar pH alcalino o desbloquear el P fijado por Fe o Al) (Espinoza, 2003). Las fuentes de nitrógeno se muestran en la tabla 3.

Tabla 3*Fuentes de nitrógeno*

Fuentes de nitrógeno	Concentración
Urea($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)	N 46%
Sulfato de amonio ($\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$)	N21% + S 24%
Amidas (urea+sulfato de amonio)	N 40% + S 6%
Nitrato de amonio (NO_3NH_4)	N 34% (N nítrico 17% + N amoniacal 17%)
Nitrato de potasio (NO_3K)	N 13,5% + K_2O 5%
Nitrato de calcio (NO_3Ca)	N 15,5 + CaO 6%

Fuente: León (2018).

La fertilización para pastos de la sierra están en la Tabla 4. Los elementos de P, K, Ca, S, Mg a partir del cuarto pastoreo (seis meses de la siembra): P, 75 - 80 kg/ha/año de P_2O_5 en combinación con 40 kg/ha/año de S, y 20 kg/ha/año de Mg fraccionado en dos partes, 50% con las lluvias de octubre-noviembre y 50% con las lluvias de abril-mayo Es conveniente aplicar a la salida de las lluvias 60 kg/ha de K_2O , para ayudar al pasto a resistir el verano. Se puede reforzar la tolerancia a la sequía aplicando fertilización foliar a base de (K_2SiO_3) silicato de potasio (León, 2018).

Tabla 4*Fertilización para pastos en la Sierra*

Análisis de suelo	N kg/ha	P_2O_5 kg/ha	K_2O kg/ha
Bajo	70	120	100
Medio	50	80	60
Alto	20	40	60

Fuente: León (2018).

2.3.1 Dosis

Según León, (2018) la aplicación de fertilizantes debe realizarse con criterio técnico y económico, buscando el punto de equilibrio óptimo (nivel crítico), debido a que una aplicación incorrecta, puede ocasionar un desequilibrio nutricional; se debe señalar que existe interacciones entre los nutrientes, antagonismo entre algunos y sinergismo entre otros

que es necesario conocer, ya que la aplicación de un nutriente puede limitar la absorción de otro, o potencializarlo según sea el caso. Algunos nutrientes deben mantener en el suelo cierta proporción, por ejemplo: la relación Ca/Mg, y la relación Mg / K.

2.4 Enmiendas

Como expresa Bonifaz, et al. (2018), las enmiendas se definen todos aquellos materiales que se incorporan al suelo con el objetivo de mejorar sus propiedades químicas y biológicas a largo plazo como enseña la Tabla 5. Estos materiales se aplican al suelo con el objetivo de:

- Corregir el pH.
- Rehabilitar o incrementar la saturación de bases (Ca, S y Mg).
- Disminuir la toxicidad del Al, Fe y Mn.
- Aumentar la disponibilidad de P.
- Mejorar las propiedades físicas del suelo.
- Mejorar el ambiente radicular.
- Promover la actividad biológica del suelo.
- Incrementar la fijación biológica de nitrógeno.

Tabla 5

Propiedades Físico-Químico de Enmienda

Propiedades Físico-Químico	Características
Granulometría	Malla 40-100-200 A.S.T.M
Estado físico	Polvo fino
Color	Biege
Ph a 25.2°c	8.233
Densidad Aparente A 24.8°C	1.43 g/ml
Conductividad Eléctrica	7.330 µS/cm
Solubilidad	10g/L a 25°C
C.I.C	56.68 meq/100g

Fuente: COLINA (2019).

En la Tabla 6 indica la composición de la enmienda mineral que se obtienen de rocas molidas y se incrementan en el medio de crecimiento de la planta en sistemas de producción. Proporcionan minerales adicionales a los que comúnmente se encuentran en una solución nutritiva completa y puede generar condiciones favorables para el crecimiento adecuado de los cultivos (Noriega et al, 2014).

Tabla 6

Carga mineral de la enmienda

Mineral	Porcentaje
Calcio (CaO)	43%
Azufre (So ₄)	14%
Silicio (Si)	4%
Manganeso (MnO)	1%

Fuente: COLINA (2019).

2.4.1 Mecanismo de acción

Sus principios activos hacen que los suelos con pH ácido aumente por acción de sus cationes los cuales reemplazan el exceso de iones tóxicos de Hidrogeno (H⁺) y (Al⁺³) Aluminio (COLINA, 2019).

Los materiales que se utilizan como alcalinizantes o correctivos de acidez son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio (Ca) y/o magnesio (Mg). Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales presentan una variable capacidad de neutralización. Los materiales a base de carbonatos y silicatos neutralizan la acidez a través de la hidrólisis (reacción con el agua) de los iones CO₃⁻² y SiO₃⁻², que son bases débiles (Espinosa y Molina, 2008).

2.4.2 Dosis

Según Espinosa y Molina (2008) señala que para el cambio de pH de los suelos de carga variable (Andisoles, Ultisoles y Oxisoles) obliga a utilizar cantidades muy altas de cal para llegar a pH 7.0. Obviamente esto no es necesario, solamente es conveniente el elevar el pH hasta valores un poco más arriba de lo necesario para precipitar el Al³⁺ (5.3-5.5). Sin

embargo, en Andisoles, la cantidad de cal necesaria para precipitar el Al va a depender de la magnitud de la capacidad tampón del suelo es muy alta y es necesario aplicar 6 t/ha de cal para precipitar el Al^{3+} y producir buenos rendimientos de cultivos susceptibles al Al^{3+} como se indica en la Figura 2.

Figura 2

Efecto de aplicación de cal en los suelos

CaCO ₃ t/ha	pH	Al	K	Ca	Mg	CIC*	Rendimientos		
							Haba	Cebada	Avena
cmoles (+) kg							t/ha		
0	5.0	2.1	0.31	2.54	0.36	6.0	13.9	2.2	3.6
1.5	5.1	1.5	0.29	2.58	0.36	6.2	12.8	3.0	4.4
3.0	5.2	1.6	0.29	3.30	0.44	6.6	17.1	2.9	4.3
4.5	5.2	1.5	0.31	4.67	0.48	7.2	18.9	3.7	4.4
6.0	5.3	0.6	0.24	4.67	0.45	7.2	19.2	3.9	4.7
9.0	5.4	0.4	0.28	4.60	0.46	7.4	21.5	3.9	5.2
12.0	5.4	0.2	0.30	5.59	0.55	8.4	21.6	4.1	4.8
15.0	5.8	0.1	0.30	8.60	0.80	10.7	21.0	4.3	4.7

* CIC medida con una sal indiferente

Fuente: Espinosa y Molina (2008).

Se debe aplicar e incorporar completamente la enmienda en la parcela. Una parcela no debe llevar enmienda (testigo) y se aconseja cubrir un buen rango de dosis para asegurar la respuesta, por ejemplo, dosis de 0, 1.5, 3.0 y 6.0 toneladas de cal por hectárea. La cantidad se determina relacionando la superficie de la parcela con la superficie de una hectárea. En los suelos Andisoles la capacidad tampón del suelo es alta y es necesario aplicar 6 t/ha de cal para precipitar el Al^{3+} y producir buenos rendimientos de cultivos susceptibles al Al^{3+} (Espinoza, 2003).

2.4.3 Tamaño de partícula

De acuerdo con Espinosa y Molina (2008) mencionan que la fineza de las partículas individuales de la enmienda determina su velocidad de reacción. A medida que se reduce el tamaño de la partícula de cualquier material de enladrado se aumenta el área o superficie de contacto. Un m³ de cal sólida sólo tiene 6 m² de superficie. Esa misma cantidad molida y cernida en un tamiz de malla 100, tiene 60000 m² de área superficial. Entre más superficie específica tenga el material, más rápido reacciona la cal en el suelo. Hay una secuencia de mallas o cribas de diferente tamaño. Es normal utilizar la siguiente secuencia de mallas: 8 ó

10, 20, 40, 60 y 80 mesh. Esto permite retener en cada tamiz una cantidad de material, separando de esta forma los diferentes tamaños de partículas presentes.

A consecuencia los materiales que son retenidos en malla de 8 no son efectivos. Los que pasan la malla 8 pero se retienen en malla 20 son 20% efectivos ya que reaccionan muy lentamente. Los que pasan la malla 20 pero se retienen en la 60 son 60% efectivos y pueden reaccionar en un período de 10-18 meses. Por último, todos los materiales que pasan completamente malla 60 tienen 100% de efectividad y reaccionan entre 3 y 6 meses. Cuando pasa por una malla 80 es demasiado fina, pero puede reaccionar en 1-3 meses como lo indica Espinosa et al., (2008). Las aperturas de las diferentes mallas se encuentran en la Tabla 7.

Tabla 7

Apertura de mallas presentes en enmiendas, correctivos y alcalinizantes.

MESH	APERTURE (mm)	MESH	APERTURE (mm)	MESH	APERTURE (mm)	MESH	APERTURE (mm)
6目	3.2	35目	0.5	160目	0.097	360目	0.04
8目	2.5	40目	0.45	180目	0.088	400目	0.0385
10目	2.0	50目	0.355	190目	0.08	500目	0.03
12目	1.6	60目	0.3	200目	0.075	600目	0.025
14目	1.43	70目	0.212	220目	0.071	800目	0.02
16目	1.25	80目	0.2	250目	0.063	1000目	0.015
18目	1.00	100目	0.15	260目	0.06	1500目	0.01
20目	0.9	120目	0.125	300目	0.054		
24目	0.85	140目	0.105	320目	0.048		
30目	0.6	150目	0.1	325目	0.045		

Fuente: Espinosa y Molina (2008).

2.4.4 Carbonato de calcio

El efecto final de las reacciones de la cal reduce la acidez del suelo (incrementa el pH) al convertir el exceso de H^+ en H_2O . El efecto del encalado va más allá de estas reacciones. El incremento de pH permite la precipitación del Al^{3+} como $Al(OH)^3$, que es un compuesto insoluble, eliminando de esta forma el efecto tóxico, siendo como dosis recomendada un 151,8 kg/ha para su mejor producción. El cálculo de los requerimientos de calcio de una vaca de cría se hace por el método factorial, determinando las cantidades del elemento que se tienen en: el ternero al nacer; en la leche que produce la vaca; en las pérdidas inevitables por heces y orina, que constituyen las necesidades de mantenimiento; y las cantidades que se depositan cuando hay aumento de peso (Espinosa y Molina, 2008).

2.4.5 Sulfato de calcio

Sulfato de calcio o yeso agrícola es una enmienda que se utiliza en suelos ácidos. En realidad, no cambia la acidez del suelo directamente a tal punto que las aplicaciones de suelo prácticamente no cambian el pH. Los beneficios de la aplicación en suelos ácidos se derivan de su efecto como mejorador del ambiente radicular, especialmente en la presencia de subsuelos fuertemente ácidos. El ion CO_3^{2-} se disipa como CO_2 en la zona de aplicación. De esta forma, tampoco el Ca^{2+} puede moverse a través del perfil. El Ca^{2+} tiene muchas funciones en la planta y por esta se necesitan niveles relativamente altos de este nutriente en el suelo para asegurar el crecimiento de las raíces (Espinosa y Molina, 2008).

2.4.6 Silicato de calcio

El nivel de silicio provoca cambios en la dinámica de otros elementos presentes en el suelo, especialmente en cultivos de alta demanda de este elemento, como gramíneas, leguminosas, y cucurbitáceas. Aumenta la disponibilidad del fósforo, actúa como neutralizante de la acidez del suelo, incrementa el pH e inactiva formas tóxicas de aluminio, hierro, manganeso y metales pesados presentes en el suelo, que pueden ser nocivos para la planta. La mayoría de los suelos contienen grandes cantidades de Si soluble con concentraciones en el rango de 3.5 a 40 mg de Si L⁻¹. Las concentraciones de esta magnitud son comunes en varios nutrientes inorgánicos como S, K, Ca y se encuentran en exceso en las concentraciones de fosfato en la solución del suelo, la aplicación recomendada va desde 300 a 800 kg de silicio elemental por hectárea (Quiroga, 2016).

2.4.7 Magnesio

Su capacidad de neutralizar la acidez es mucho más elevada que la de otros materiales, pero, por su poca solubilidad en agua, debe ser molido finamente para que controle adecuadamente la acidez del suelo. Es una fuente excelente de Mg en suelos ácidos que frecuentemente tienen también deficiencia de este nutriente tomando en cuenta una dosis recomendada de 0, 24, 48 y 96 kg ha⁻¹ año⁻¹ de Mg (Espinosa y Molina, 2008).

2.5 Suelos en Ecuador

El autor Espinoza (2003) señala que los suelos presentan propiedades físicas y químicas determinadas por la acción del clima sobre el material parental. Estas propiedades son las que determinan si una planta se puede establecer y producir eficientemente en un sitio determinado.

Desde el punto de vista agrícola, el horizonte A es el más importante porque es en esta zona del perfil del suelo donde las plantas desarrollan la mayor parte de sus raíces, es la zona más rica en nutrientes y aquí se concentra la mayor actividad biológica. Sin embargo, se deteriora fácilmente por acción del hombre a través de quemadas, erosión y mal manejo. Idealmente, un suelo en buenas condiciones debe tener en el horizonte A un 45% de material inorgánico, 5% de materia orgánica, 25% de agua y 25% de aire (Espinoza, 2003).

2.5.1 Suelos andisoles

Los suelos andisoles sufren un rejuvenecimiento frecuente y se enriquecen con los materiales nutricionales orgánicos. Son suelos con buena estructura, por lo tanto, con un buen drenaje tiene buena retención de humedad. Generalmente, si están cercanos a los volcanes, su textura es gruesa y si están alejados de ellos, la textura es más fina como limosa o franco limoso (SIGTIERRAS, 2017).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG (2017), determina que, aunque su mayor limitación es su gran capacidad para retener el fósforo de forma no biodisponible para la asimilación por las raíces de las plantas, el aprovechamiento en nuestro país ha sido para los pastos. En zonas altas, como las cimas frías de las cordilleras occidental y real, se encuentran cubiertos por vegetación arbustiva de altura o páramo. En Ecuador estos suelos abarcan una superficie de 3819796 ha, que representan el 19% del territorio nacional cartografiado. Se ubican en los relieves de la cordillera occidental y en los relieves del gran cono tabular de la llanura costera.

2.5.2 Propiedades del suelo

El autor Calvache (2010) menciona que las propiedades del suelo son importantes para la agricultura y el ambiente están en la densidad aparente, la densidad real, la textura, la estructura, la porosidad y dentro de los procesos de transporte que se verifican en el suelo son de gran interés para la agricultura el movimiento del agua, la renovación constante del aire, el movimiento de solutos y la transmisión de calor.

2.5.2.1 Propiedades físicas

El suelo es un cuerpo poroso que mezcla partículas orgánicas e inorgánicas en mayor o menor grado y desintegración, agua y aire en proporciones variables, la interacción de estos componentes le dan características de textura, estructura, consistencia, porosidad, drenaje y profundidad. Tomando en cuenta que el suelo se clasifica en 45% de minerales 25% de agua 25% de aire y 5% de humus. A continuación, se detalla las siguientes características (Espinoza, et al., 2018):

- Textura: es la que determina la proporción en la que se encuentran las partículas minerales de diversos tamaños que hay presentes en el suelo.
- Estructura: es la forma en la que las partículas del suelo se unen para formar agregados.
- Densidad: influye en la distribución de la vegetación. Suelos más densos son capaces de sustentar más cantidad de vegetación.
- Temperatura: también influye en la distribución de la vegetación, sobre todo en altitud.
- Color: depende de sus componentes y varía con la cantidad de humedad presente en el suelo.

2.5.2.2. Propiedades Químicas

Las propiedades químicas son observables o distinguibles cuando existe un cambio en la composición original transformándose en otra diferente. Este cambio, llamado cambio químico, provoca la modificación de los enlaces químicos al estar en contacto con otras sustancias reaccionantes, como se menciona Calvache, (2016) a continuación:

- Capacidad de intercambio: Se trata de la capacidad que tiene el suelo de poder intercambiar arcilla y humus, cediendo nutrientes a las plantas por medio de la captación de partículas minerales.
- Fertilidad: Es la cantidad de nutrientes que están disponibles para las plantas.
- pH: la acidez, la neutralidad o alcalinidad del suelo.

2.5.3 Aluminio Intercambiable

Es reconocido ampliamente que uno de los principales factores en el desarrollo de la acidez del suelo es la presencia de aluminio (Al^{3+}) en la solución del suelo. Los iones Al^{3+} desplazados de los minerales arcillosos por otros cationes se hidrolizan (reaccionan con una molécula de agua) para formar complejos monoméricos y poliméricos hidroxialumínicos. Las reacciones de hidrólisis del Al^{3+} son similares a la reacción de un ácido fuerte como el ácido acético que libera iones H^+ (Espinosa y Molina, 2008).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Ubicación política y geográfica

La investigación se la llevo a cabo en la Provincia del Carchi, Cantón Bolívar, Parroquia Bolívar, Barrio San Vicente de Paúl, el ensayo estuvo situado a una altura de 2550 m s.n.m. al norte de Ecuador, presenta un clima frío y húmedo. La fase de campo estuvo enfocada en la producción de pasto ya que en el sector Bolívar se dedica a la producción agrícola y ganadera. Sus coordenadas geográficas son 00° 30' 26" latitud norte y 77° 51' 45" de latitud oeste.

3.1.2 Características edafoclimáticas

En la Tabla 8 se muestra las características edafoclimáticas que conforma la Parroquia Bolívar en donde estuvo localizado el experimento.

Tabla 8

Características edafoclimáticas

Factor	Parámetros
Precipitación	500 a 2000mm/anual
Temperatura	14 a 18 °C

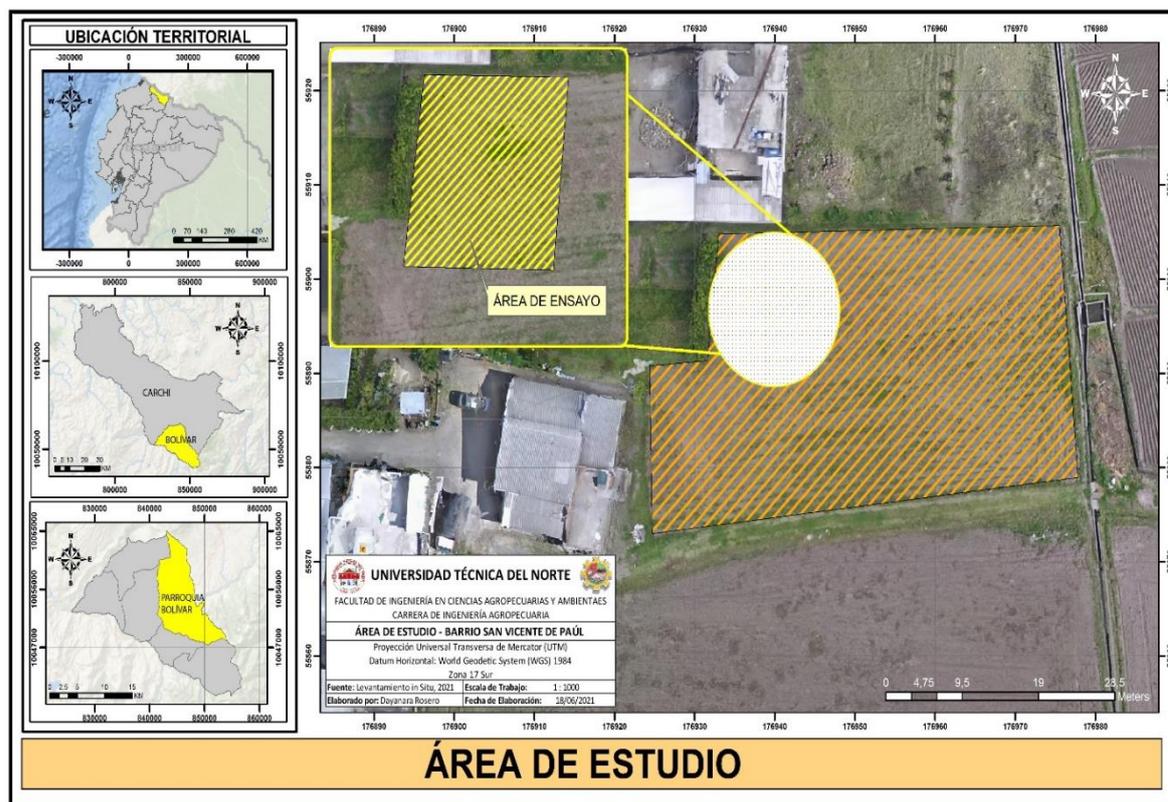
Fuente: GAD (2019)

3.1.3 Ubicación geográfica del área de estudio

El experimento en campo se lo realizó en la Parroquia Bolívar, Barrio San Vicente de Paúl, como se indica la Figura 3 que se muestra la respectiva simbología del sitio señalado.

