



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

Efecto de la aplicación de dos abonos orgánicos bajo tres densidades de siembra en remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.).

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGROPECUARIO

Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales

SUBLINEA: Desarrollo y sostenibilidad

AUTOR: GIOMARA MARÍA RODRÍGUEZ ROSERO

ASESOR: MSc. MARITZA DE LOS ANGELES MIER QUIROZ

Ibarra, 27 de febrero del 2024

Ibarra, 27 de febrero del 2024

MSc. MARITZA DE LOS ANGELES MIER QUIROZ
ASESOR

CERTIFICACIÓN:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f).....

MSc. MARITZA DE LOS ANGELES MIER QUIROZ

C.C.: 1002878286

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f).....
MSc. Maritza de los Ángeles Mier Quiroz

C.C.: 1002878286



(f).....
MSc. Edwin Fernando del Pozo Villacis

C.C.: 1001756566



(f).....
PhD. José Valdemar Andrade Cadena

C.C.: 1001927167

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo GIOMARA MARIA RODRIGUEZ ROSERO, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 27 de febrero del 2024



f):

GIOMARA MARIA RODRIGUEZ ROSERO

C.C.: 0401936562

AUTORÍA

Yo, GIOMARA MARIA RODRIGUEZ ROSERO, portador de la cédula de ciudadanía N°, 0401936562 declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



f):

GIOMARA MARIA RODRIGUEZ ROSERO

C.C.: 0401936562

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, GIOMARA MARIA RODRIGUEZ ROSERO, con C.C.: 0401926562, autor del trabajo de grado intitulado: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS ABONOS ORGÁNICOS BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN REMOLACHA FORRAJERA (*Beta vulgaris* L.) previo a la obtención del título profesional de Ingeniería Agropecuaria, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontifica Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 27 de febrero del 2024



f):

GIOMARA MARIA RODRIGUEZ ROSERO

C.C.: 0401936562

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS ABONOS ORGÁNICOS BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN REMOLACHA FORRAJERA (*Beta vulgaris* L.), lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con 13 de marzo del 2023.

Para constancia firma:



f):

GIOMARA MARIA RODRIGUEZ ROSERO

Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación

C.C/ Pasaporte: 0401936562

Carrera: Ingeniería Agropecuaria

Ibarra, 27 de febrero del 2024

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada:

A mi hija, Killary Estrella, quien ha sido mi fuente constante de inspiración y motivación, siempre has sido mi razón para superar los desafíos y perseverar en mis metas. Gracias por ser la luz de mi vida y por hacer que cada día sea especial. Te amo más de lo que las palabras pueden expresar.

A mis padres, Marcela y Segundo, cuyo amor, sacrificio y apoyo incondicional han hecho posible este logro. Cada página de esta tesis lleva un poco de su dedicación y valentía. Gracias por inspirarme a ser la persona que soy y por alentarme a perseguir mis sueños. Este logro es vuestro tanto como mío.

A mi esposo, Washington Estrella, mi compañero de vida y mi roca en cada desafío. Tú has sido mi fuente de inspiración, mi apoyo inquebrantable y mi razón para nunca renunciar. Esta tesis es un testimonio de nuestro amor y de las metas que hemos alcanzado juntos. Gracias por creer en mí y por estar a mi lado en este viaje.

A mi hermana, Damaris, mi confidente y amiga incondicional. A lo largo de este viaje académico, has sido mi fuente constante de apoyo, ánimo y sabiduría. Esta tesis es un tributo a nuestra unión y a todo lo que he aprendido a tu lado. Gracias por estar siempre allí para mí y por inspirarme a ser la mejor versión de mí misma.

Giomara María

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento eterno a Dios por ser la fuente que me impulsa a avanzar, por haberme guiado por el camino adecuado, por protegerme de las dificultades a lo largo de estos años y por su amor infinito y compasión.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a esta prestigiosa institución de aprendizaje Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, durante mi tiempo aquí, he tenido el privilegio de ser parte de una comunidad académica excepcional que ha nutrido mi crecimiento intelectual y personal.

Quiero agradecer a la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), a los docentes y a mis compañeros de clase por su apoyo, orientación y amistad a lo largo de mi viaje. Cada experiencia en esta universidad ha contribuido a mi formación y me ha preparado para los desafíos futuros.