Figura 3.

Ubicación geográfica del área de estudio.



3.2 Materiales

En la fase de campo se utilizaron materiales, equipos, insumos y herramientas como lo indica la tabla 9 ya que son de suma importancia para realizar todos los procesos correspondientes del experimento realizado en campo por eso es indispensable contar con la siguiente lista.

Tabla 9*Materiales, equipos, insumos y herramientas*

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
-Estacas	-Maquinaria	- Ray grass anual (<i>Lolium</i>	-Azadón
-Piola	-Balanza	<i>multiflorum</i>)	-Rastrillos
-Nivel	-Horno	-Enmienda de malla 40	-Palas
-Cuadrante	-Computadora	-Enmienda de malla 100	-Hoces
-Fundas de recolección de muestras	-Calculadora	-Enmienda de malla 200	
-Libreta de campo	-Cámara		

Nota. La malla hace referencia a la granulometría.

3.3 Métodos

3.3.1 Factores en estudio

Para la elaboración de la fase de campo se tomó en cuenta dos factores que se detalla a continuación:

3.3.1.1. Factor 1

Granulometría

- Gruesa malla mesh 40 (0.45 mm)
- Media malla mesh 100 (0.15 mm)
- Fina malla mesh 200 (0.075 mm)
- Testigo

3.3.1.2. Factor 2

Tiempo de Corte

- 50 días = Primer Corte
- 71 días = Segundo Corte
- 92 días = Tercer Corte

3.3.2 Tratamientos

La Tabla 10 muestra el factor de granulometría: Gruesa malla mesh 40 (0.45 mm), Media malla mesh 100 (0.15 mm) y Fina malla mesh 200 (0.075 mm), relacionado con el factor de tiempo que se realizó a los 50 Días primer corte, 71 Días segundo corte y 92 Días tercer corte con relación del pasto de Ray grass anual (*Lolium multiflorum*).

Tabla 10

Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Descripción	Código
T1	Gruesa+ Primer Corte	GP
T2	Gruesa+ Segundo Corte	GS
T3	Gruesa+ Tercer Corte	GT
T4	Media+ Primer Corte	MP
T5	Media+ Segundo Corte	MS
T6	Media+ Tercer Corte	MT
T7	Fina + Primer Corte	FP
T8	Fina + Segundo Corte	FS
T9	Fina + Tercer Corte	FT
T10	Testigo + Primer Corte	TP
T11	Testigo+ Segundo Corte	TS
T12	Testigo + Tercer Corte	TT

3.3.3 Diseño experimental

En la Figura 4 enseña el diseño experimental fue en Bloques completos al Azar con medidas repetidas (DBCA), cubriendo un área total de 323 m² de todo el experimento.

3.3.5 Análisis estadístico

Para hacer los respectivos análisis estadísticos, se realizó un esquema en donde las filas simbolizan las muestras tomadas y las columnas representan cortes, bloques, tratamiento, # plantas y unidades para cada una de las variables. Se utilizó software InfosStat versión año 2020 en donde se analizó los datos paramétricos logrando realizar el análisis de varianza (ADEVA) como se muestra en la tabla 11, para las variables agronómicas: desarrollo de la planta, desarrollo de la raíz, peso de la raíz, macollamiento, de la misma manera las variables de cosecha: índice de área foliar, materia verde y materia seca, de las anteriores variables mencionadas también se realizó las pruebas de medias, utilizando el análisis *LSD Fisher* al 5%. En cuanto para las variables de contenido nutricional del suelo y contenido nutricional de la planta se elaboró tablas comparativas.

Tabla 11

Análisis de varianza (ADEVA)

Fuentes de variación	GL
Bloque	2
Granulometría	2
Tiempo	2
Granulometría x tiempo	4
Error	18
Total	35

3.4 Variables agronómicas evaluadas

3.4.1 Altura de la planta

Con la ayuda de una pala se procedió sacar una muestra de 5 plantas de cada tratamiento con una profundidad de 20 cm, luego se las llevó a lavandería para enjuagar las plantas cuidadosamente. Una vez tomado las muestras para el desarrollo radicular, se procedió hacer medir la longitud con la ayuda de una cinta métrica como lo indica en la figura 5, el mismo proceso se realizó para todos los tratamientos en estudio y para los tres diferentes cortes.

Figura 5

Altura de la planta

**3.4.2 Desarrollo radicular**

Las mismas muestras que se utilizó anteriormente se utilizan en esta variable se obtuvo las plantas cuidadosamente para evitar daños en la raíz principal, secundaria o en los pelos absorbentes, cada una de las muestras estaban con su respectivo tratamiento (gruesa, media, fina y testigo). A continuación, fueron llevadas a una lavandería para lavar con cuidado, se las colocó en una mesa y cada muestra se las ubicó en papel absorbente, después de un momento se midió con la ayuda de una cinta métrica el desarrollo radicular de la planta como enseña la figura 6.

Figura 6

Desarrollo radicular



3.4.3 Peso radicular

Con la ayuda de una tijera se procedió a cortar la raíz cuidadosamente para tomar el peso (gr), como se indica en la figura 7 así mismo con la ayuda de una balanza se evaluó para cada una de las muestras tomadas anteriormente esta variable se realizó en los tres cortes.

Figura 7

Peso radicular



3.4.4 Macollamiento

Para evaluar esta variable, se utilizó una bandera naranja pequeña de 30 cm, como muestra la figura 8 y se las ubico al azar de cada unidad experimental, en donde se tomó en cuenta un promedio de 5 plantas de cada tratamiento y procedió a contar el número de macollos por planta esto se realizó para cada una de las parcelas.

Figura 8

Macollamiento



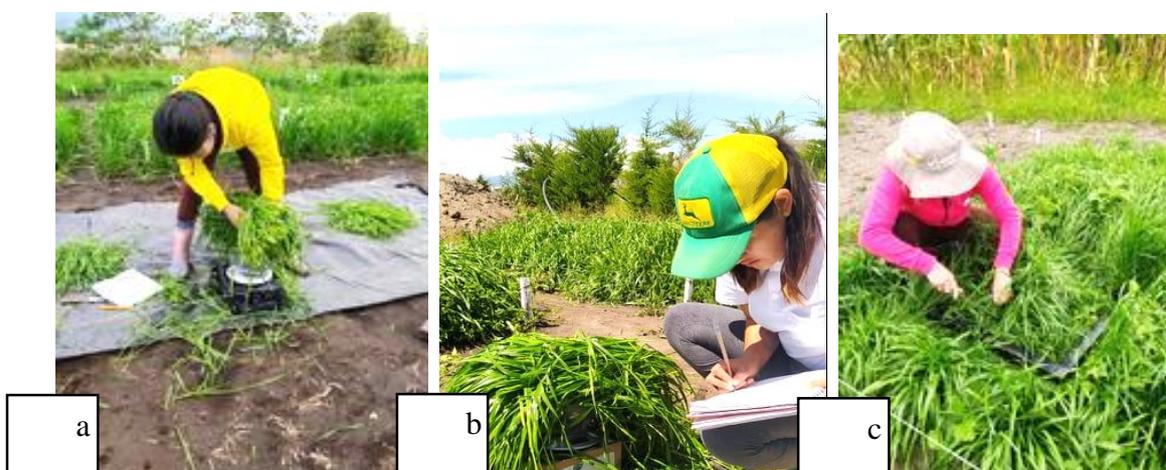
3.5 Variables de cosecha evaluadas

3.5.1 Producción de materia verde

Cuando ya estuvieron las tres hojas principales de la gramínea se realizó los cortes, como lo indica la figura 9, con la ayuda de una hoz se procedió cortar (0.5 x 0.5 m) 0,25m² al azar, se valoró y se registró el peso en kilogramos de materia verde (kg) de cada uno de los tratamientos.

Figura 9

a) Primer corte de materia verde b) segundo corte y c) tercer corte



Las 12 muestras seccionadas para el primer, segundo y tercer corte con los cuadrantes de cada una de las parcelas (una muestra por tratamiento y repetición) fueron colocadas en fundas transparentes y etiquetadas con el número de la parcela y el corte al que pertenece. Luego se procedió a pesar cada muestra aplicándose posteriormente la Ecuación 1 para calcular la disponibilidad de forraje por hectárea:

$$PMV \frac{t}{ha} = PMV \frac{kg}{m^2} \times 10000 \quad \text{Ecu. (1)}$$

Donde:

$PMV \frac{t}{ha}$ = Peso de materia fresca o verde en toneladas por hectárea

$PMV \frac{kg}{m^2}$ = Peso de materia fresca en kilogramos por metro cuadrado.

3.5.2 Producción de materia seca

Para la determinación de materia seca, se procedió a tomar una submuestra de 0.45 kg en peso por cada muestra tomada en materia verde. Con la ayuda de una balanza se pesó y se las colocó en las bolsas de papel con sus respectivos números de muestra, parcela y corte al cual pertenecen como muestra la figura 10. Las muestras fueron colocadas en estufa con ventilación forzada y sometidas a una temperatura de 65 °C por 72 horas (Cordero et al., 2018).

Figura 10

Producción de materia seca



Transcurrido este tiempo se sacaron las bolsas del horno y se realizó un segundo pesaje, obteniendo así los porcentajes de materia seca del pasto.

$$MS\% = \frac{MS}{MV} \times 100$$

Ecu. (2)

Donde:

MS% = Contenido de materia seca %

MS = Materia seca (kg)

MV = Materia verde (kg)

Producción de materia seca por hectárea

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$PMSm^2 \times 10000$$

Ecu. (3)

Donde:

PMS = Peso materia seca (kg ha)

3.5.3 Índice de Área foliar

Para la variable área foliar se determinó el tiempo del corte es decir cuando la canopia alcance 20 cm, de cada una de las unidades experimentales con la utilización de un cuadrante 25cm² (5x5cm) se tomó 2 punto al azar de cada parcela cubriendo 50 cm² de muestras de cada unidad experimental, en donde se procedió a colocar las hojas similares es decir del mismo tamaño y del mismo grosor como indica la figura 11 posteriormente con la ayuda de una aplicación llamada PETIOLE se midió el índice de área foliar por m².

Figura 11

Índice de Área foliar a) Organización de hojas del mismo tamaño y grosor b) Medición



El IAF se explica por superficie de las hojas y la superficie del suelo en m², así mismo se expresa en la densidad de hojas de una pastura (León, 2018).

$$IAF = \frac{\text{Área foliar (m}^2 \text{ de hoja)}}{\text{Área de suelo (m}^2 \text{ de suelo)}}$$

Ecu. (4)

3.5.4 Contenido de nutrientes en Ray grass anual

Se realizó la toma de muestra, en el primer corte y tercer corte cuando la ballica perenne obtuvo un intervalo de desarrollo de 2 a 3 hojas vivas por macollo, se procedió coger muestras de 0,50 kg, luego se colocaron las muestras en una funda plástica con su correcta etiqueta y se enviaron a un laboratorio para determinar el porcentaje de nutrientes en las plantas influenciado por las diferentes granulometrías de enmienda incorporada.

Como dicen Ciampitti y García (2017) los requerimientos de extracción total de macronutrientes y nutrientes secundarios en los órganos cosechables de los cultivos clasificados como forrajeros se presentan en la siguiente Tabla 12. Son cultivos forrajeros en donde muestran la cantidad de nutrientes total extraído expresado en kg de nutrientes por tonelada de órgano cosechable.

Tabla 12

Requerimientos de extracción de nutrientes.

Cultivo	Nombre científico	Órgano cosechable	Extracción (Kg/Ton)						Fuente
			N	P	K	Ca	Mg	S	
Ray grass	Lolium sp.	Forraje	25.0	2.7	18.5	4.9	3.6	2.5	4, 5 y 11
Trébol blanco	Trifolium repens	Forraje	30.0	3.3	20.0	-	-	3.0	5 y 6
Llantén	Plantago major	Forraje	13.6	2.4	17.3		1.6	2.3	9
Alfalfa	Medicago sativa	Forraje	27.0	2.8	21.0	12.0	2.8	3.8	4, 5 y 9
Vicia	Vicia sativa	Forraje	25.9	3.0	18.5	-	-	-	9
Trébol rojo	Trifolium pratense	Forraje	21.0	2.8	21.0	12.0	2.8	3.8	4, 5 y 9

Fuente: Ciampitti y García (2017).

Además, se deberá disponer de información sobre absorción y extracción de nutrientes del Ray grass anual que es esencial para la planificación del esquema de fertilización y la toma de decisiones en este pasto. En la producción de forrajes, el objetivo principal es lograr la máxima cantidad de biomasa aérea total por unidad de superficie, teniendo en cuenta la calidad, estacionalidad y accesibilidad de la biomasa producida.

Los análisis bromatológicos se los realizaron después del primer corte y del tercer corte, se obtuvo una muestra de cada uno de los tratamientos de la malla gruesa, media, fina y testigo, dando un total de 4 muestras por cada corte. Con respecto a los costos fueron cubiertos por la empresa “La Colina”. En la figura 12 se puede ver las muestras para los respectivos análisis.

Figura 12

Análisis de contenido de nutrientes a) Muestras de un tratamiento b) Empacado de pasto



3.5.5 Contenido de nutrientes disponibles en el suelo

Se realizó un análisis de suelo previo para determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo, así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a los cultivos, tales como la acidez excesiva, la salinidad, intercambio catiónico y propiedades químicas. De acuerdo con los resultados del laboratorio se adherido una fertilización para todas las unidades experimentales.

$$\text{Suelo} + \text{Fertilizantes} = \text{Total de nutrientes}$$

Ecu. (5)

En el segundo análisis de suelo se lo estableció cuando ya se finalizó el tercer corte en donde se realizó análisis de las tres granulometrías más el testigo, como revela la figura 13 en donde se determinó los niveles de extracción de nutrientes es decir cuánto extrajo el cultivo y cuanto contenido de nutrientes están presentes en el suelo y así se comprobó cuánto extrae la planta.

Figura 13

Análisis de suelo



3.5.6 Análisis beneficio/ costo

Al finalizar los tres cortes del Ray grass, se calcularon los costos de producción de cada granulometría. Como menciona Díaz (2017) que el cálculo de Beneficio/Costo, se basa en la relación entre el valor actual de las entradas de efectivo futuras y el valor actual del desembolso original como lo demuestra la fórmula.

$$\frac{B}{C} = \frac{VI(\text{Valor actual de entradas})}{VO(\text{Valor actual de salidas})} \quad \text{Ecu. (6)}$$

El análisis económico se lo cálculo para cada tratamiento, tomando en cuenta los costos fijos y los costos de producción en donde da como resultado el beneficio/ costo de cada granulometría.

3.6 Manejo del experimento

3.6.1 Elección de terreno

Se seleccionó el terreno que tenga disponibilidad de agua todo el año, para poder realizar los riegos oportunos y necesarios para tener buena producción de pastos. El terreno conto con cerco perimétrico para evitar que los animales dañen el cultivo, como también para evitar la presencia de charcos de agua porque son focos infecciosos, e inciden la presencia de parásitos y enfermedades.

3.6.2 Análisis de suelo

Se realizó 8 días antes de la aplicación de la enmienda y en donde se ejecutó hacer un croquis indicando la posición del diseño experimental, luego se tomó 6 submuestras de suelo al azar, con la ayuda de una pala, en donde se hizo un agujero en el suelo de 0.10 m de profundidad como lo indica la figura 14, una vez recolectadas, se las mezcló en un recipiente hasta dejar el suelo homogéneo, luego se recogió un kg de peso se la empacó en una funda plástica con sus respectivos etiquetados y se enviaron al laboratorio para determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo, así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a los cultivos, tales como la acidez excesiva, la salinidad, intercambio catiónico y propiedades químicas del suelo.

Figura 14

Análisis de suelo del área de estudio



3.6.3 Preparación del suelo

La preparación del suelo se hizo para garantizar a la planta las condiciones del suelo y así obtener los mejores rendimientos en producción forrajera. Primero se dio un riego para suavizar el suelo, luego una arada con el fin de romper, aflojar y voltear el suelo para enterrar huevos y larvas de parásitos, malezas y rastrojos, con lo cual se controla plagas, enfermedades. Luego se hizo una rastrada como releva la figura 15 se lo realizó con el fin de desmenuzar el suelo, rompiendo los terrones y evitando los espacios vacíos en los que no pueden germinar la semilla, y para completar la destrucción de parásitos, malezas y rastrojos. El suelo quedó bien desmenuzado y homogéneo para no tener problemas de encharcamientos y así tener un buen drenaje.

Figura 15

a) Arada. b) Rastrada.



3.6.4 Delimitación de las parcelas

Con la ayuda de piolas y estacas se realizó una señalización de las 12 unidades experimentales, cuyas dimensiones serán de $(9\text{ m})^2$ que están constituidas por 3 m de ancho y 3 m de largo con un distanciamiento entre cama-cama de 1 m dentro del bloque y de bloque a bloque 2 m, en la figura 16 enseña la delimitación de parcelas. Se utilizó un cereal para delimitar y evitar problemas, se lo sembró en la parte intermedia de las camas.

Figura 16

Delimitación de parcelas



3.6.5 Pruebas de germinación

Se ejecutó la compra del Ray grass anual (*Lolium multiflorum*). En la figura 17 se ubicó 100 semillas de esta especie forrajera en una bandeja plástica, cubierta con toallas de papel humedecido y se evaluara el porcentaje de germinación a los días 7-10-15.

Figura 17

Pruebas de germinación



Con los datos recolectados posteriormente se aplicó la siguiente ecuación 7 (Vargas, 2011):

$$\%G = \frac{NSG}{NTS} \times 100 \quad \boxed{\text{Ecu. (7)}}$$

Donde:

%G= Porcentaje de germinación (%)

NSG= Número de semillas germinadas

NTS= Número total de semillas

$$\%G = \frac{92}{100} \times 100 = 92\%$$

El porcentaje de la semilla de Ray grass anual, al día 7 presentó un 48%, al día 10 un 76% y al día 15 un 92% esto me demuestra que si está dentro del rango de germinación de pastos.

3.6.6 Aplicación de enmienda

Se aplicó de una manera manual en cada una de las unidades experimentales con sus respectivas granulometrías de Gruesa malla mesh 40 (0.45 mm), Media malla mesh 100 (0.15 mm) y Fina malla mesh 200 (0.075 mm) de una forma aleatoria. El suelo tiene que estar humedecido previo para la aplicación y la enmienda fue incorporada 15 días antes de sembrar. En la figura 18 se centra el proceso de la aplicación de la enmienda.

Figura 18

Aplicación de enmienda



La dosis se determinó de acuerdo a el análisis de suelo, se calculó para cada una de las unidades experimentales que tienen una medida de 9 m², y por cada surco esto se realizó para cada una de las granulometrías, con la ayuda de una balanza se pesó las cantidades indicadas para cada tratamiento y se lo aplico con la ayuda de un balde se utilizó para aplicar la enmienda en el suelo uniformemente en cada surco, dependiendo de cada uno de los tratamientos relacionados con las tres mallas. Las dosis se detallan en la figura 19.

Figura 19

Dosis de enmienda mineral.

DOSIS		Resultado	Enmiendas	Producto	Nutrientes aplicados (C/A)			
# SACOS	Pres, Kg				Por Aplicar (kg/ha/año)	Dosis (Lb) 9m ²	Ca	S
113	25	2825	Corrector M200	1.40	0.60	0.20	0.06	0.01
108	25	2700	Corrector M100	1.34	0.57	0.19	0.05	0.01
95	25	2375	Corrector M40	1.14	0.49	0.16	0.05	0.01

3.6.7 Siembra de pasto

La siembra de Ray grass anual (*Lolium multiflorum*), con la ayuda de una balanza se procedió a pesar en donde se calculó el % de semillas para todo el experimento y luego se sacó el cálculo por tratamiento y por hilera, se lo aplico con la ayuda de un balde, se ubicó cada sobre de cada hilera, se expandió de manera uniforme en el suelo es decir en cada hilera para todos los tratamientos. Se sembró en una distancia entre hilera–hilera de 30 cm cubriendo 15 cm para la siembra y 15 cm para espacio como se puede visualizar en la figura 20.

Figura 20

Siembra de pasto



Los agricultores ganaderos realizan la siembra de mezclas forrajeras al boleto, en este estudio la siembra se lo realizo en hileras, para tener más exactitud en los datos analizar, porque si lo realizaría al voleo se van a presentar problemas de crecimiento irregular porque en partes no va a ver plantas y en otras partes va a ver exceso de plantas, esto se debe al porcentaje de semillas que se va a expandir en el terreno. De acuerdo Velazco (2016) indica que la siembra por hileras da un buen resultado porque tiene un mejor efecto de agua de lluvias en los primeros días de su desarrollo, la altura disminuye el riesgo de exposición de hongos y malezas también se optimiza el uso de fertilizantes, sin embargo, se evita la aporca como también se ahorra un 35% de agua.

Según León et al, (2018) dice que por semilla botánica, al voleo 45-60-75 kg/ha según la cantidad de materia seca que se quiera obtener. Según Demanet (2013) la dosis de semilla es 30 kg/ha en ballicas diploides y 35 kg/ha en ballicas tetraploides en siembras de cero labranzas. En establecimiento convencional con preparación de suelos, la dosis se reduce a 25 kg/ha en diploides y 30 kg/ha en tetraploides. En la tabla 13 se detalla la cantidad de semilla utilizada en el experimento.

Tabla 13

Cantidad de semillas

Semilla	Kilogramos	Gramos	
	Ha	9m ²	Hilera
Ray Grass annual	35	31,5	3,15
TOTAL		378	378

En todo el experimento planteado se utilizó un total de 378 gramos de semilla en cada unidad experimental que está conformada por 9m² se puso 31,5 gramos, como también en cada hilera se colocó 3,15 gramos. La siembra se lo realizó a una profundidad de 1.0 a 1.5 centímetros se lo sembró a mano regando por todo el surco, en donde se va a procedió tapar con la ayuda de un rastrillo para homogeneizar la tierra y cubrir bien cada una de las hileras.

3.6.8 Fertilización

Se realizó un análisis de suelo para mirar el porcentaje de nutrientes en el suelo, de acuerdo con eso se aplicó una fórmula de fertilizante como lo indica en la tabla 14, con el propósito de cubrir todas las necesidades del suelo.

Tabla 14*Contenido de fertilizante*

Nutriente	Porcentaje (%)
Nitrógeno (N)	21
Fósforo (P ₂ O ₅)	18
Potasio (K ₂ O)	6
Calcio (CaO)	2
Magnesio (MgO)	1
Azufre (S)	1
Silicio (Si)	1
Boro (B)	1
Zinc (Zn)	0,01
Manganesio (Mn)	0,01

Se fertilizo de acuerdo a las recomendaciones del laboratorio para determinar el grado de suficiencia o deficiencia de nutrientes presentes en el suelo como indica en la figura 21.

Figura 21

Análisis del suelo con relación a la fertilización.

ANÁLISIS DE SUELO				
Nutrientes		mg/kg		
		Niveles Óptimos	Resultado	Diferencia
Macronutrientes	N	40	11.5	28.5
	P	27.5	75	-47.5
	K	187.5	220	-32.5
	Mg	67.5	117	-49.5
	Ca	800	411	389
	S	15	7.8	7.2
Micronutrientes	Fe	35	76	-41
	Mn	12	30.5	-18.5
	Cu	3.1	3.3	-0.2
	Zn	6	4.1	1.9
	B	0.75	0.23	0.52

En base a la recomendación de fertilización en pastos es de 4 sacos (50kg) /ha en donde se calculó la dosis adecuada de fertilización (18g) para todas las unidades experimentales. Esto se calculó dependiendo de los resultados del análisis de suelo, como indica en la figura 22.

Figura 22

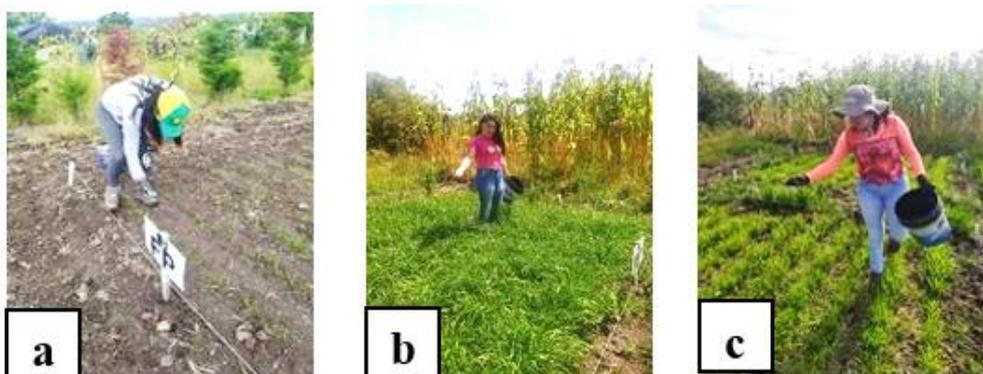
Dosis de fertilización.

DOSIS (Kg/ha/año)				
4 Sacos (50kg)	Nutrientes	Pres. 50Kg	Kg/Ha	Kg*9m2
	N	26464.29	105857.14	9.53
	Ca	818025.0	3272100	7.36
	S	14040.00	56160	5.05
	Zn	370500	1482000	3.33
	B	1015.00	4060	0.37

Posteriormente se complementó con la incorporación del fertilizante como se enseña en la figura 23 se lo realizó de manera fraccionada esto dependió de los resultados del análisis de suelo previo.

Figura 23

a) Primera fertilización. b) Segunda fertilización. c) Tercera fertilización.



3.6.9 Control de malezas

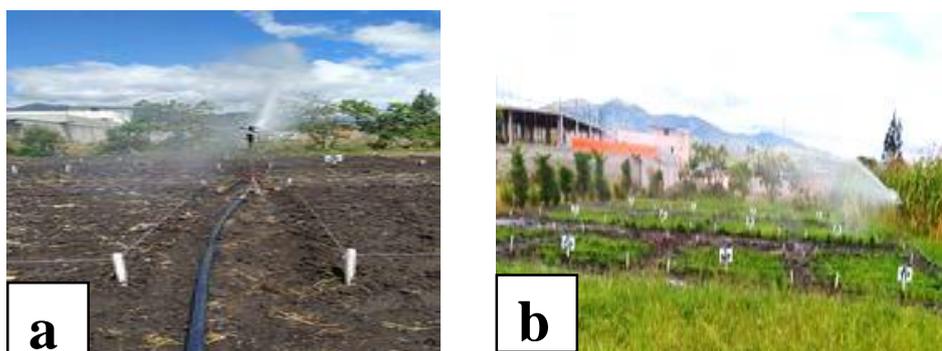
Se hizo un control de malezas de forma manual con la ayuda de herramientas de trabajo como por ejemplo azadón o pala, se lo realizaba en tiempo que era necesario para evitar cualquier tipo de problema en el crecimiento del Ray grass.

3.6.10 Riego

Se dieron los riegos oportunos con el fin de distribuir uniformemente el agua a las plantas, de tal manera que permita satisfacer sus necesidades, sin que produzcan daños y pérdidas económicas, se lo realizó mediante aspersores situados en medio de las parcelas, se lo realizaba por un lapso de 30 min aproximadamente tomando en cuenta la lámina de riego recomendadas para este tipo de forraje que es de 2 mm/día o 4mm/día considerando evapotranspiración del cultivo (ETc) como indica en la figura 24.

Figura 24

a) Riegos en después de la siembra b) Riegos en estado de crecimiento



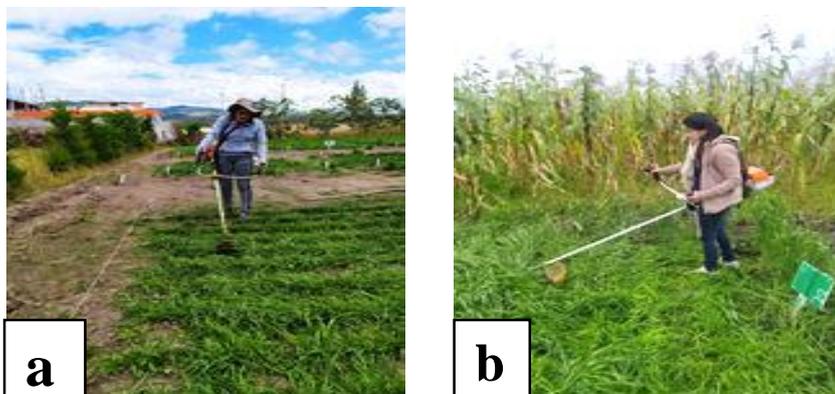
3.6.11 Cortes

Los cortes se los realizo cuando la gramínea tuvo una altura de 15 a 20 cm aproximadamente. En donde el primer corte se lo corto a los 50 días, el segundo a los 71 días y el tercero a los 92 días, estos días eran fijos, pero me base en el estado óptimo de floración es decir cuando las 2 a 3 hojas vivas por macollo, por ese motivo variaron los días de corte. Después de obtener las muestras de cada uno de los cortes, se procedió cortar con una motoguadaña como lo enseña la figura 25 en donde las 12 unidades experimentales dejando un residuo aproximado de 4-5 cm de una forma homogénea, para promover el macollamiento y así tener mayor confiabilidad de los datos en cada uno de los cortes. El

número de hojas vivas es otro criterio posible de utilizar como guía para el ingreso de los animales al pastoreo, para lo cual se contabiliza el número de hojas expandidas por macollo.

Figura 25

a) Primer corte b) segundo corte



Como expresa Toulber et al, (2007) que las praderas dominadas por ballica anual y presenta estrecha relación con el rendimiento de materia seca, calidad nutritiva y nivel de carbohidratos de reserva en la planta. Los resultados de las investigaciones realizadas en el extranjero indican que en la ballica anual tiene un intervalo entre pastoreos debería ser el desarrollo de 2 a 3 hojas vivas por macollo.

3.6.12 Análisis de suelo (2)

Después de todo el experimento se ejecutó otro análisis es decir después del tercer corte para ver el comportamiento de los tipos de granulometría evaluados por cada tratamiento (fina, media, gruesa y testigo) para valorar el comportamiento de salinidad, acidez excesiva e intercambio catiónico de suelo, comparado a el análisis general.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Altura de la planta

En la tabla 15 esta detallado los resultados del análisis de varianza para la variable altura de planta, mismos que muestran interacción entre los cortes del forraje con las distintas granulometrías utilizadas de la enmienda ($F = 25.76$; $gl = 6.166$; $p = <0.0001$). Además, se presentan diferencias estadísticas exclusivamente para granulometría y corte.

Tabla 15

Análisis de varianza para la variable altura de la planta.

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	de Grados de libertad Ex	Valor F	Valor p
Cortes	2	166	479.53	<0.0001
Granulometrías	3	166	186.6	<0.0001
Cortes: Granulometrías	6	166	25.76	<0.0001

El comportamiento del tratamiento con granulometría media fue el que se mantuvo con el mayor crecimiento a lo largo del estudio y lo contrario sucedió con el testigo, el cual tiene la dinámica del crecimiento más bajo del estudio como se indica en la tabla 16.

Tabla 16

Prueba de medias de la variable altura de planta con relación a cortes y granulometrías

Variable	Cortes	Media	Malla	Media		
Altura de la planta	3	67.34	A	media	63.78	A
	2	54.47	B	fina	58.02	B
	1	44.1	C	gruesa	55.49	C
				testigo	43.93	D

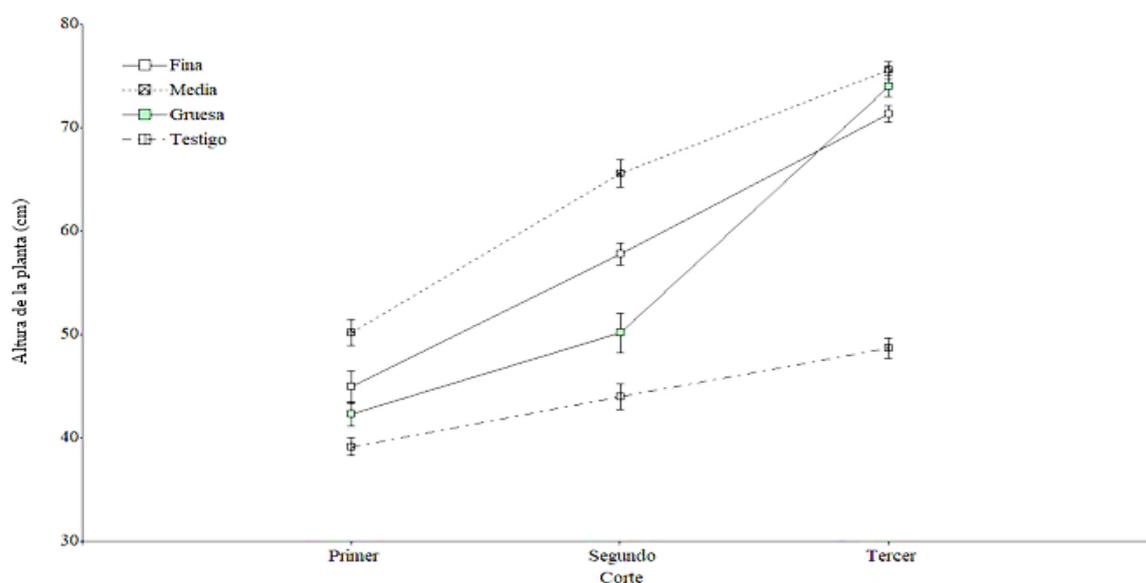
Nota: medias con una letra diferente son significativamente.

En la figura 26 se puede observar los resultados de la variable altura de la planta en donde es necesario destacar el comportamiento con tendencia a incrementar el desarrollo vegetal según transcurren los cortes; el rango de altura para los tres tratamientos y el testigo estuvo entre 40 y 50 cm aproximadamente. La malla media con relación al testigo presenta una

diferencia de 11 cm representando un 22%. En el segundo corte el rango del crecimiento se mantiene en un intervalo de 44 y 67 cm, la granulometría media sigue siendo la más amplia, en donde existe una diferencia con respecto al testigo de 21.6 cm que representa un 32.9%. En el último corte, se evidenció un crecimiento que fluctúa entre 43 y 63 cm, en donde se puede observar que la malla gruesa y media obtienen un rango promedio de 75 cm, tomando en cuenta que la malla gruesa tuvo un incremento del segundo al tercer corte de 35%. En consecuencia, la malla media comparada con el testigo tiene diferencia 26.86 cm, este valor representa el 35.56%, siendo esta granulometría que muestra el crecimiento y altura del forraje en valores óptimos con relación a los tres cortes.

Figura 26

Altura de la planta con relación a granulometría y cortes



Además, un estudio realizado por Garbanzo et al., (2016) hacen referencia que la aplicación de enmiendas incrementó la altura de las plantas, longitud de las raíces y el peso seco de la biomasa del maíz. El Surkal produjo mayor acumulación de materia seca aérea, sin embargo, con enmiendas líquidas de Cal 56 se determinó una mayor densidad longitudinal de raíces. Se concluye que las cales en presentación líquida pueden disminuir la acidez del suelo de manera rápida con un efecto residual superior a los 61 días, siendo una alternativa potencial para etapas fenológicas críticas bajo condiciones de invernadero.

Calva, (2016) manifiesta que en un análisis de enmienda todos los tratamientos de enmiendas superaron al testigo con la variable de índice de grosor del tallo. Demostrando que los mejores tratamientos fueron enmiendas líquidas de Cal con la dosis más alta y carbonato de calcio en polvo, con ambas dosis 1,0 y 0,5 L. También Garbanzo et al., (2016) menciona que se obtuvo una neutralización rápida de la acidez del suelo y el suministro de Ca favoreciendo el crecimiento de las plantas, incrementado el grosor del tallo en plantas jóvenes, además los resultados mostraron concordancia con la curva de reactividad de las enmiendas, lo que explicaría el crecimiento en el diámetro de las plantas.

Los resultados concuerdan con Camacho et al., (2015) porque menciona que la rápida reacción de las enmiendas líquidas probablemente se debe a su alta fineza (malla 600 mesh), que causaría una reacción química casi inmediata en la acidez del suelo y desarrollo de la planta, al contrario, las enmiendas en polvo tradicionales reaccionan en un período de 3 a 6 meses después de ser aplicadas.

Ancín, (2011) en un estudio realizado en la producción de frejol, manifiesta que no existe una gran variabilidad entre tratamiento, porque para los tratamientos que contiene calcio han presentado unas vainas ligeramente más largas que los tratamientos que no lo contienen. Estas diferencias no son suficientes para afirmar que los tratamientos que llevan calcio contribuyan específicamente a la producción de vainas más largas.

Así mismo la altura de la planta es una característica agronómica de gran importancia en el crecimiento de la planta, esta depende de la acumulación de nutrientes en el tallo que se produce durante la fotosíntesis, que a su vez son transferidos a la raíz de la planta, dicha función puede verse afectada por la acción conjunta de cuatro factores fundamentales, los cuales son: luz, calor, humedad y nutrientes. Además de que esta variable puede verse influenciada por el tipo de suelo y el manejo agronómico (Muñoz, 2016).

4.2 Crecimiento de raíz

En la tabla 17, se muestran los resultados obtenidos para la variable desarrollo de raíz, en donde se evidencia que no existe interacción entre granulometría y cortes ($F = 1.15$; $gl = 6.166$; $p = 0.337$) sin embargo, de forma individual para granulometría se presenta diferencias estadísticas ($F = 28.67$; $gl = 3.166$; $p = <0.0001$). De igual forma existe diferencias

estadísticas para cortes ($F = 98.15$; $gl = 2.166$; $p = <0.0001$) independiente de la granulometría.

Tabla 17

ADEVA para la variedad de crecimiento de raíz con relación a granulometrías

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad Ex	Valor F	Valor p
Cortes	2	166	98.15	<0.0001
Granulometrías	3	166	28.67	<0.0001
Cortes:				
Granulometrías	6	166	1.15	0.337

La variable de crecimiento de la raíz, con relación a los cortes se muestra en la tabla 18 en donde es necesario recalcar que existe un incremento de manera ascendente para las tres cosechas.

Tabla 18

Prueba de medias de la variable crecimiento de raíz con relación a cortes

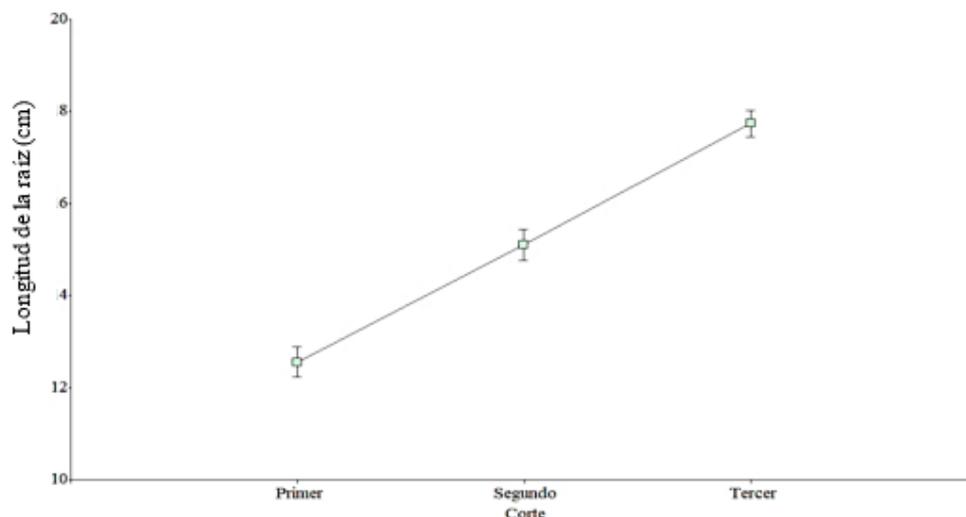
Variable	Cortes	Media	
Crecimiento de la raíz	3	17.73	A
	2	15.15	B
	1	12.51	C

Nota: medias con una letra diferente son significativamente.