Con mucho cariño a mi Asesora MSc. Maritza Mier, por compartir conmigo su conocimiento y por brindarme su mano amiga.

Giomara María

ÍNDICE

PORTADA.....	
CERTIFICACIÓN:.....	i
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	ii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	iii
AUTORÍA	iv
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN.....	v
DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
CAPÍTULO I.....	18
INTRODUCCIÓN.....	18
CAPÍTULO II.....	21
OBJETIVOS.....	21
2.1. Objetivo general	21
2.2. Objetivos específicos.....	21
2.3. Hipótesis.....	21
CAPÍTULO III	22
ESTADO DEL ARTE	22
3.1. Nutrición animal.....	22

3.2. Remolacha forrajera (<i>Beta vulgaris</i> L.).....	23
3.2.1. Valor nutricional.....	24
3.2.2. Siembra.....	25
3.2.3. Densidad de siembra	25
3.2.4. Requerimientos Edafoclimáticas.....	27
3.2.5. Ciclo del cultivo	29
3.2.6. Importancia de la remolacha forrajera dentro de la nutrición animal.....	30
3.2.7. Alimentación en animales de producción, a base de remolacha forrajera.....	31
3.3. Fertilización de la remolacha forrajera.....	33
3.4. Abonos Orgánicos	34
3.4.1. Tipos de abonos orgánicos	35
3.4.1.1. Abono compost.....	35
3.4.1.2. Turba	36
3.4.1.3. Guano	36
3.4.1.4. Cenizas	36
3.4.1.5. Biofertilizantes	37
3.5. Biol.....	37
3.5.1. Fabricación del biol	38
3.5.2. Dosis de aplicación.....	39
3.5.3. Composición química.....	39
3.6. Biol a base de estiércol de bovino	40
3.6.1. Composición química.....	41
3.7. Biol a base de estiércol de ovino.	41
3.7.1 Composición química.....	42
CAPÍTULO IV	43
MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
4.1 Delimitación Espacial.....	43
4.2. Materiales	44
4.3. Diseño Experimental	45
4.4. Factores en estudio	45
4.5. Factores en estudio	48