En la figura 27 se muestra el detalle de los cortes para el primer y segundo corte hay un intervalo de crecimiento entre 13 y 15 cm presentando 14.88% de diferencia, para el segundo y tercer corte se muestra una longitud de raíz desde 15 a 18 cm, representando un de diferencia 29.1%. Siendo esta una variable con gran importancia ya que cumple con la función de dar soporte a la planta, la absorción de agua y captación de nutrientes.

Figura 27

Longitud de la raíz con relación a cortes



La tabla 19 representa el desarrollo radicular con relación a las granulometrías de la enmienda utilizada, se presentaron intervalos desde 14.9 cm a 16.8 cm, siendo la granulometría media la más significativa en donde presenta una diferencia de 3.8 cm representando un 22.5 % con relación al testigo.

Tabla 19

Prueba de medias para la variable desarrollo de raíz con relación a granulometrías

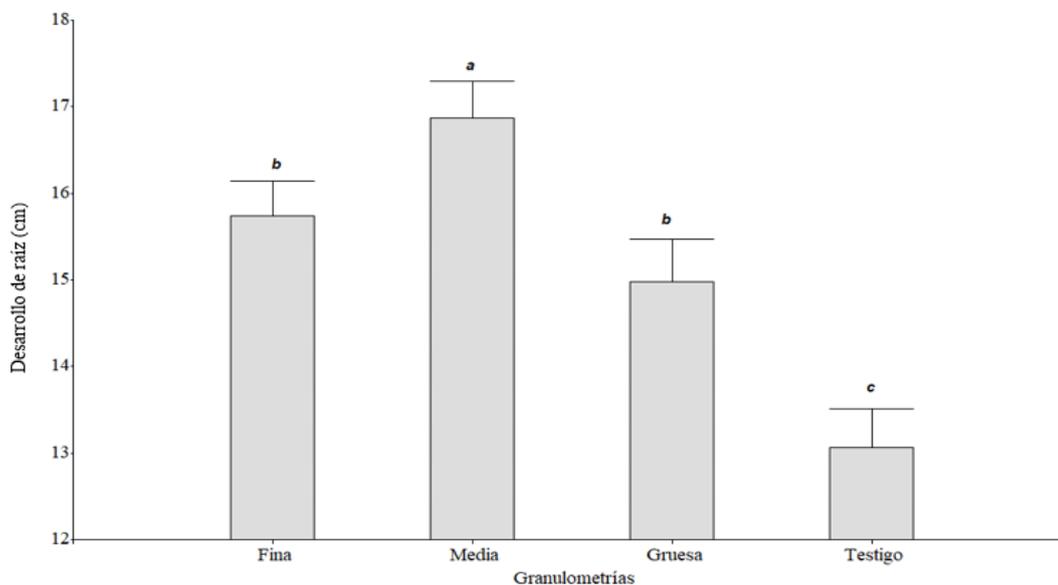
Variable	Malla	Media	
Crecimiento de raíz	media	16.87	A
	fina	15.69	B
	gruesa	14.98	B
	testigo	13	C

Nota: medias con una letra diferente son significativamente, letras iguales no existe diferencias.

Se puede evidenciar que en la figura 28, la malla fina y gruesa conservan el mismo rango de longitud de raíz con un promedio de 15.35 cm. Si bien es cierto existe una discrepancia para cada granulometría ya que la malla media posee mayor longitud de raíz, esto es razonable ya que en estos tipos de suelos la raíz de la planta puede desarrollarse de mejor manera, mientras que el tamaño de raíz de las mallas fina, gruesa y testigo poseen una longitud de raíz menor debido apelmazamiento del suelo.

Figura 28

Longitud de raíz con relación a granulometrías



La evaluación del efecto de enmiendas con mejores resultados se evidencia en el estudio de Gutiérrez y Rivera, (2015) dado que este aumenta la capacidad del suelo para conservar el agua, mejorar la textura, la aireación, y la porosidad de los suelos, además baja la erosión causada por las fuertes lluvias y el viento, aumenta el crecimiento de las plantas por los nutrientes que contiene, mejora la fijación de Nitrógeno, aumenta la cantidad de lombrices, insectos beneficiosos a los suelos y favorece el crecimiento de follaje y raíz.

Desde una perspectiva similar y en base a lo mencionado por Ochoa y Mendoza, (2015) la longitud y diámetro de raíz está influenciado por el medio ambiente ya que las mayores distancias entre planta y surco tienen un efecto positivo sobre la elongación de la raíz. Si bien es cierto, poseen mayor incidencia en la distribución radicular en suelos con granulometría media, que en suelos con granulometría gruesa. El sistema de raíces de los cultivos es fundamental para la vida de las plantas y cumple las funciones de: fijación de la planta al sustrato, absorción de agua, sustancias disueltas, transporte de agua y solutos a las partes aéreas y su crecimiento se asocia con la resistencia del suelo y tamaño de sus poros (Pire y Pereira, 2018).

Los tratamientos Surflow calcio 50 y 100 kg/ha obtuvieron el mayor desarrollo de las plantas de maíz y la mayor disminución de la acidez en la curva de reactividad de las

enmiendas. Sin embargo, las observaciones en invernadero mostraron que el crecimiento de las raíces se efectuó en los primeros 8 cm, lo que respalda la mala distribución de la cal en estos tratamientos (Garbanzo, 2016).

4.3 Peso de raíz

El análisis de varianza para peso de raíz se representa en la tabla 20, en donde se evidencia interacción entre cortes y granulometría ($F=3,06$; $gl = 6.166$; $p = 0.0072$), además para granulometrías existe diferencias significativas ($F = 11.3$; $gl = 3.166$; $p = <0.0001$). De igual manera para los cortes ($F = 111.28$; $gl = 3.166$; $p = <0.0001$).

Tabla 20

ADEVA para la variable peso de raíz.

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad Ex	Valor F	Valor p
Cortes	2	166	111.28	<0.0001
Granulometrías	3	166	11.3	<0.0001
Cortes Granulometrías:	6	166	3.06	0.0072

En la tabla 21, se muestra cómo influye el peso de la raíz respecto a la granulometría en los tres cortes.

Tabla 21

Prueba de medias de la variable peso de raíz con relación a cortes y granulometrías

Variable	Cortes	Media		Malla	Media	
Peso de raíz	3	5.82	A	media	4.07	A
	2	4.3	B	fina	3.94	A
	1	0.93	C	gruesa	3.55	B
				testigo	3.18	C

Nota: medias con una letra diferente son significativamente, letras iguales no existe diferencias.

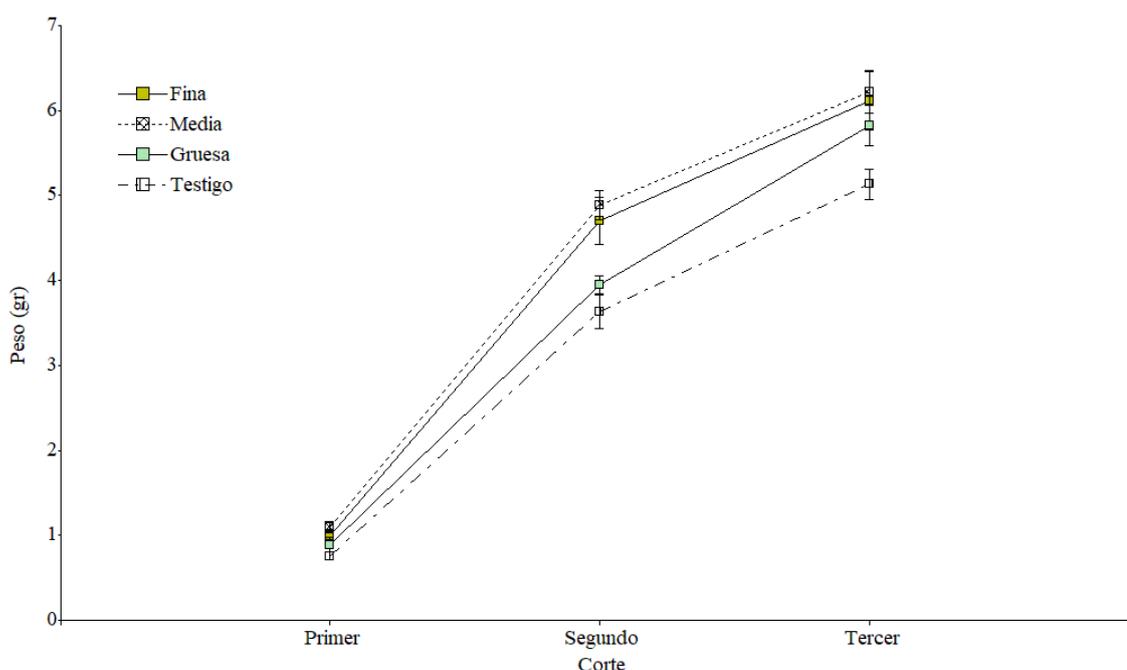
En la figura 29 se observa una tendencia de aumento de peso en la malla media, tomando en cuenta que en el primer corte existe un rango 0.76 a 1.10 gr, constatando que la malla media sigue siendo la más simbólica con un peso de 1.10 gr, presentando una diferencia en correspondencia al testigo de 30%. Posteriormente las otras granulometrías comparten datos

similares con un promedio de 0.88 gr como se evidencia en la tabla 21. En consecuencia, para el segundo corte se muestra un intervalo desde 3.6 y 4.8 gr siendo la granulometría media y fina las más representativas presentando datos superiores con un promedio 4.8 gr, en donde se evidencia una diferencia con el testigo de 1.25 gr que simboliza un 24 %.

Existe un intervalo 5.13 y 6.22 gr para el tercer corte, en donde la malla fina y media conservan el mismo rango de peso presentando 6 gr. En cambio, la malla gruesa y testigo mantienen un peso de 5 gr, representando una diferencia de 17.5% con respecto a la malla más representativa que es la malla media. Como se observó que en la figura 29 existe un aumento del peso de la biomasa radicular en forma consecutiva y ascendente con respecto al número de cortes.

Figura 29

Peso de la raíz con relación a granulometrías con cortes



De acuerdo con lo mencionado por Garay et al., (2012) la capacidad de la planta para desarrollar raíz es una característica que puede ayudar a que la planta se establezca de mejor manera, ya que una raíz larga permite explorar mejor el suelo y esto incrementa la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes. De la misma manera encontraron que en las primeras tres semanas las plantas mostraron un crecimiento acelerado del sistema radicular

y fotosintético, esto se da porque planta en los primeros días de vida debe competir por la absorción de agua y nutrientes, además de la captación de la radiación solar.

Bajo el mismo precepto la correlación entre la producción de biomasa aérea de tallos, de material muerto aéreo y la biomasa radical del pasto mulato se muestra de manera positiva con el incremento en la edad de la planta según Enriquez et al., (2015). Además se concluyó que la máxima tasa de crecimiento coincide con la máxima producción de hojas.

Del mismo modo para la interacción de leguminosas en las edades de 80, 110 y 140 días se obtuvo un peso de raíz de 879,15 g en los 110 días con la asociación gramínea leguminosa *Kudzu* con pasto Saboya, con diferencias de que fluctúan de 397,65 a 787,55 g (Gaibor, 2016).

4.4 Macollamiento

El análisis de varianza presentada en la tabla 22 para la variable macollamiento, se puede observar que existe interacción para los tres cortes del forraje con relación a granulometrías de la enmienda ($F = 2.32$; $gl = 6.166$; $p = 0.0357$). De igual manera se presentan diferencias estadísticas individuales.

Tabla 22

ADEVA para la variable del macollamiento del pasto.

Fuentes de variación	Grado de libertad FV	Grados de libertad Ex	Valor F	Valor p
Cortes	2	166	524.12	<0.0001
Granulometrías	3	166	28.96	<0.0001
Cortes: Granulometrías	6	166	2.32	0.0357

En la tabla 23 se presentan los resultados de la variable macollamiento, que sirve como indicador del número de tallos por planta y que influye marcadamente sobre la productividad a través del rebrote, la persistencia y la capacidad competitiva entre tallos.

Tabla 23

Prueba de medias de la variable macollamiento con relación a cortes y granulometría.

Variable	Cortes	Media		Malla	Media	
Macollamiento	3	17.8	A	media	13.8	A
	2	12.2	B	fin	12.76	B
	1	6.6	C	gruesa	11.82	C
				testigo	10.36	D

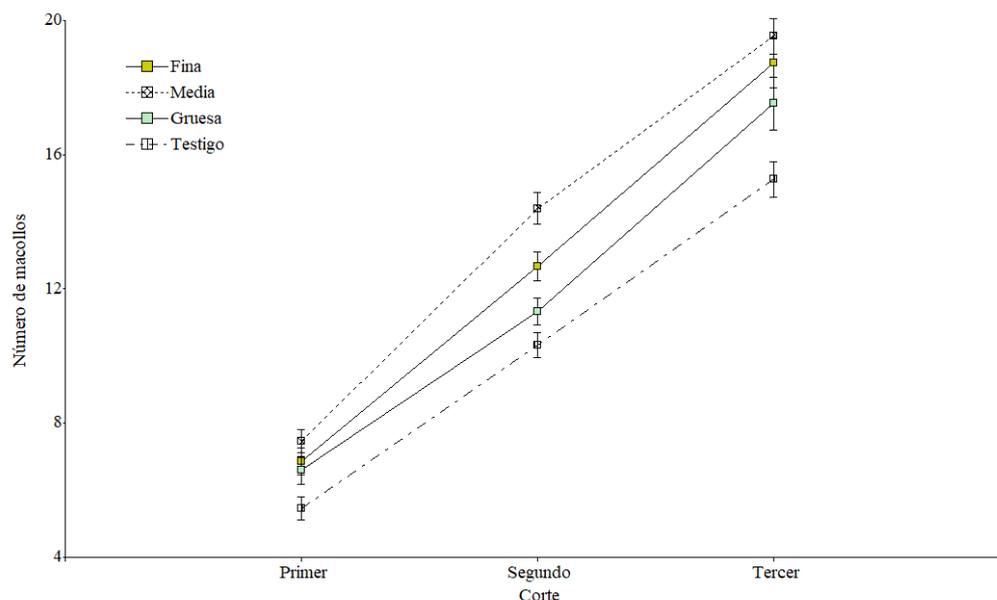
Nota: medias con una letra diferente son significativamente, letras iguales no existe diferencias.

En la figura 30 se muestra que, para el primer corte, todos los tratamientos se encuentran en un rango de 6 a 7. Dando un lugar de diferencia entre la malla media y el testigo de 2 tallos, esto representa un 26.77%. En el segundo corte la malla media es la más representativa con un valor de 14 tallos y los tratamientos restantes presentan valores desde 10 U, dando como resultado una diferencia de 4 tallos que representa el 29 %, como presenta en la tabla 24.

Mientras que para el tercer corte hay intervalos desde 15 hasta 19 tallos en donde la granulometría fina y media conservan valores superiores que van entre 18 y 19, siendo estas las mallas más representativas, tomando en cuenta que la malla media y el testigo tiene una diferencia de 4 unidades esto es el 22 % de superioridad. Como efecto de cada corte, la malla media posee mayor número de macollos respecto de los otros tratamientos, esto se debe a que cada macollo luego de producir sus primeras hojas genera su propio sistema radicular.

Figura 30

Número de macollos con relación a granulometrías con cortes



Lo normal es que en cada planta se consiga entre uno y dos macollos productivos por lo tanto Balocchi et al., (2013) indica en su publicación que al crear mini praderas de Rye grass y tomando en cuenta una sola especie forrajera (monofíticas), con distintos tratamientos reflejó la aparición de dos a tres macollos por planta, identificando a la variable como no significativa porque presento datos similares con los otros tratamientos.

Por otra parte, el estudio realizado por Cobos y Narváez, (2018) refleja que a los 77 días de la implantación del cultivo de Rye grass que para el tratamiento alternativa constaron 91 plantas con 2 macollos representando 25,28% y 107 plantas con 5 macollos representando el 29,72%, en tanto que el tratamiento convencional mostro como resultado 77 plantas con 2 macollos siendo el 21,39% y 97 plantas con 5 macollos, significando el 26,94% del total de plantas.

No obstante, Gallardo, (2013) revela que la relación entre macollos de Rye grass, en una pradera monofítica sin previa fertilización produjo cuatro macollos por planta en comparación con otra especie; el número de macollos registrados por planta para esta investigación fue de máximo cinco y mínimo dos.

4.5 Materia verde

En la tabla 24 se muestra el análisis de varianza para la variable materia verde, en donde se encontró interacción entre granulometría y cortes ($F = 7.59$; $gl = 6.166$; $p = 0.0002$) y de igual manera de forma independiente.

Tabla 24

ADEVA de la variable materia verde del forraje.

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad Ex	Valor F	Valor p
Cortes	2	22	289.34	<0.0001
Granulometrías	3	22	112.68	<0.0001
Cortes: Granulometrías	6	22	7.59	0.0002

Como observa en la tabla 25, la materia verde tiene importancia por su impacto sobre el flujo de crecimiento y senescencia del pasto consecuentemente de los cortes. Presentando como resultado para el primer corte, las tres granulometrías, tienen un valor promedio de 27386.67(kg/ha) y el testigo guarda un valor bajo de 15880.00 (kg/ha). Además, se destaca una diferencia entre la malla media y el testigo de 13786.7 (kg/ha), que representa el 46.47%.

Tabla 25

Prueba de medias variable materia verde con relación a cortes y granulometría

Variable	Cortes	Media		Malla	Media	
Materia verde	3	47677	A	media	47577.78	A
	2	38020	B	fin	41240	B
	1	22500	C	gruesa	30928.89	C
				testigo	24515.56	D

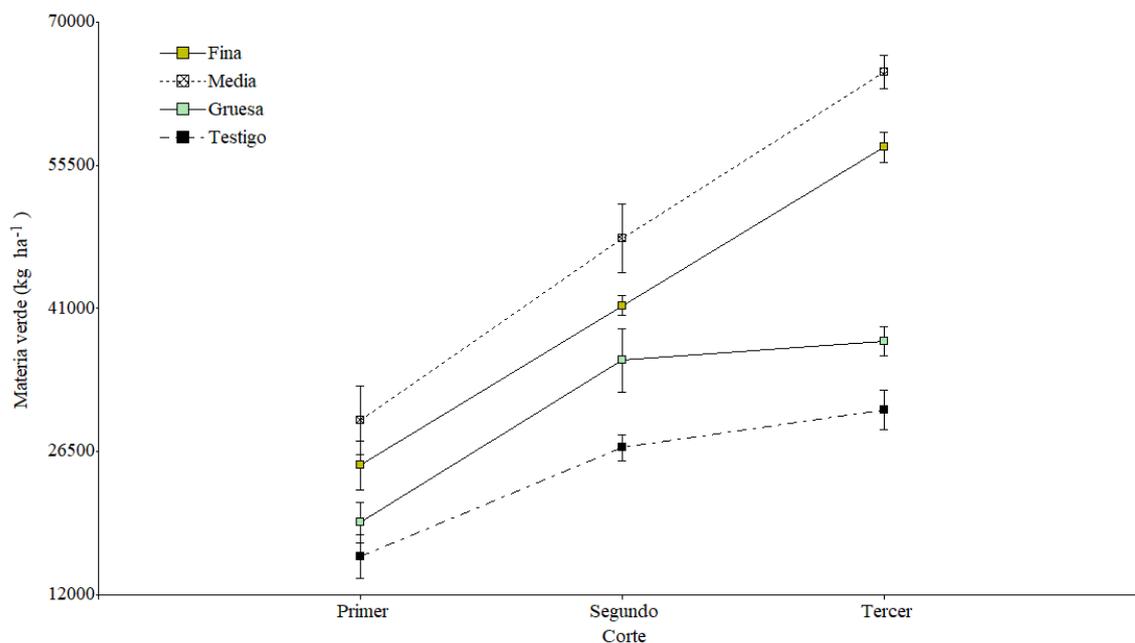
Nota: medias con una letra diferente son significativamente, letras iguales no existe diferencias.

Tomando en cuenta el desarrollo vegetal y la relación con los cortes se incrementan los tallos y consecuentemente el peso de materia verde. Para el segundo corte, la malla media y el testigo defieren con un valor de 21226.7 (kg/ha) que significa un 44.09%. Para el tercer corte, la granulometría más relevante es la malla media en donde existe un rango de

incompatibilidad de 34173.33 (kg/ha) con el testigo y esto representa el 52.63% , como se enseña en la figura 31.

Figura 31

Materia de verde con relación a granulometría y cortes



Cabe señalar que la producción de materia verde de pastos y forrajes es útil para la cría de ganado, esta varía según el tipo de suelo y los cortes que se realicen, se puede mencionar que el tiempo óptimo para realizar el corte es cuando el pasto se encuentra en el punto más alto de productividad entre las 4 y 5 semanas después del corte de igualación, cuando el número total de hojas verdes está en el nivel más alto, y antes de que alcancen un estado de senescencia y posterior descomposición (Masache y Galarza, 2015).

Esto concuerda con Velazco, (2015) porque con una fertilización adecuada del Rye grass, se logran producciones entre 4.0 y 5.33 tn de forraje verde / ha / corte. El Rye Gras perenne al final de primer año, alcanzan producciones entre 41.67 y 50.0 tn de forraje verde / ha / corte, tomando en cuenta que se realizaron 9 cortes, es decir por cada corte hay una producción de 4.63 y 5.55. Por lo tanto, la aplicación de los fertilizantes es de mucha importancia porque presentan mejores producciones de forraje, de la misma manera suministran los elementos nutricionales para completar una adecuada nutrición.

Cobos y Narváez, (2018), manifiestan que manteniendo una fertilización adecuada en las pasturas se pueden conseguir por corte producciones de entre 81,8 kg/ ha (primer corte) a 69,5 kg/ ha (segundo corte) de forraje verde.

En comparación con el rendimiento de materia verde del maíz, se evidencio que el mayor peso fue para el tratamiento de híbrido autentica con un rendimiento de 28,20 t/ha en los 80 días, sin embargo, existen producciones mayores, que van entre 50 y 60 t/ha, con este antecedente es de resaltar que una causa que afecta el rendimiento son los efectos causados por las condiciones climáticas de la zona durante la investigación, puesto que la llovizna fue constante y hubo poca luminosidad (Tumbaco, 2019).

4.6 Materia seca

En la tabla 26 se muestra el análisis de la variable para materia seca, en donde se verifica que no existe ninguna interacción entre granulometría y cortes ($F = 1.07$; $gl = 6.166$; $p = 0.4077$) mientras que para granulometría y corte se presenta diferencias estadísticas de manera independiente.

Tabla 26

Análisis de la variable de materia seca del pasto

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad Ex	Valor F	Valor p
Cortes	2	22	22.64	<0.0001
Granulometrias	3	22	48.57	<0.0001
Cortes: Granulometrias	6	22	1.07	0.4077

Con relación a los tres cortes se observa un intervalo que va desde 13.4 % hasta 16.07%. Para el primer y segundo corte hay una diferencia de 8%, para el segundo y tercer corte la diferencia es de 9% y entre primero y tercero el rango es 2.68% Se evidencia que el contenido de materia seca en los tres cortes no varía, como lo indica la tabla 27.

Tabla 27
Análisis de medias para la variable materia seca con relación a cortes

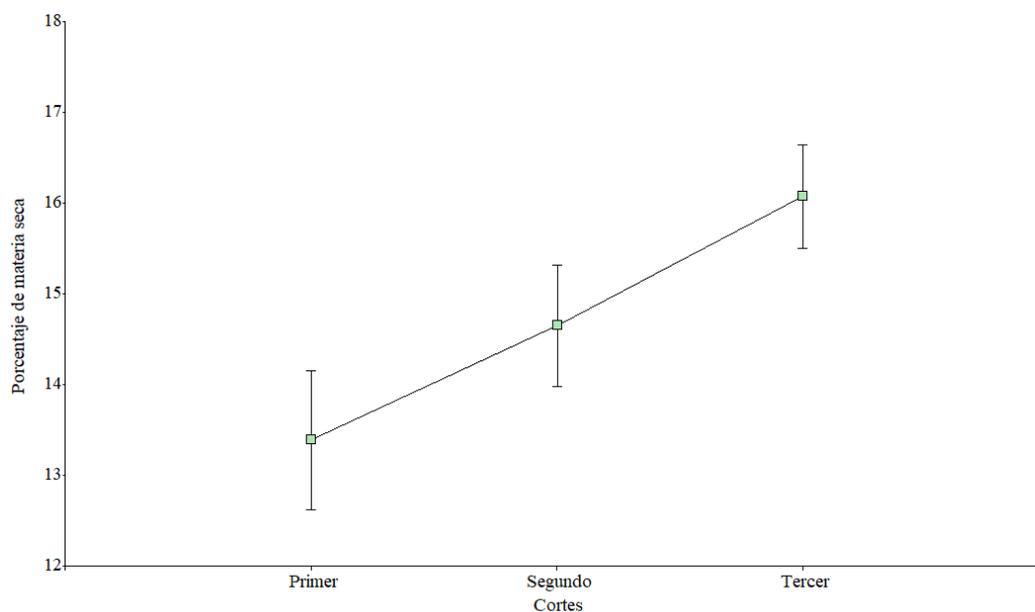
Variable	Cortes	Media	
Materia verde	3	16.07	A
	2	14.65	A
	1	13.39	B

Nota: medias con una letra diferente son significativamente, letras iguales no existe diferencias.

En la figura 32 se muestran los resultados para la variable materia seca con respecto a los diferentes cortes, factor que determina la calidad de nutrientes y minerales que potencialmente pueden ser aprovechados por el animal para ganancia de peso, entre menos materia seca, menos nutrientes.

Figura 32

Contenido de materia seca con relación a cortes



La malla fina y gruesa tienen datos similares porque conservan un promedio de 15 gr. Sin embargo, la relación de la granulometría media y testigo existe diferencia estadística que es de 5.43 gr representado un porcentaje de 31.92%, como se muestra en la tabla 28.

Tabla 28

Análisis de medias para la variable materia seca con relación a granulometrías

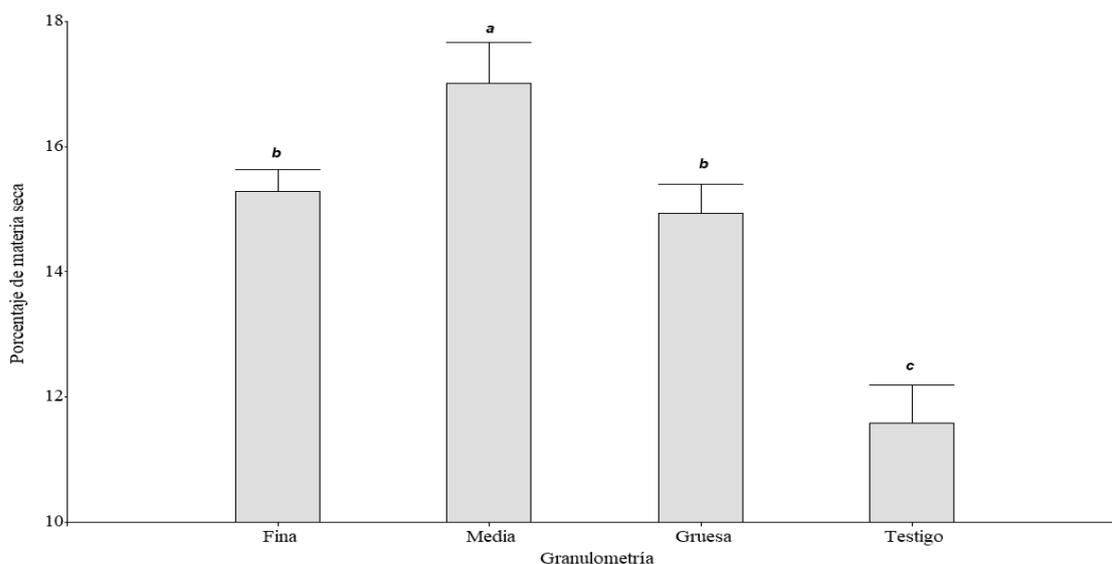
Malla	Media	
media	17.01	A
fina	15.28	B
gruesa	14.94	C
testigo	11.58	D

Nota: medias con una letra diferente son significativamente, letras iguales no existe diferencias.

Como se muestra en la figura 33 el porcentaje de materia seca respecto a las tres granulometrías más el testigo, se puede observar que la malla media tiene un peso más elevado de materia seca es decir contiene más nutrientes en comparación con los otros tratamientos.

Figura 33

Porcentaje de materia seca con relación a cortes.



El promedio de rendimiento de materia seca en Ray grass, obteniendo en un estudio realizado por Cobos y Narváez, (2018) señalan que para el primer corte existen valores más altos con relación al tratamiento alternativo con 80,92 t/ha, en tanto que para tratamiento convencional se obtuvo un valor de 79,89 t/ha. En lo referente a los resultados adquiridos en la implantación de Ray grass y su rendimiento en materia seca, su porcentaje se debe a la mayor acumulación de biomasa en verde y madurez fisiológica de la planta dando valores altos de producción. En cuanto a los principales factores que influyen al crecimiento de pasto se encuentran las condiciones climáticas y en particular, la humedad, la luz y la temperatura,

provocando cambios en la morfología de las plantas, la reducción del área foliar, la disminución de la actividad fotosintética y, por consiguiente, en la producción de materia seca (Sandoval y Rivas, 2015).

Por consiguiente, Zaragoza, et al, (2009) dice que los resultados en el rendimiento de forraje y valor nutritivo de alfalfa a diferentes intervalos de corte se presentan de acuerdo a los cambios semanales por la acumulación estacional de forraje por especie y componente morfológico, los intervalos de 6 y 7 semanas ($p < 0.05$), produjeron el mayor rendimiento de materia seca por corte con 4393 kg MS ha este varió por efecto de las condiciones ambientales prevalecientes en las diferentes estaciones del año.

4.7 Índice de área foliar

El análisis de varianza para la variable índice de área foliar se muestra en la tabla 29, se puede observar que no existe interacción entre granulometrías y cortes ($F = 0.05$; $gl = 3.268$; $p = 0.987$), tampoco de manera independiente.

Tabla 29

ADEVA de la variable de índice de área foliar y granulometrías

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad Ex	Valor F	Valor p
Cortes	1	268	0.15	0.7033
Granulometrías	3	268	0.71	0.5476
Cortes: Granulometrías	3	268	0.05	0.987

La variable índice de área foliar sirve para medir el desarrollo y crecimiento de pasto en donde se puede evidenciar que no existe diferencias estadísticas en comparación con las granulometrías de la enmienda mineral y los cortes realizados durante el estudio. Los valores obtenidos en el segundo corte tienen un rango de 8.19 a 8.22 cm² respectivamente. De la misma forma para el tercer corte no se encontró diferencias, porque se mantienen en un rango similar de 8.94 a 8.13 cm², como muestra la tabla 30.

Tabla 30
Análisis de medias para la variable índice de área foliar con relación a cortes y granulometrías

Variable	Cortes	Media		Malla	Media	
Índice de área foliar	2	8.40	A	media	8.84	A
	3	8.53	A	fina	8.54	A
				gruesa	8.30	A
				testigo	8.18	A

Nota: medias con una letra diferente son significativamente, letras iguales no existe diferencias.

Es necesario destacar a la granulometría media que es el tratamiento con el valor más con valor promedio de 8.84 cm² (tabla 31). A continuación, se detallan las medias de los tratamientos en estudio: la malla media 8.84 cm², fina 8.54 cm² gruesa 8.30 cm² y testigo 8.18 cm

Tabla 31
LSD Fisher de índice de área foliar con relación a granulometrías con cortes.

Corte	Tratamientos	Valor F	Valor p	
2	Fina	8.44	0.43	A
2	Media	8.74	0.41	A
2	Gruesa	8.19	0.41	A
2	Testigo	8.22	0.42	A
3	Fina	8.64	0.55	A
3	Media	8.94	0.55	A
3	Gruesa	8.41	0.55	A
3	Testigo	8.13	0.55	A

Nota : medias con una letra común no son significativas.

En base a los estudios realizados por Enríquez et al., (2015) se concluye que el área foliar específica de la hoja disminuye a medida que la planta madura, esto se debe a que el peso de cada hoja es mayor y a la vez aumenta el contenido de nitrógeno en la hoja y este se diluye según el crecimiento y maduración de la planta debido a la acumulación de materia seca.

Amaro et al. (2004) precisaron que un factor importante para que los valores de IAF se encuentren bajos, es por el crecimiento del follaje y su acumulación provocando que haya competencia por luz; además, de la maduración de la planta. Tiene similitud a lo

mencionado por Lara, (2020) realizó un estudio de fertilización edáfica y foliar sobre crecimiento en calidad de mezclas forrajeras los resultados sostienen que el área foliar llega a su mejor nivel a partir de la tercera semana de realizar el corte, si mantienen buenas condiciones climáticas que faciliten el rebrote. Los resultados muestran que no hubo diferencia significativa en los cortes realizados pero su valor si aumento en la tercera semana especialmente en el tratamiento.

Es de resaltar que, en la evaluación de la eficiencia de giberelinas en la producción de pasto por Bonilla, (2020) reveló que el área foliar de la planta de pasto tiene un incremento en función a la etapa fenológica del cultivo, en prefloración son bajos los niveles de área foliar, y tiene un incremento de un 83.60% en las etapas de floración, formación de la vaina y llenado de la vaina. En contraste a los valores obtenidos por Moraga, (2021) encontró que las plantas de fríjol fertilizadas con enmienda sintética presentaron mayor área foliar (28.52 cm²) que las fertilizadas con la combinación orgánico-sintético (24.57 cm²) y con sólo orgánico (22.36 cm²) Además señala que las enmiendas orgánicas tardan mayor tiempo en liberar los nutrientes y por lo tanto no se encuentran rápidamente disponibles para las plantas.

4.8 Contenido de nutrientes en la planta

En la tabla 32 se muestra los análisis bromatológicos proporcionados por el laboratorio, en donde se puntualiza valores para cada nutriente.

Tabla 32*Contenido de nutrientes del pasto Ray Grass.*

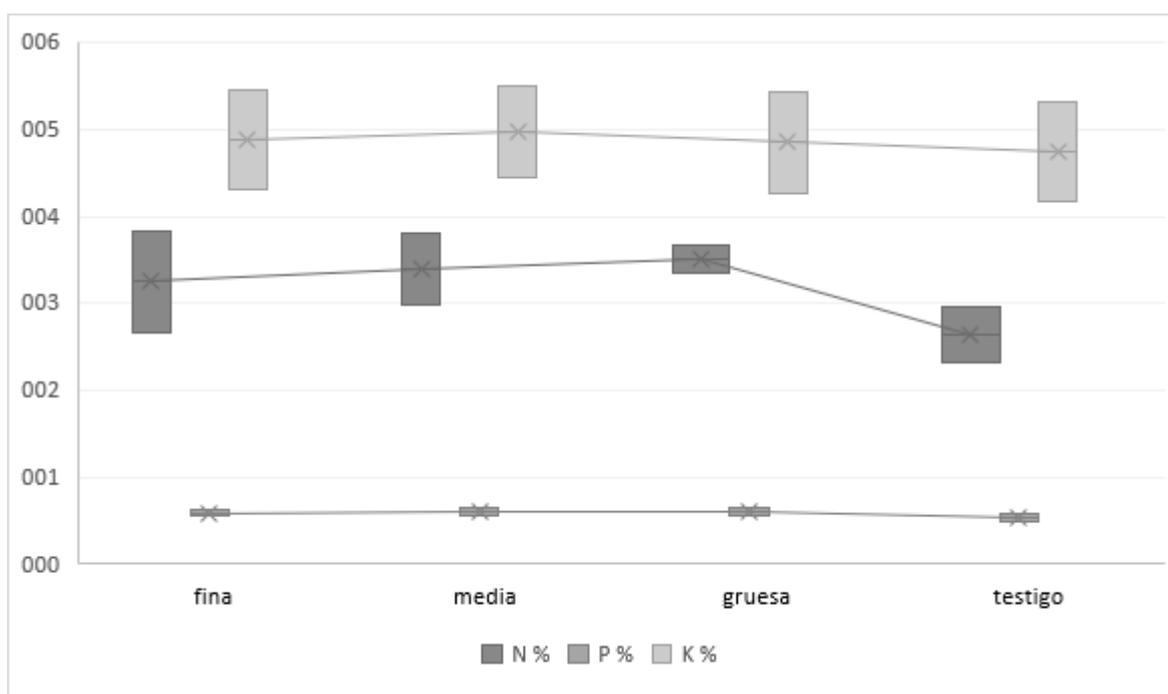
Nutrientes	Corte (1)				Corte (3)			
	Fina	Media	Gruesa	Testigo	Fina	Media	Gruesa	Testigo
Nitrógeno (N) (%)	3.84	3.81	3.34	2.97	2.66	2.98	3.66	2.31
Fósforo (P) (%)	0.55	0.56	0.56	0.50	0.63	0.66	0.65	0.59
Potasio (K) (%)	4.30	4.44	4.26	4.18	5.46	5.50	5.44	5.32
Magnesio (Mg) (%)	0.20	0.20	0.19	0.18	0.24	0.26	0.28	0.21
Calcio (Ca) (%)	0.44	0.46	0.42	0.40	0.53	0.58	0.48	0.46
Azufre (S) (%)	0.29	0.30	0.25	0.20	0.23	0.35	0.29	0.22
Sodio (Na) (ppm)	0.07	0.09	0.04	0.06	0.18	0.24	0.30	0.11
Hierro (Fe) (ppm)	134.00	151.00	118.00	116.00	118.20	126.90	110.00	104.00
Manganeso (Mn) (ppm)	25.80	29.40	23.00	22.80	43.60	46.40	42.60	22.60
Cobre (Cu) (ppm)	10.20	11.50	10.50	9.80	9.20	10.70	11.10	7.80
Zinc (Zn) (ppm)	24.20	25.80	22.80	20.40	21.80	23.60	22.40	19.00
Boro (B) (ppm)	21.60	29.40	24.00	19.90	41.00	48.20	46.60	35.00

En la figura 34 se puede observar el comportamiento del nutriente nitrógeno que es irregular debido a que es más dinámico ya que todas las partes de la planta necesitan nitrógeno para su crecimiento (raíz, hojas, tallos, flores y frutos) como también define el color verde y es necesario para la formación de proteínas. Para mantener este nutriente se podría recomendar la enmienda en sus tres granulometrías. Se observa que, en el primer corte, los tratamientos tienen una incidencia de 2.97% a 3.84% los datos están dentro de los valores recomendados de 2.60% y 5.00%. A diferencia del tercer corte, las tres granulometrías obtuvieron un dato promedio de 3.1% perteneciendo al rango óptimo, tomando en cuenta que el testigo obtuvo un valor inferior de 2.60%.

En cambio, para fósforo los valores están inferiores a 1% en el primer análisis tienen un promedio de 0.54% y para el tercer corte tuvo un incremento promedio de 0.63% es uno de los elementos que no tiene mucho efecto. De la misma manera se obtuvo valores para el primer corte todos los tratamientos están dentro de los niveles recomendados 0.35% y 0.60%. En cuanto el tercer corte, las tres granulometrías no están dentro de los valores óptimos porque los valores son superiores a 0.60%, tomando en cuenta que el testigo tiene 0.59 % es decir cumple el rango. Respecto a el elemento de potasio en los dos cortes ningún tratamiento está dentro del rango óptimo de 2.00% a 3.50%, porque los datos presentados en el análisis son superiores, tienen altas concentraciones de este nutriente, como también se evidencia el comportamiento de las tres granulometrías mientras va aumentando los cortes el potasio va extendiéndose y de la misma manera es asimilable para la planta.