4.5.1. Factor A	48
4.5.2. Factor B	48
4.6. Variables Dependientes	48
4.6.1. Altura de plantas (conformación aérea y raíz).....	48
4.6.2. Número de hojas.....	49
4.6.3. Diámetro y longitud de raíz.....	49
4.6.4. Rendimiento t ha ⁻¹ MV	49
4.6.5. Composición química de la planta	49
CAPÍTULO V	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
5.1. Supuestos de validación de los modelos ANOVAs.....	50
5.2. Altura de plantas (cm)	50
5.3. Número de hojas.....	54
5.4. Diámetro de raíz (cm).....	58
5.5. Longitud de la raíz (cm).....	61
5.6. Rendimiento t ha ⁻¹ MV.....	65
5.7. Composición química de la planta	69
CAPÍTULO VI.....	71
CONCLUSIONES.....	71
CAPÍTULO VII.....	72
RECOMENDACIONES	72
CAPÍTULO VIII	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis nutricional de la remolacha forrajera.....	24
Tabla 2 Representación abreviada.	32
Tabla 3 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N) y composición química de los abonos orgánicos.	34
Tabla 4 Plan de preparación de 200 litros de biol.....	38
Tabla 5 Composición nutricional del biol.	39
Tabla 6 Composición Química del biol a base de estiércol bovino.....	41
Tabla 7 Composición Química del biol a base de estiércol ovino.	42
Tabla 8 Ubicación de la fase experimental.....	44
Tabla 9 Materiales utilizados para la determinación del efecto de la aplicación de dos abonos orgánicos bajo tres densidades de siembra en remolacha forrajera (<i>Beta vulgaris</i> L.).	44
Tabla 10 Esquema de análisis de varianza ANOVA.	45
Tabla 11 Manejo del experimento para la determinación del efecto de la aplicación de dos abonos orgánicos bajo tres densidades de siembra en remolacha forrajera (<i>Beta vulgaris</i> L.).	46
Tabla 12 Análisis de normalidad, homogeneidad, aleatoriedad y autocorrelación.	50
Tabla 13 Análisis de varianza de altura de la planta con tratamientos de abono y densidad.....	51
Tabla 14 Análisis de varianza de número de hojas de la planta con tratamientos de abono y densidad.	54
Figura 9 Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable número de hojas de la planta en el efecto de la densidad.....	56
Tabla 15 Análisis de varianza del diámetro de la raíz con tratamientos de abono y densidad.	59
Tabla 16 Análisis de varianza de longitud de la raíz con tratamientos de abono y densidad.	61
Tabla 17 Análisis de varianza de rendimiento t ha ⁻¹ MV de la planta con tratamientos de abono y densidad.	65
Tabla 18 Composición química de la remolacha forrajera por tipo de abono.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo del cultivo de la remolacha forrajera	30
Figura 2 Mapa de Localización de la fase experimental	43
Figura 3 Prueba de significancia Tukey al 5% de los tratamientos con altura de la planta.	51
Figura 4 Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable altura de la planta en el efecto del abono. ...	52
Figura 5 Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable altura de la planta en el efecto de densidad. ..	53
Figura 6 Prueba de significancia Tukey al 5% de la interacción entre la abono y densidad de siembra en relación con la altura de la planta.	53
Figura 7 Prueba de significancia Tukey al 5% de los tratamientos con número de hojas de la planta.....	55
Figura 8 Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable número de hojas de la planta en el efecto del abono.	55
Figura 9 Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable número de hojas de la planta en el efecto de la densidad.....	56
Figura 10 Prueba de significancia Tukey al 5% de la interacción entre la abono y densidad de siembra en relación con el número de hojas.	57
Figura 11 Prueba de significancia Tukey al 5% de los tratamientos del diámetro de la raíz.....	59
Figura 12 Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable diámetro de raíz en el efecto del abono.	60
Figura 13 Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable diámetro de raíz en el efecto de la densidad.	60
Figura 14 Prueba de significancia Tukey al 5% de la interacción entre la abono y densidad de siembra en relación con diámetro de raíz.....	61
Figura 15 Prueba de significancia Tukey al 5% de los tratamientos de longitud de la raíz.....	62
Figura 16 Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable longitud de raíz en el efecto del abono.....	63
Figura 17 Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable longitud de raíz en el efecto de la densidad.	63
Figura 18 Prueba de significancia Tukey al 5% de la interacción entre la abono y densidad de siembra en relación con longitud de raíz.	64
Figura 19 Prueba de significancia Tukey al 5% de los tratamientos de rendimiento t ha ⁻¹ MV del cultivo de remolacha forrajera.....	66

Figura 20 Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable rendimiento $t\ ha^{-1}$ MV en el efecto del abono.	67
Figura 21 Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable rendimiento en el efecto de la densidad.	67
Figura 22 Prueba de significancia Tukey al 5% de la interacción entre la abono y densidad de siembra en relación con rendimiento $t\ ha^{-1}$ MV.....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Reporte de análisis de suelo.	77
Anexo 2 Preparación del biol a base de estiércol de bovino y ovino.	78
Anexo 3 Preparación del terreno y siembra de la remolacha forrajera.	79
Anexo 4 Aplicación del biol.	81
Anexo 5 Toma de datos de cada tratamiento.	81
Anexo 6 Base de datos	82

RESUMEN

La remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.) destaca por su contenido elevado de carbohidratos, particularmente azúcares solubles, como la sacarosa (15% - 20%), lo cual la posiciona como una fuente altamente energética para la alimentación animal. Para optimizar el rendimiento de este cultivo, es importante evaluar el comportamiento agronómico, dentro de esto manejar una densidad de siembra apropiada, con el fin de evitar la competencia por recursos y favorecer el desarrollo saludable de cada planta, sin dejar de lado el manejo eficiente en cuanto a la nutrición de los cultivos, destacando el uso abonos orgánicos, que en la actualidad se están implementando de manera creciente en la producción de cultivares, debido a los elevados costos de producción. Ante lo expuesto la presente investigación se la realizó en la comunidad de Ushapungo, perteneciente al cantón de Cotacachi, la cual tuvo como objetivo evaluar tres densidades de siembra (D1= 0.25 cm x 0.25 cm, D2= 0.30 cm x 0.25 cm y D3 = 0.35 cm x 0.25 cm), establecidas en surcos, sobre el rendimiento de remolacha forrajera y el efecto de la aplicación de abonos orgánicos líquidos (E1= abono de ovino, E2= abono de bovino, E3= abono de bovino %50 más ovino%50) y E4 testigo (sin fertilización), mediante las variables de altura (cm), número de hojas, diámetro (cm) y longitud (cm) de raíz y el peso ($t\ ha^{-1}$), se determinó que el tratamiento E2:D3 tiene un rendimiento mayor de 130.56 $t\ ha^{-1}$ MV en comparación al tratamiento E4:D1 la cual obtuvo un rendimiento menor de 67.20 $t\ ha^{-1}$ MV. La investigación presenta hallazgos importantes para la producción de remolacha forrajera y destaca la importancia de la densidad de siembra y la aplicación de abonos orgánicos para optimizar el rendimiento.

Palabras clave: Enmiendas orgánicas, composición química, densidad de siembra, rendimiento ($t\ ha^{-1}$).

ABSTRACT

Fodder beet (*Beta vulgaris* L.) stands out for its high carbohydrate content, particularly soluble sugars, such as sucrose (15% - 20%), which positions it as a highly energetic source for animal feed. To optimize the performance of this crop, it is important to evaluate the agronomic behavior, within this to manage an appropriate planting density, in order to avoid competition for resources and promote the healthy development of each plant, without neglecting efficient management. in terms of crop nutrition, highlighting the use of organic fertilizers, which are currently being increasingly implemented in the production of cultivars, due to high production costs. Given the above, the present investigation was carried out in the community of Ushapungo, belonging to the canton of Cotacachi, which had the objective of evaluating three planting densities (D1 = 0.25 cm x 0.25 cm, D2 = 0.30 cm x 0.25 cm and D3 = 0.35 cm x 0.25 cm), established in furrows, on the yield of fodder beet and the effect of the application of liquid organic fertilizers (E1= sheep fertilizer, E2= bovine fertilizer, E3= bovine fertilizer %50 plus sheep% 50) and E4 control (without fertilization), through the variables of height (cm), number of leaves, diameter (cm) and length (cm) of root and weight (t ha⁻¹), it was determined that the E2 treatment :D3 has a higher yield of 130.56 t ha⁻¹ MV compared to treatment E4:D1 which obtained a lower yield of 67.20 t ha⁻¹ MV. The research presents important findings for fodder beet production and highlights the importance of sowing density and the application of organic fertilizers to optimize yield.

Keywords: Organic amendments, chemical composition, sowing density, organic fertilizers, yield (t ha⁻¹).

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En sistemas de producción animal su alimentación está basada principalmente en pastos y forrajes, los cuales muchas veces se enfrentan comúnmente a limitaciones nutricionales que se caracterizan por altos contenidos de fibra superior al 30% en base de materia seca (MS), niveles reducidos de nitrógeno por debajo del 10% en base de MS, carbohidratos solubles limitados (inferior al 5-10% en base de materia seca), baja digestibilidad y desequilibrios minerales (Valverde 2019).

Para Zalama (2021), la limitación nutricional de las pasturas y forrajes naturales se presenta como un desafío fundamental, ya que estas, aunque constituyen la base de la dieta, no pueden proporcionar de manera completa los nutrientes necesarios en las cantidades requeridas para satisfacer las necesidades específicas de cada especie. La incorporación de suplementos en las dietas animales, con un enfoque específico en corregir deficiencias nutricionales y mejorar el rendimiento, se ha convertido en un componente esencial en las prácticas de alimentación animal. Esta estrategia asegura proporcionar un equilibrio adecuado de nutrientes, lo que, a su vez, garantiza un rendimiento óptimo en los sistemas de producción animal.

Los suplementos alimenticios como el ensilaje, el heno, los nabos, la remolacha forrajera entre otros son fundamentales para mejorar la dieta y salud de los animales en sistemas de producción animal. El ensilaje, resultado de la fermentación de forrajes, aporta una fuente rica en energía (65% - 70%), proteína (7% - 10%), carbohidratos (azúcares 1% - 4% y almidón 20% - 40%) y FDN (30% - 45%), mejorando la calidad general de la dieta. El heno, al ser una forma seca de forraje, proporciona FDN (40% - 65%), proteína (8% - 20%), carbohidratos (azúcares 1% - 10% y almidón 1% - 8%), grasa (5%) para mantener la salud digestiva y el peso adecuado. Los nabos, ricos en carbohidratos (8%-15%) y minerales como el potasio (0.5% - 2%) siendo uno de los más predominantes, mejoran la palatabilidad. Mientras que la remolacha forrajera, con raíces y hojas nutritivas, es una fuente concentrada de carbohidratos (sacarosa 15% - 20%) y fibra (10% y el 20%). Estos suplementos son estratégicamente utilizados para abordar las

limitaciones nutricionales de las pasturas naturales y garantizar un equilibrio nutricional óptimo para el rendimiento y bienestar de los animales (Herrería, 2022).