Figura 34

Macronutrientes principales de la planta

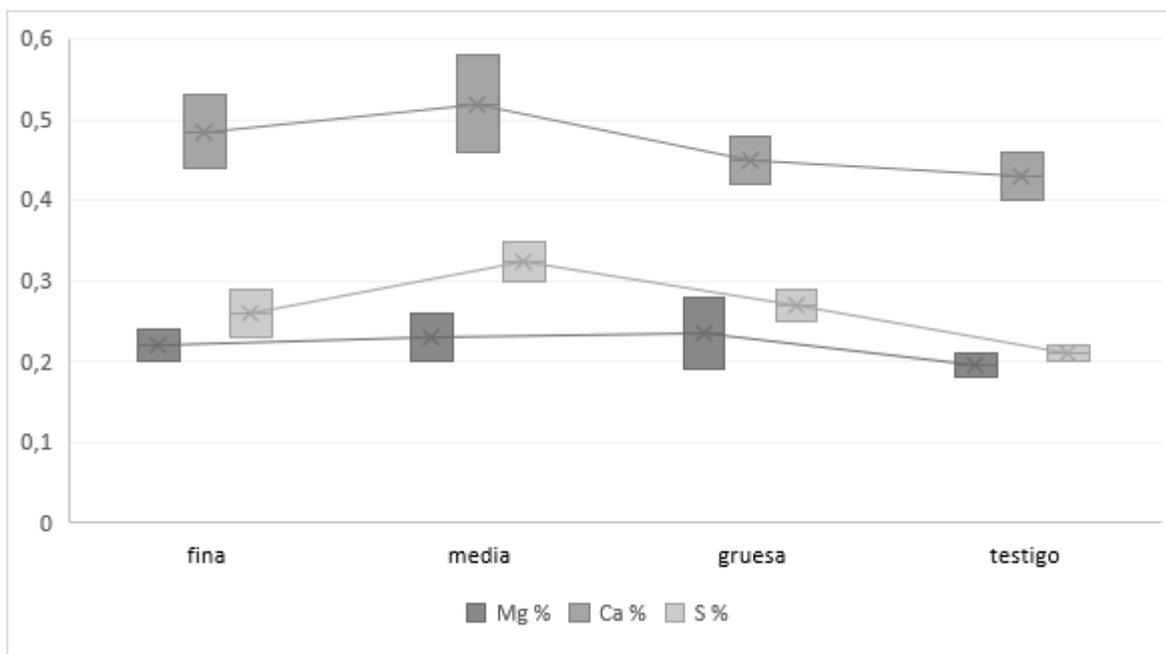


En figura 35 se muestra el incremento de magnesio, en el primer corte los valores están dentro de un rango promedio de 0.20% y en el tercer corte todas las lecturas tienen un promedio de 0.26 es decir tiene un incremento elevado a excepción del testigo que se conserva en 0.20%. Para el nutriente de calcio se puede evidenciar que en el primer corte

todos los valores tienen un promedio de 0.4%. Tomando en cuenta que en el tercer corte tienen un incremento elevado para la granulometría fina y media presentando valores superiores de 0.50%. Sin embargo, para Azufre la granulometría media es la más representativa en los dos cortes presentando valores más superiores en comparación a los otros tratamientos con valores promedio de 0.33%.

Mientras que, para magnesio, el primer corte la granulometría fina y media tienen un valor similar de 0.20% cubren el rango establecido de 0.20% a 0.60%, A diferencia del tratamiento de la malla gruesa y testigo no alcanzan los rangos. Para el tercer corte todos los tratamientos presentan valores desde 0.21% a 0.28%, es decir llegan a los rangos establecidos. Los niveles óptimos para el nutriente de calcio son desde 0.60% a 1.20% ninguno de los dos cortes tiene valores representativos porque son inferiores a los porcentajes indicados anteriormente.

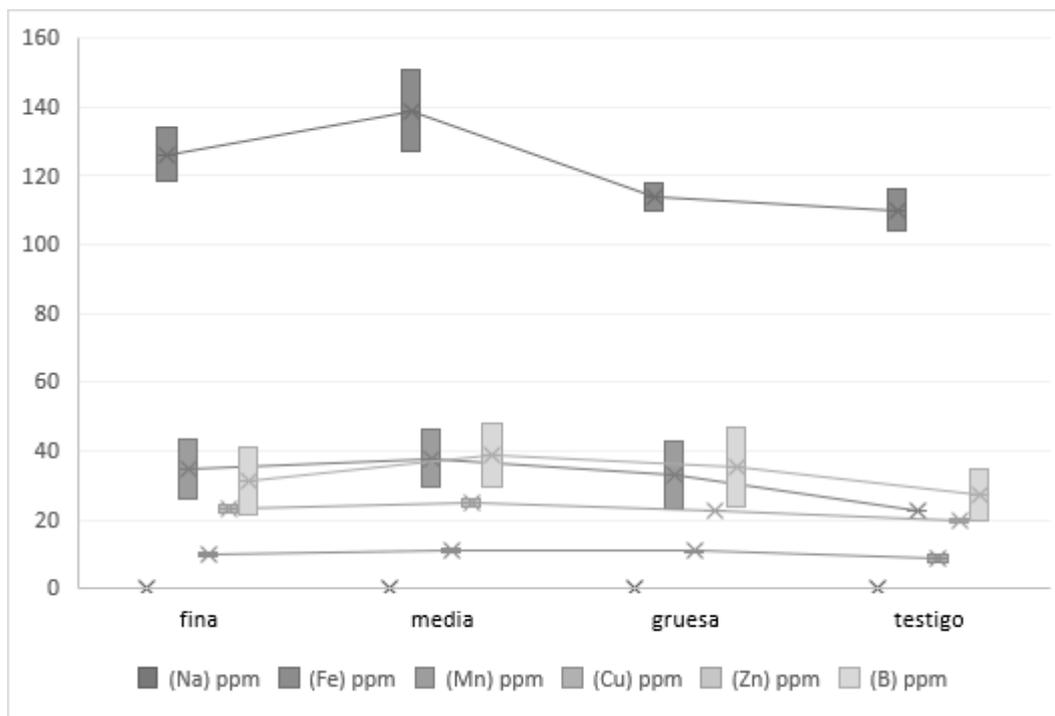
Para el nutriente de Azufre, en el primer corte los valores presentados son desde 0.25% a 0.30% pertenecientes a las tres granulometrías respectivamente, existe un rango de óptimo 0.25% a 0.55% para este nutriente, es decir que las granulometrías están dentro del rango señalado. Ahora bien, para el tercer corte solamente la malla media y gruesa entran al rango presentando valores de 0.35% a 0.39%. Los otros tratamientos no cumplen con el rango establecido porque son inferiores.

Figura 35*Macronutrientes de la planta*

En este caso los micronutrientes son compuestos esenciales requeridos en pequeñas cantidades para el correcto crecimiento y desarrollo de la planta. A continuación, se muestran en la figura 36, todos los valores están expresadas en ppm, en este caso el sodio tiene datos inferiores de 0 y lo recomendado es de 0.02 a 0.20 todos los tratamientos cumplen el rango.

Por otra parte, el nutriente hierro, para la granulometría media tiene un comportamiento más significativo en el primer y tercer corte porque tienen valores más elevados respecto a los otros tratamientos, en efecto de los resultados todos están dentro del rango óptimo de 80-250 ppm.

Entre los valores de boro y manganeso tiene mucha similitud de acción tomando en cuenta que en el primer corte los valores de los tratamientos van desde 19-29 ppm, y en el tercer corte hay un aumento desde 35-41 ppm, consecuentemente para todos los tratamientos, es decir por cada corte los valores incrementaran de una forma ascendente. Para el cobre no existe ninguna diferencia entre el primer y tercer corte, en consecuencia, la enmienda no tiene efecto para el mineral zinc porque tienen un comportamiento uniforme.

Figura 36*Micronutrientes de la planta*

Según a los estudios realizados por Garbanzo et al., (2016) presentaron que la enmienda de polvo mojable presenta la concentración más baja de P foliar, con diferencias significativas con la dosis más alta, que probablemente causó una disminución en la disponibilidad de P en el suelo y redujo su absorción por la planta. En el caso de enmiendas líquidas que reaccionan en corto plazo porque hubo un incremento en la concentración de K con la aplicación de enmiendas. La reducción de la toxicidad de Al y el incremento de materia seca que causaron las enmiendas, favorecieron la absorción de nutrimentos como el K y N.

Sin embargo, los resultados concuerdan con los estudios de Manetti y Fernandes, (2008) que encontraron que aplicaciones de enmiendas en el cultivo de maíz mejoró la absorción de K, también aumentó la concentración de Ca foliar. Desde el punto de vista de Camacho et al., (2015) postula que los polvos de enmienda mojable Surflow calcio (SC) 50 y 100 kg/ha obtuvieron el mayor desarrollo de las plantas de maíz y la mayor disminución de la acidez en la curva de reactividad de las enmiendas. En contraste con la aplicación de enmiendas

líquidas que aumentó la absorción de Ca y K en plantas de sorgo cultivadas en suelos con arcillas rojas (Ultisol) en invernadero.

No obstante, mientras que las enmiendas no tuvieron ningún efecto en el contenido de Mg foliar el cual presentó niveles de deficiencia en todos los tratamientos, presentando síntomas de clorosis. El contenido inicial de Mg en el suelo fue de 0,12 mol nivel que se considera muy bajo y que probablemente explica los síntomas de deficiencia encontrados en las hojas del maíz (Garbanzo, 2016).

Cabe mencionar Garbanzo (2016) que encontro diferencias mínimas significativas ($\alpha=0,01$) para la mayoría de los nutrimentos en la planta a excepción del Fe. Pero para el mineral N no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos de enmiendas líquidas, pero si superaron al testigo, ya que la planta disminuyó la absorción de este elemento en ausencia de enmienda. Del mismo modo concuerdan con (Mueña et al., 2016) porque descubrieron que en los suelos encalados aumentan la absorción de N en plantas de *Oenothera affinis* cuando reciben una fertilización nitrogenada.

4.9 Contenido de nutrientes del suelo

En la tabla 33 se muestra los valores para la variable contenido de nutrientes del suelo, en donde se realizó un análisis general antes de implementar el ensayo y después de finalizar, se efectuó los análisis de forma individual para cada tratamiento (fina, media, grueso, testigo).

Tabla 33

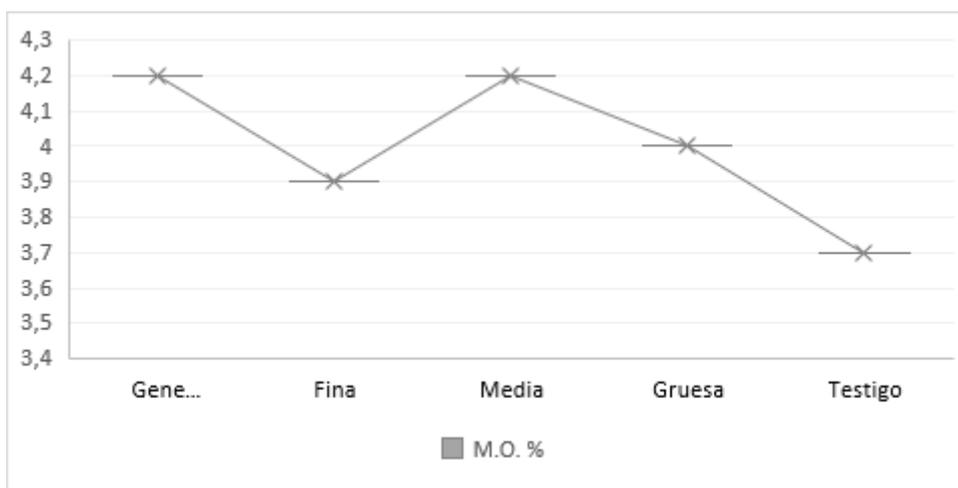
Características del análisis de suelo.

Análisis	Análisis (1)		Análisis (2)		
	General	Fina	Media	Gruesa	Testigo
Materia Orgánica %	4.2	3,9	4,2	4,0	3,7
Acidez Intercambiable (meq/100g)	0.77	0,67	0,33	0,28	0,77
Aluminio (meq/100g)	<0.05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Conductividad (CE) (mS/cm)	0.17	0,67	0,67	0,77	0,17
pH (KCl)	5.8	6,2	6,8	6,7	5,8

A continuación, la figura 37 indica detalladamente el comportamiento de Materia orgánica mostrando que para el análisis general existe un valor de 4.2% y en el segundo análisis todos los tratamientos obtuvieron resultados desde 3.70% a 4.20% es decir los resultados no cumplen con los valores recomendables de 5-15%, para ningún análisis, porque tiene bajas concentraciones de materia orgánica y efecto de eso no tiene retención de agua.

Figura 37

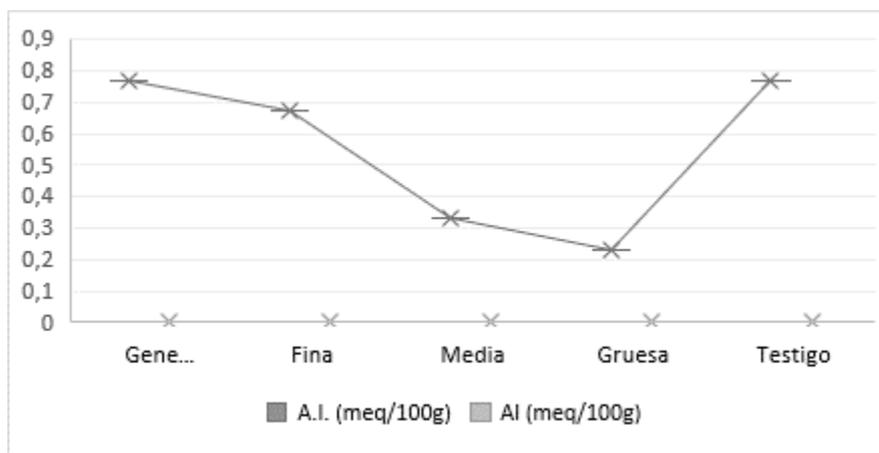
Materia Orgánica del suelo



Dentro de la figura 38 se observa la acción de Acidez intercambiable, en donde el análisis general presentó 0.77 meq/100g es un valor superior al rango óptimo <0.5. Del mismo modo para el segundo análisis enseña datos representativos para la granulometría media con 0.33 meq/100g y la malla gruesa 0.28 meq/100g es decir estas mallas si cumplen lo recomendado, sin embargo, la malla fina y testigo tienen valores más superiores a lo indicado. Para el Aluminio el rango óptimo es <0.3 por lo tanto todos los datos se mantienen <0.05 en del primer análisis y tercer análisis, todos cumplen el rango.

Figura 38

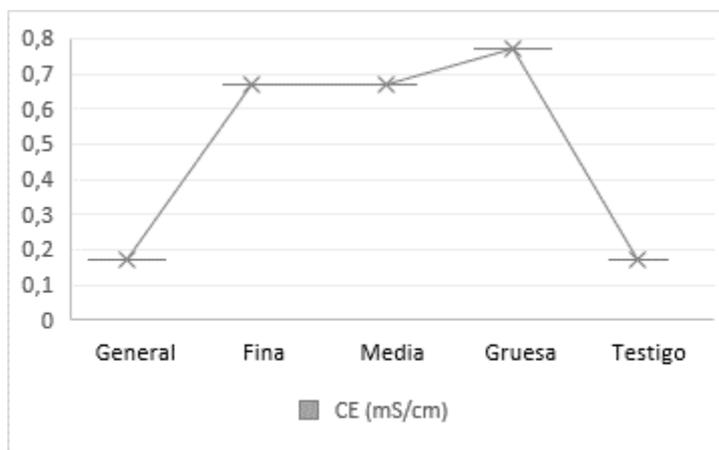
Acidez intercambiable y aluminio presente en el suelo



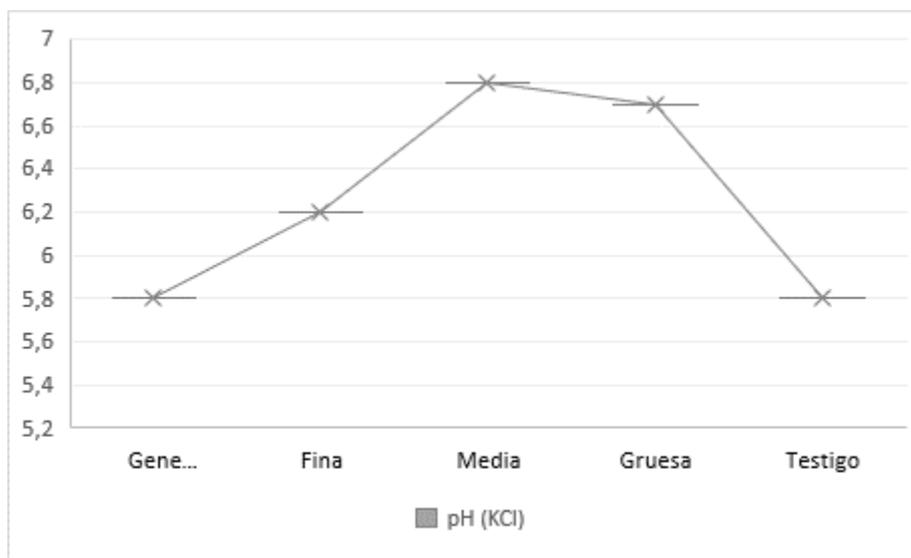
Tomando en cuenta que en la figura 39 muestra la conductividad eléctrica presentando resultados para el análisis general y testigo de 0.17 (mS/cm), esto indica que está dentro del rango recomendado mientras tanto las tres granulometrías tienen valores desde 0.77 a 0.67 (mS/cm) y son datos superiores a el óptimo que es 0.2 a 0.5 (mS/cm).

Figura 39

Conductividad Eléctrica



En la figura 40 se puede ver comportamiento de pH con relación a las tres granulometrías utilizadas de la enmienda mineral dando como resultado en el análisis inicial un pH de 5.8 con respecto al segundo análisis, la malla media obtuvo un pH 6.8, gruesa 6.7, la fina 6.2 y testigo 5.8. con la aplicación de la enmienda se logró un incremento de 1 que representa 14.7% de incremento este valor está relacionado con la malla media y el testigo. El óptimo del pH va desde 5.5 a 7.5 es decir todos los valores están dentro de los rangos señalados.

Figura 40*Ph del suelo*

Para la variable de pH no se presentaron diferencias estadísticas entre los valores de pH con las tres dosis de cal aplicadas. La aplicación de las enmiendas calcáreas logró incrementar el pH inicial del suelo (5,8) a valores de 6,08; 6,16 y 6,32 con la aplicación de dosis de 2, 5 y 10 t ha⁻¹ de cal dolomita, respectivamente. Este comportamiento se presentó quizás por el alto poder buffer de estos suelos. Esto hace que el pH no aumente de forma significativa, aun con la aplicación de enmiendas, debido a la mineralogía de arcillas de carga variable dependiente de pH que caracteriza a estos suelos ácidos (Garbanzo et al., 2016).

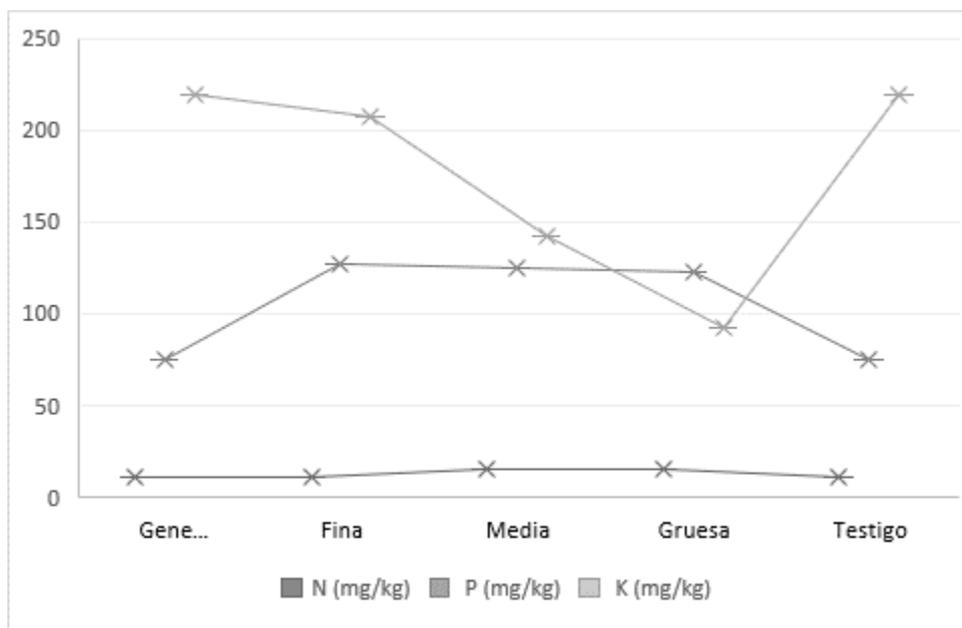
El análisis de suelo se puntualiza en la tabla 34 en donde detalla todos los nutrientes presentes en la tierra se lo realizó de forma general al inicio y al final específicamente para cada tratamiento.

Tabla 34

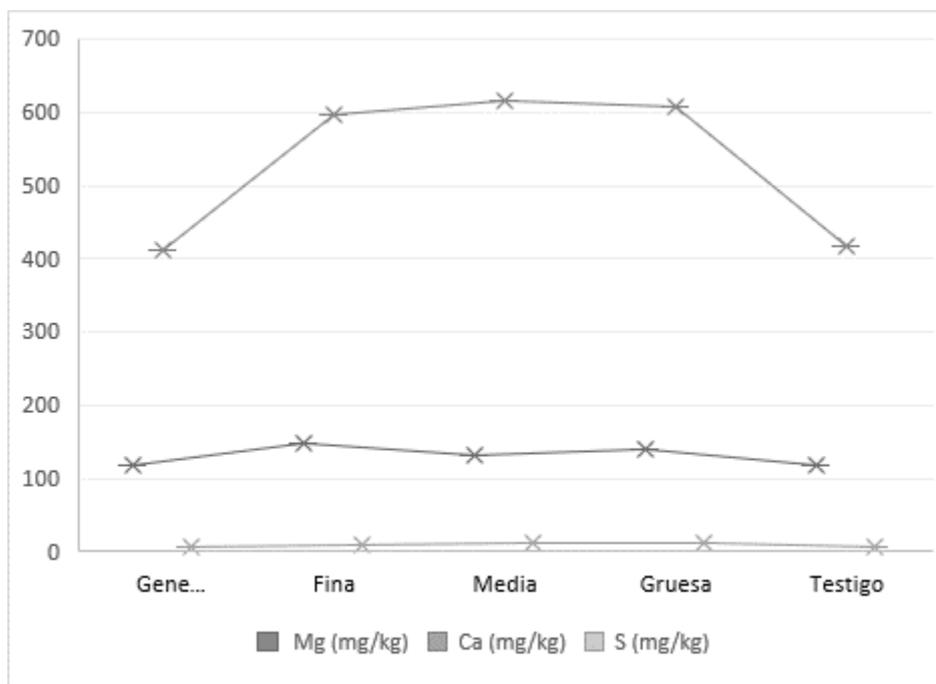
Contenido de los macronutrientes y micronutrientes disponibles en el suelo.

Análisis	Análisis (1)		Análisis (2)		
	General	Fina	Media	Gruesa	Testigo
Nitrógeno N (mg/kg)	11.5	11.2	15.8	16.2	11.5
Fósforo (P) (mg/kg)	75	127	125	123	75
Potasio (K) (mg/kg)	220	208	143	92.5	220
Magnesio (Mg) (mg/kg)	117	148	132	140	117
Calcio (Ca) (mg/kg)	411	596	615	608	418
Azufre (SO ₄ -S) (mg/kg)	7.8	8.1	11.4	12.3	7.8
Hierro (Fe) (mg/kg)	76	69	55	56.5	76
Manganeso (Mn) (mg/kg)	30.5	26.6	16.1	18.8	30.5
Cobre (Cu) (mg/kg)	3.3	3.1	2.8	2.7	3.3
Zinc (Zn) (mg/kg)	4.1	3.6	4.4	4.6	4.1
Boro (B) (mg/kg)	0.23	0.31	0.57	0.62	0.23

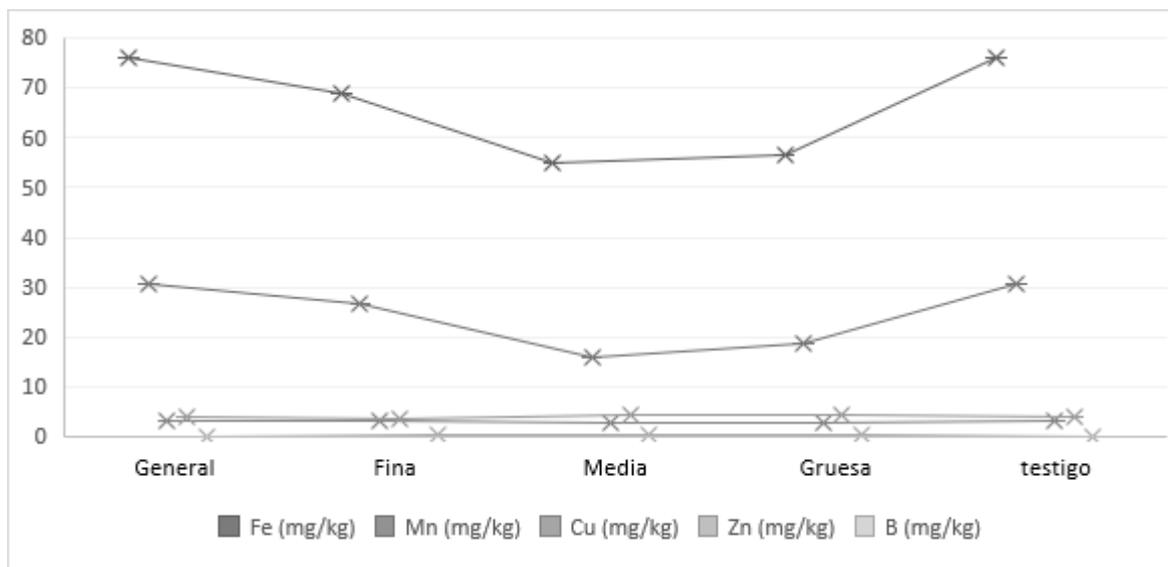
Los macronutrientes principales se detallan en la figura 41 que para el mineral Nitrógeno en el análisis general se obtuvo 11.5(mg/kg), en el segundo análisis la malla gruesa y media presentaron un promedio de 16 (mg/kg), en síntesis, ningún tratamiento cubre el rango de 30 a 50(mg/kg). Para el nutriente fósforo existe un rango de 20-35 (mg/kg), pero todos los tratamientos tienen un rango superior a lo indicado, es decir ninguno no pertenece al rango. De acuerdo al potasio muestra valores para el análisis general de 220 (mg/kg), en el segundo análisis la granulometría fina tiene un dato de 208(mg/kg), media 143(mg/kg) y el testigo 220(mg/kg) respectivamente cumplen el rango recomendado de 125-250 (mg/kg) excepto la malla gruesa porque presenta un valor inferior a lo indicado.

Figura 41*Macronutrientes principales del suelo*

En la figura 42 se muestra algunos nutrientes como: magnesio que tiene un óptimo de 45-90 (mg/kg), por lo tanto, ninguno de los tratamientos cumple el rango indicado. En el caso de calcio se puede visualizar que el dato del primer análisis es de 411(mg/kg), individualmente los valores de las granulometrías fina media, gruesa y testigo presentan valores desde 615(mg/kg) hasta 418(mg/kg). Se puede determinar que todos los datos si están dentro de estos rangos recomendados 400-1200 (mg/kg). Para el mineral de Azufre se observa que la malla media y gruesa son pertenecientes a los rangos de 10-20 (mg/kg), los demás datos son inferiores.

Figura 42*Macronutrientes del suelo*

Los micronutrientes del suelo se presentan en la figura 43, en donde se puede evidenciar claramente que el hierro se comporta de manera descendente para las tres granulometrías es decir que la aplicación de la enmienda permite bajar el exceso de este nutriente ya que lo recomendado es 20-50 mg/kg y todos los valores tienen datos superiores de 55 mg/kg. Para el nutriente de manganeso el rango es de 4-20 mg/kg, tomando en cuenta que solo la malla media y gruesa entran a los valores recomendados ya que conservan un promedio de 17 mg/kg y los tratamientos sobrantes tienen valores superiores. Se podría mencionar que los micronutrientes de cobre, zinc y boro, no tienen diferencias representativas entre el primer y segundo análisis porque se comportan de una manera similar y tienen valores uniformes, eso quiere decir que la enmienda no tiene efecto entre en estos nutrientes.

Figura 43*Micronutrientes del suelo*

Los correctores de acidez reaccionan con el agua del suelo liberando aniones básicos OH, lo que provoca el aumento del pH (reducción de la acidez). Como consecuencia de ello, aumenta la actividad biológica y tiende a mejorar la estructura del suelo, así como a mejorar la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes (Arévalo y Castellano, 2009). Sin embargo, Espinosa y Molina, (2008) los resultados de la investigación que evaluó el efecto de las enmiendas en el pH, Solo la enmienda en polvo mojable obtuvo la dosis más alta al aumentar el pH de 4.5 a 5.0 en los 45 días, con correlación a otros tratamientos. Este efecto se puede explicar por la alta capacidad de buffer que tienen los suelos, pues hace que el pH no aumente en forma significativa porque depende de la mineralogía de arcillas y la carga variable dependiente de pH inicial que caracteriza a estos suelos ácidos.

Del mismo modo existe un estudio realizado por Garbanzo et al., (2016) tomando en cuenta fuentes de enmiendas para una formulación líquida (Cal 56 y Surkal), que son suspensiones de carbonato de calcio alta fineza en agua, y surflow calcio demostró que los nutrientes P y K presentaron concentraciones altas en todos los tratamientos a los 45 días, contrario al inicio del experimento donde sus niveles eran muy bajos.

De la misma manera en el mismo estudio se encontró diferencias altamente significativas en el efecto de las enmiendas líquidas con el aumento de pH del suelo. El producto surflow

calcio con dosis más alta aumentó el pH de 4,5 a 7,8 hasta el día 14 después de aplicado. El pH presentó una correlación inversamente proporcional con la reducción de la acidez, lo cual es un comportamiento normal al efecto del encalado (Garbanzo et al., 2016).

Espinosa y Molina, (2008) utilizan dosis de enmienda líquida obteniendo un efecto significativo sobre la acidez intercambiable, ya que no fue suficiente para mantener la reducción de la acidez al nivel inicial durante el período del ensayo (61 días). La rápida reacción de las enmiendas líquidas probablemente se debe a su alta fineza (malla 600 mesh), que causaría una reacción química casi inmediata sobre la acidez del suelo, contrario a las enmiendas en polvo tradicionales que por lo general reaccionan en un período de 3 a 6 meses después de aplicadas.

Lo mencionado por León, otros (2018) menciona que el efecto de las 2 enmiendas líquidas sobre la acidez del suelo fue muy rápido, a los 8 dda ya presentaba una reacción inmediata y fue más evidente a los 14 dda. A partir de ahí la acidez intercambiable comenzó a subir, probablemente por la fuerte capacidad buffer que caracteriza a los Ultisoles debido a su mineralogía de arcillas de carga variable dependiente de pH.

4.10 Beneficio/Costo

Con respecto a el análisis Beneficio Costos (B/C) se realizó el análisis económico para tratamientos en estudio (fina, media, gruesa y testigo) en donde se elaboró la lista de costos de producción calculados en base a 1 ha, y de la misma manera expresados en dólar estadounidense, como lo indica la tabla 35

Tabla 35.*Costos de producción en una ha*

COSTO DE PRODUCCION DEL PASTO POR HA				
CONTENIDOS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR A PAGAR
A. COSTOS DIRECTOS				
1.Preparación del suelo				
Arado y cruza	hora/tractor	2	25	50
Surcado	hora/tractor	2	20	40
2.Mano de obra				
Siembra	jornal	2	12	24
Deshierbe	jornal	2	12	24
Riego	jornal	2	12	24
3.Insumos				
Semilla de Ray grass	kg	35	1.1	38.5
Fertilizante	kg	200	0.55	110.0
Libreta de campo	unidad	1	1	1
Pala	unidad	1	7	7
Estacas	unidad	60	2	120
Piola	unidad	2	4	8
Nivel	unidad	1	5	5
Cinta métrica	unidad	1	1	1
Azadón	unidad	1	8	8
Hoz	unidad	1	5	5
Pintura	litros	2	5	10
Rastrillo	unidad	1	3	3
SUBTOTAL A				478.50
B. COSTOS INDIRECTOS				
Análisis de suelo	unidad	5	70	350
Análisis bromatológicos	unidad	8	80	640
SUBTOTAL B				990
COSTO TOTAL (SUB TOTAL A + SUB TOTAL B)				1468.50

Con referencia a la tabla 36 se puede observar que los costos de los tratamientos en estudio varían, considerando las dosis para cada granulometría, el precio y la mano de obra.

Tabla 36

Costos variables

Costos variables de producción de Ray gras (ha)			
Tratamiento	Dosis (ha)	Malla (USD/ha)	Total
Gruesa	95	4.0	380.0
Media	108	5.4	583.2
Fina	113	6.1	689.3
Testigo	0	0.0	0.0

El análisis económico se calculó el costo de cada tratamiento donde se puede apreciar los costos variables y fijos, rendimiento y el costo de cada kg de producción, dando como resultado el análisis beneficio para cada uno de los tratamientos como muestra la tabla 37.

Tabla 37

Análisis económico de los tratamientos

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Total de costo que varían	Total de costos fijos	Total de costos de producción	Ingreso total (USD/ha)	Ben/Costo (USD/ha)
Gruesa	30928.89	380.0	1468.50	1848.50	2474.31	1.34
Media	47577.78	583.2	1468.50	2051.70	3806.22	1.86
Fina	41240.00	689.3	1468.50	2157.80	3299.20	1.53
Testigo	24515.56	0.0	1468.50	1468.50	1961.24	1.34

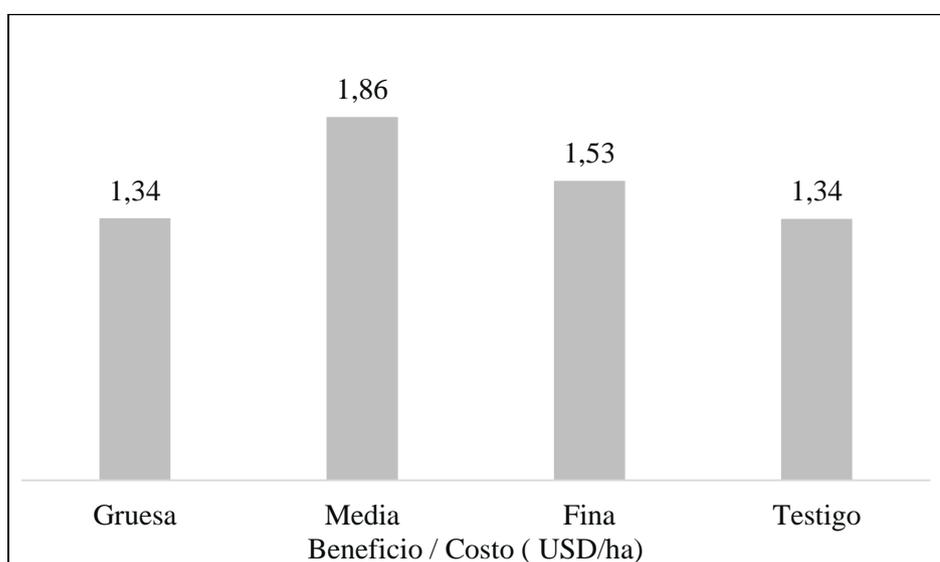
Para expresar los valores se toma en cuenta la siguiente interpretación: si el resultado es mayor a 1 representa una ganancia, si el resultado fue igual a 1 no se consideró ni ganancia ni perdida y si el resultado es menor a 1 se indica que se generó pérdidas (FAO, 2019).

En la figura 44 se indica el comportamiento del análisis económico de los tratamientos de las tres granulometrías y el testigo. Según los resultados del análisis se puede verificar

que la malla fina y media generan ganancias con valores de 1.53 y 1.86 USD respectivamente. Sin embargo, la granulometría media es la más representativa con relación a las otras granulometrías porque tiene un valor más elevado con relación a beneficio / costo de cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 0.86 USD. A diferencia de la granulometría media con relación al testigo hay un rango de diferencia de 0.52 USD, mientras que el testigo y la granulometría gruesa conservan los mismos valores de 0.34 USD, tomando en cuenta que los tratamientos de malla fina, gruesa y testigo no generaron pérdidas económicas, pero tampoco ganancias representativas.

Figura 44

Análisis económico USD/ha



El beneficio de las enmiendas en el suelo se ha atribuido a su alta fineza, por ser productos de malla 625 mesh, que permite una reacción química en el suelo muy fuerte y rápida, de manera similar a cómo reaccionaría un óxido de calcio (Valerio y Molina, 2015).

De acuerdo con Suclupe et al., (2018) el análisis económico, del estudio plan de enmiendas con la utilización de yeso agrícola y compost se apreció que el tratamiento experimental tuvo un mayor rendimiento y su costo fue más elevado, lo cual no permitió no tener una rentabilidad 0,24. Mientras que el costo/ beneficio para el tratamiento testigo fue de 0,79 de rentabilidad.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La granulometría media influyo en un 80 % en las variables: crecimiento de la planta, longitud de raíz, peso de raíz, materia verde, materia seca, macollamiento, índice de área foliar, pH del suelo y en la relación costo/beneficio de desarrollo en comparación a las demás granulometrías.
- La granulometría media aumento en un 48% la productividad de ray grass, obteniendo un peso de biomasa de 47577.78 kg/ha, con relación al testigo que se obtuvo 24515.56 kg/ha.
- El suelo inicialmente presento una acidez intercambiable alta (0.77 meq/100g) y al aplicar la enmienda mineral de granulometría media redujo la acidez a 0.30 meq/100g.
- Las aplicaciones de la enmienda mineral en sus tres granulometrías ayudaron a corregir la acidez del suelo, tomando en cuenta que el pH inicial fue acido (5.8) y posteriormente alcanzo un pH neutro de 6.8, 6.7 y 6.2.
- Se evidencio un ligero incremento de concentración en nitrógeno (11.5 a 16 mg/kg) una alta concentración de fósforo (75 a 100 mg/kg) y baja concentración de potasio (220 a 208 mg/kg) en el suelo al aplicar la enmienda mineral.
- Se demostró que el mejor beneficio/costo de producción, se logra utilizando la granulometría media (malla 100), donde por cada dólar invertido se genera una ganancia de 0.86 ctvs.

5.2 Recomendaciones

- Considerar el uso de la granulometría media para suelos tipo franco limoso, por la capacidad que tiene la granulometría fina de unirse a la porosidad del suelo. Sin embargo, en otros suelos de texturas más gruesas o más finas se recomendaría una dosis más alta para verificar el comportamiento de rendimiento del Ray grass anual.
- Dar continuidad a la presente investigación en donde se realice un mayor número de cortes, con la finalidad de analizar el comportamiento de cada una de las variables tanto agronómicas como de cosecha.
- Realizar un análisis químico del suelo al inicio, durante y al final del ciclo del cultivo, para analizar el comportamiento de los nutrientes disponibles en el suelo y las modificaciones de acidez intercambiable, pH del suelo entre otros componentes que son de relevancia para el desarrollo de la planta.
- Con el resultado obtenido y la representatividad de la granulometría media en cuestión, se recomienda utilizar diferentes dosis y de esta manera verificar si se logran rendimientos mayores a los obtenidos en esta investigación.

CAPÍTULO VI

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aedo, N. (2012). *Morfología de una gramínea y leguminosa típica*. Ecuador: INIA.
- Ancín, M. (2011). *Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*phaseolus vulgaris l. var alubia*) en el distrito de san juan de castrovirreyna huancavelica (perú)*. Perú: Universidad Pública de Navarra.
- Araya, M., Camacho, M., Molina, E., y Cabalceta, G. (2015). Evaluación de fertilizantes líquidos con silicio, calcio o magnesio sobre el crecimiento del sorgo en invernadero. *Agronomía Costarricense*, 54.
- Arévalo, G., y Castellano, M. (2009). Manual Fertilizantes y Enmiendas. *Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central "PROMIPAC"*, 34.
- Balocchi, O., Kusanovic, K., Loaiza, P., y López, I. (2013). Dinámica de crecimiento y calidad nutritiva de una pradera de *Lolium perenne L.* sometida a diferentes frecuencias de defoliación: periodo primavera-verano. *AGROSUR*, 41(1): 11-21.
- Barriga, A., Bórquez, R., Leal, J., Castro, L., y Gutiérrez, M. (Diciembre de 2017). Rehabilitación de un suelo salino con yeso agrícola. *Tierra latinoamerica Volumen 36*, págs. 86-87.
- Bonifaz, N., León, R., y Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador*. Quito-Ecuador: Universitaria Abya-Yala.
- Bonilla, J. (2020). *Evaluación de la eficiencia de giberelinas en la producción de fréjol arbustivo (*phaseolus vulgaris l.*) var. iniap 430 portilla, en la granja experimental "la pradera"*. IBARRA:repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10291/2/03%20AGP%20260%20TRABAJO%20GRADO.pdf.
- Calva, C. (2016). *Efecto de la aplicacion de cuatro materiales de encalado en control de acidez de un suelo ácido*. Loreto : Universidad Central del Ecuador .

- Calva, C., y Espinosa, J. (6 de Septiembre de 2017). *Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana*. págs. 116-117.
- Calvache, M. (2016). *física del suelo y su relación con los problemas ambientales*. Santo Domingo: Sociedad Ecuatoriana de la ciencia del suelo.
- Camacho, M., Cabalceta, G., y Molina, E. (2015). Efecto de las enmiendas líquidas en un Ultisol cultivado con sorgo. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2):291-303.
- Castillo, H. (2015). Cultive pasto rye grass para la alimentación del ganado en la época invernal en el norte y centro de Tamaulipas. *México: Sagapra*.
- Ciampitti, I., y García, F. (2017). *Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I. Cereales, Oleaginosos e Industriales*. Buenos Aires: INPI.
- Cobos, F., y Narváez, D. (2018). *Fenología y producción de Rye grass (Lolium multiflorum) bajo sistema de labranza convencional y alternativa en la Granja de Iruquis*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- COLINA. (2019). *Fichas técnicas*. Cuenca-Ecuador.
- Cordero, Contreras, J., Curasma, J., Tunque, M., y Enríquez, D. (2018). Degradabilidad y estimación del consumo de forrajes y concentrados en alpacas (*Vicugna pacos*). *Rev Inv Vet Perú*, págs. 3-4.
- Demagnet, R. (2013). *Pastizales en el sur de Chile*. Chile: Universidad de la frontera.
- Díaz, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Habana Cofín*, 322-343.
- Domínguez, M., Castellanos, J., y Orozco, G. (30 de Enero de 2017). *Manejo y corrección de la acidez de los suelos*. pág. 1.

- Enríquez, J., Moya, E., Garay, A., Perez Amaro, J. A., Pérez, J., y Carrillo, A. (2015). Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto Técnica Pecuaria en México. *Técnica Pecuaria en México*.
- Espinosa, J., y Molina, E. (2008). *Acidez y encalado del suelo*. INPI, 1-20.
- Espinoza, I., Zenteno, M., Cargua, J., y Moreira, V. (2018). *Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas. Los Ríos - Ecuador*: file:///C:/Users/Daito/Downloads/Dialnet.PropiedadesFisicasDelSueloEnDiferentesSistemasAgri-6587923%20(1).pdf.
- Espinoza, J. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de suelos*. Quito-Ecuador: INPI.
- FAO. (2019). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. En Guía de análisis beneficio costo. *Aplicación para medidas de adaptación al cambio climático en el sector Agropecuario*. Montevideo, Uruguay.
- Feuchter, F. (2017). *Estimación de costos de producción en una pradera irrigada de zacate Maralfalfa Pennisetum purpureum Schumacher*. engormix, 5.
- Furcal, P. (Enero de 2012). *Efecto del silicio en la fertilidad del suelo, en la incidencia de enfermedades y rendimiento de cultivo de arroz (Oryza sativa) var CR 4477*. págs. 17-18.
- GAD. (2019). *Gobierno Autónomo descentralizado del Cantón Bolívar*. Atuntaqui: Municipio.
- Gaibor, S. (2016). *Comportamiento agronómico y valoración nutricional de la Asociación de kudzu tropical (pueraria phaseloides) con pasto saboya (panicum maximun), y pasto brachiaria decumbens (brachiaria decumbens)*. Quevedo: UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO.
- Gallardo. (2013). *Competencia entre Lolium perenne L. y Agrotis capillaris L. en praderas permanentes pastoreadas por ovinos en primavera*. 1–23.

- Garay, M., Cienfuegos, R., Espinosa, M., y Zárate, F. . (2012). Análisis de crecimiento inicial de cinco genotipos de *brachiaria* en trópico húmedo. *Revista de Investigación Científica UTE*.
- Garbanzo, G., Molina, E., y Cabalceta, G. (2016). Efecto de la aplicación de enmiendas líquidas en el suelo y en el crecimiento de maíz bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, vol. 40, núm. 2, pp. 33-52.
- García, F. (2002). *El ciclo del nitrógeno en ecosistemas agrícolas*. Obtenido de <http://www.econoagro.com/images/stories/pdf/agricultura/Ciclonitrogeno.pdf>
- Guaña, J. (2018). *Produccion de kikuyo (Pennisetum clandestinum Hochst) con dos alturas de corte, cinco niveles de fertilizacion nitrogenadas y en mezcla con trebol blanco (Trifolium repens L)*. Quito-Ecuador.
- Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador*. Quito.
- Gutiérrez, O., y Rivera, M. (2015). *Evaluar el efecto de enmiendas nutricionales sobre el crecimiento y rendimiento del rábano (Raphanus sativus L) en época seca en la Hacienda experimental Las Mercedes, Managua, Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria, 10.
- INATEC. (2016). *Manual de protagonistas pastos y forrajes*. Ecuador: MAG.
- INEC. (2017). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Quito: ESPAC.
- Jaramillo, R., y Espinosa, J. (2017). Optimización de la aplicación de enmiendas y fertilizantes. *IPNI*, 2. Obtenido de <http://www.ipni.net/>
- Lara, F. (2020). *Estudio de la fertilización edáfica y foliar sobre crecimiento y calidad*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- León, R., Gutierrez, F., y Bonifaz, N. (2018). *Pastos y Forrajes del Ecuador*. Cuenca - Ecuador: ABYA YALA.
- MAG. (2017). *Ministerio de Agricultura y ganadería*. Ecuador: SIGTIERRAS.

- Manetti, F., y Fernández, D. (2008). Momento de aplicação de calcário e gesso em um latossolo vermelho distrófico, no desenvolvimento inicial do milho. *Rev. Botucatu (Brasil)*, 23(2):14-30.
- Masache, J., y Galarza, D. (2015). Rendimiento de una pastura coasociada implantada con cuatro sistemas de labranza alternativos y análisis económico de cada sistema. *MASKANA*, 197–198.
- Molina, E., y Espinoza, J. (1999). *Acidez y encalado de suelos*. Quito-Ecuador: INPI.
- Moraga, E. (2021). *Enmiendas orgánicas y sintéticas y su efecto en la producción de maíz (Zea mays L.) y frijol (Phaseolus vulgaris L.) y en la fertilidad de suelo*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Muena, V., González, I., y Neaman, A. (2016). Efectos del encalado y la fertilización nitrogenada sobre el desarrollo de *Oenothera affinis* en un suelo afectado por la minería del cobre. *Cien. Suelo Nutr. Veg*, 10(2):102-114.
- Muñoz, A. (2016). *Texto básico para profesional en ingeniería forestal. en el área de fisiología vegetal*. Perú: <https://www.unapiquitos.edu.pe/pregrado/facultades/forestales/descargas/publicaciones/FISIO-TEX.pdf>.
- Noriega, G., Cárcamo, B., Gómez, A., Schwentesius, R., y Cruz, S. (2014). Intensificación de la producción en la agricultura orgánica: caso café. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 166.
- Ochoa, D., y Mendoza, J. (2015). *Evaluar el efecto de enmiendas nutricionales sobre el crecimiento y rendimiento del rábano (Raphanus sativusL) en época seca en la Hacienda experimental Las Mercedes*. Managua, Nicaragua: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA.
- Percy, C. (2016). *Manual de pastos cultivados. En Manual pastos cultivados (pág. 47)*. Peru: http://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/.

- Pire, R., y Pereira, A. (2018). Tamaño de los poros del suelo y crecimiento de raíz y vástago del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Agrociencia*, vol.52 no.5 .
- Primo, H. (2018). *Producir XXI*. Obtenido de <https://www.producirxxi.com.ar/uncategorized/cuanto-cuesta-1-kgms-de-forraje/>
- Quiroga, M. (2016). *Aplicaciones de Silicio en cultivo de pepino (Cucumis sativus L) variedad midan, en condiciones de estrés hídrico bajo la cubierta*. Bogotá: U.D.C.A.
- Sánchez, E., y Huanio, L. (2017). *Determinación de la granulometría optima del Carbonato de calcio obteniendo de la cascara de huevo para el mejoramiento de suelos ácidos*. Perú:
<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2984/46309.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Sandoval, C., y Rivas, A. (2015). *Caracterización fenotípica de dos variedades de pastos, Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum (Cuba OM-22) y Pennisetum purpureum (Cuba CT-169), en condiciones del trópico seco*. Managua, Nicaragua:
<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01p293.pdf>.
- SIGTIERRAS. (2017). *Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica*. Quito-Ecuador: MAG.
- Suclupe, D., Gonzáles, F., Quiñones, P., y Terán, J. (2018). *Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo*. <https://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>.
- Toledo, M. (2016). *Dirección de Ciencia y tecnología Agropecuaria*. Honduras:
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf?sequence=1>. Obtenido de Innovación para la seguridad alimentaria y nutricional:
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf?sequence=1>
- Tomas, M. (2017). *Aplicación de citrato de calcio y sulfato de calcio (Asparagus officinalis L)*. Lima-Perú.

- Toulber, N., Balocchi, O., y Parga, J. (2007). Manejo de pastoreo. *Chile: ANASAC*.
- Tumbaco, S. (2019). *Rendimiento de materia verde de dos híbridos de maíz para ensilaje en la comuna dos mangas*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Valerio, J., y Molina, E. (2015). Evaluación de una fuente de enmienda líquida en el rendimiento de arroz en un Ultisol. *Costarricense* 36, 89-96.
- Vargas, C. (2011). *Producción de forrajes Ray Grass (Lolium perenne)*. Riobamba: ESPOCH.
- Velazco, A. (2015). *Evaluación de diferentes dosis de enmiendas húmicas en la producción de forraje primaria de forraje de lolium perenne*. Riobamba: Escuela Politecnica del Chimborazo.
- Velazco, J. (diciembre de 2016). *Red Agrícola*. Obtenido de Red Agrícola : <https://www.redagricola.com/cl/las-ventajas-de-un-sistema-innovador-pero-poco-usado-en/#:~:text=Adem%C3%A1s%20al%20sembrar%20cultivos%20escardados,c ondiciones%20de%20humedad%20en%20los>
- Vibrans, H. (23 de Agosto de 2009). *Malezas de México Lolium multiflorum*. Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/lolium-multiflorum/fichas/ficha.htm>
- Zambrano, A. (2015). *Efecto de Acondicionamiento de tres Enmiendas de Silicato magnésicas enriquecidas en roca fosfórica en el cultivo de palma de aceite*. Santo Domingo: UTEQ.
- Zaragoza, J., Hernández, A., Pérez, J., Herrera, J., Osnaya, F., Pedro, M., y González, S. (2009). Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo. *Técnica Pecuaria en México*, vol. 47, pp. 173-188.

CAPÍTULO VII

7. ANEXOS

Anexo 1. Elección del terreno



Anexo 2. Muestreo del predio



Anexo 3. Preparación del suelo



Anexo 4. Delimitación de parcelas



Anexo 5. *Germinación de semillas***Anexo 6.** *Aplicación de la enmienda*

Anexo 7. Siembra de Ray grass



Anexo 8. Fertilización



Anexo 9 *Análisis general de suelo previo a la investigación.*

Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

	Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Pastos - Cultivo Intensivo	Resultado
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	-	5 - 15	4.2
	Textura	-	-	"franca arenosa" hasta "franca arcillosa"	Franca
	Fracción de Partículas	%	-	-	Arena: 35 %, Limo: 47 %, Arcilla: 18 %
	Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	meq/100g	-	> 15	13.0
	Acidez Intercambiable	meq/100g	-	< 0.5	0.77
	Aluminio Intercambiable	meq/100g	-	< 0.3	< 0.05
	Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	0.2 - 0.5	0.17
	pH (en H ₂ O)	-	Vol. 1:2	-	6.6
	pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	5.5 - 7.5	5.8
Macronutrientes	Nitrato (NO ₃ -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	7.9
	Amonio (NH ₄ -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	3.6
	(NO ₃ +NH ₄)-N	mg/kg	-	30 - 50	11.5
	Fósforo (P)	mg/kg	NaHCO ₃ 0.5M	20 - 35	75.0
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	125 - 250	220
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	45 - 90	117
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	400 - 1200	411
	Azufre (SO ₄ -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 20	7.8
Micronutrientes	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	20 - 50	76.0
	Manganeso (Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	4 - 20	30.5
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1.3 - 5.0	3.3
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	2.5 - 10	4.1
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0.15 - 0.60	0.23
	Silicio (Si)	mg/kg	Extracto Agua	-	44.1
Peligro de Salinidad	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	11.4
	Cloruro (Cl ⁻)	mg/kg	Extracto Agua	< 210	15.5
	Sales Totales	mg/kg	Extracto Agua	< 2000	143

Anexo 10. Primer análisis bromatológico, en el primer corte.

Código Agrarprojekt: IND-030221

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS				
Tipo de Muestra:	Hojas			
Cultivo:	Pastos			
Número de Muestra:	# 1	# 2	# 3	# 4
Información Proporcionada por el Cliente:	Testigo	Fina, Malla 200, Corrector	Media, Malla 100, Corrector	Gruesa, Malla 40, Corrector

Contenido de macro-y microelementos en Materia Seca (macroelementos en %, microelementos en ppm equivalente a mg/kg o µm/g)

Análisis	Unidades	* Niveles normales de Pastos Mixtos (mezcla de diferentes especies forrajeras)	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Nitrógeno Total (N)	%	2.60 – 5.00	2.97	3.84	3.81	3.34
Fósforo (P)	%	0.35 – 0.60	0.50	0.55	0.56	0.56
Potasio (K)	%	2.00 – 3.50	4.18	4.30	4.44	4.26
Magnesio (Mg)	%	0.20 – 0.60	0.18	0.20	0.20	0.19
Calcio (Ca)	%	0.60 – 1.20	0.40	0.44	0.46	0.42
Azufre (S)	%	0.25 - 0.55	0.20	0.29	0.30	0.25
Sodio (Na)	%	0.02 – 0.20	0.06	0.07	0.09	0.04
Hierro (Fe)	ppm	80 – 250	116	134	151	118
Manganeso (Mn)	ppm	50 – 150	22.8	25.8	29.4	23.0
Cobre (Cu)	ppm	5 – 12	9.8	10.2	11.5	10.5
Zinc (Zn)	ppm	20 – 70	20.4	24.2	25.8	22.8
Boro (B)	ppm	15 – 50	19.9	21.6	29.4	24.0

Anexo 11. Segundo análisis bromatológico en el tercer corte

Código Agrarprojekt: IND-300321

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS				
Tipo de Muestra:	Hojas			
Cultivo:	Pastos			
Número de Muestra:	# 1	# 2	# 3	# 4
Información Proporcionada por el Cliente:	Testigo	Malla Fina	Malla Media	Malla Gruesa

Contenido de macro- y microelementos en Materia Seca (macroelementos en %, microelementos en ppm equivalente a mg/kg o µm/g)

Análisis	Unidades	* Niveles normales de Pastos Mixtos (mezcla de diferentes especies forrajeras)	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Nitrógeno Total (N)	%	2.60 – 5.00	2,31	2,66	2,98	3,66
Fósforo (P)	%	0.35 – 0.60	0,59	0,63	0,66	0,65
Potasio (K)	%	2.00 – 3.50	5,32	5,46	5,50	5,44
Magnesio (Mg)	%	0.20 – 0.60	0,21	0,24	0,26	0,28
Calcio (Ca)	%	0.60 – 1.20	0,46	0,53	0,58	0,48
Azufre (S)	%	0.25 - 0.55	0,22	0,23	0,35	0,29
Sodio (Na)	%	0.02 – 0.20	0,11	0,18	0,24	0,30
Hierro (Fe)	ppm	80 – 250	104	118,2	126,9	110
Manganeso (Mn)	ppm	50 – 150	22,6	43,6	46,4	42,6
Cobre (Cu)	ppm	5 – 12	7,8	9,2	10,7	11,1
Zinc (Zn)	ppm	20 – 70	19,0	21,8	23,6	22,4
Boro (B)	ppm	15 – 50	35,0	41,0	48,2	46,6

Anexo 12. Segundo análisis de suelo

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS								
Tipo de Muestra:				Suelo				
Cultivo:				Pastos				
Número de Muestra:				# 1	# 2	# 3	# 4	
Información Proporcionada por el Cliente:				Testigo	Malla Fina	Malla Media	Malla Gruesa	
Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco								
Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Pastos - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	-	5 - 15	3,7	3,9	4,2	4,0
	Acidez Intercambiable	meq/100g	-	< 0,5	0,77	0,67	0,33	0,28
	Aluminio Intercambiable	meq/100g	-	< 0,3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	0,2 - 0,5	0,17	0,67	0,67	0,77
	pH (en H ₂ O)	-	Vol. 1:2	-	6,6	6,5	7,3	7,5
	pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	5,5 - 7,5	5,8	6,2	6,8	6,7
Macronutrientes	Nitrato (NO ₃ -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	7,9	5,4	5,7	5,0
	Amonio (NH ₄ -N)	mg/kg	NaCl 0,05 M	-	3,6	4,2	1,9	1,4
	(NO ₃ +NH ₄)-N	mg/kg	-	30 - 50	11,5	11,2	15,8	16,2
	Fósforo (P)	mg/kg	NaHCO ₃ 0,5M	20 - 35	75	127	125	123
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0,05 M	125 - 250	220	208	143	92,5
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0,05 M	45 - 90	117	148	132	140
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0,05 M	400 - 1200	418	596	615	608
	Azufre (SO ₄ -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 20	7,8	8,1	11,4	12,3
Micronutrientes	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	20 - 50	76	69	55	56,5
	Manganeso (Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	4 - 20	30,5	26,6	16,1	18,8
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1,3 - 5,0	3,3	3,1	2,8	2,7
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	2,5 - 10	4,1	3,6	4,4	4,6
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0,15 - 0,60	0,23	0,31	0,57	0,62
Peligro de Salinidad	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	11,4	18	16,5	15,0
	Cloruro (Cl ⁻)	mg/kg	Extracto Agua	< 210	15,5	16,5	4,2	8,8
	Sales Totales	mg/kg	Extracto Agua	< 2000	143	556	559	642