Según, Alcívar (2019), dentro de los suplementos forrajeros que se pueden implementar con buenos resultados según las experiencias que se ha realizado en Ecuador es la remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.), la cual se destaca por ser es una fuente significativa de energía (3.2 Mcal kg⁻¹ MS) para los animales debido a su contenido principalmente de carbohidratos, especialmente sacarosa 12% - 20%.

Hernández (2019), llevó a cabo un estudio enfocado en la suplementación energética para vacas en fase de producción utilizando remolacha forrajera. La dieta consistía específicamente en pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), y 17 kg de remolacha forrajera con un aporte energético de 2.4 kg. Este estudio generó resultados positivos en la producción de leche, con un aumento del 8.39%, el peso de las vacas experimentó un incremento del 3%. Es importante destacar que la remolacha forrajera, cuando se utiliza como suplemento energético en cantidades de 17 - 28 kg/día/animal, tiene la capacidad de reemplazar hasta un 100% del concentrado.

Según, Miranda et al. (2020), el cultivo de remolacha forrajera puede desarrollarse en un rango de temperaturas de 8 a 25 °C, requiere suelos francos a francos arenosos, bien drenados y con buena capacidad de retención de humedad, mostrando tolerancia a la salinidad. Para un crecimiento saludable, se beneficia de suelos fértiles y bien equilibrados en nutrientes, con un pH en el rango de 6.0 a 7.5. El suministro de agua es esencial. Además, la remolacha forrajera prospera en lugares con buena luminosidad, aprovechando la luz solar para llevar a cabo la fotosíntesis y acumular azúcares en las raíces.

La remolacha forrajera es una planta bienal, su contenido de materia seca (MS) oscila entre el 12% - 20%, y presenta niveles de proteína alrededor del 6-10% (MS), así como cantidades significativas de calcio (0.5% - 1.5%) y fósforo (0.3% - 0.8%). La fibra detergente neutra constituye el 42.0% de MS, mientras que la fibra ácido detergente representa el 22.7%

de MS. Pueden llegar a producir hasta 223 toneladas de materia verde (MV) y 27.9 toneladas de (MS) por hectárea (Luna y Mesa 2018).

La siembra de la remolacha forrajera es de precisión y se realiza con densidades la cual tiene un impacto directo en el rendimiento y la calidad de las plantas, para Quispe (2021), la siembra se la realiza en surcos donde su distanciamiento es de 80 cm, con una densidad de siembra de 35 cm x 40 cm.

Sin embargo, la falta de investigaciones que definan una densidad de siembra adecuada de la remolacha forrajera por hectárea complica su establecimiento y dificulta alcanzar una productividad óptima en el cultivo. Es esencial tener en cuenta que el establecimiento de este tipo de cultivos demanda un manejo preciso en términos de fertilización, donde en la actualidad los elevados costos de estos hacen difícil el acceso por parte de medianos y pequeños productores, por lo cual el implementar el uso de abonos orgánicos a estos cultivos contribuye a reducir costos por fertilizantes orgánicos, mejorar la estructura del suelo, entre otros beneficios (Suárez, 2019).

En su estudio realizado por Bastidas (2018), el cual incorporó abonos orgánicos, compuestos principalmente por estiércol de bovinos, al cultivo de remolacha forrajera. La aplicación de este abono se llevó a cabo en tres etapas: 15, 45 y 90 días después de la siembra, distribuido de manera uniforme en el terreno. Los resultados demostraron que la aplicación del material orgánico al suelo (20 kg) benefició las propiedades físicas del suelo, resultando en un aumento en el peso, longitud y diámetro de la remolacha forrajera. Además, es importante destacar que esta adición no generó incrementos en los contenidos de proteína, ceniza y fibra cruda de la remolacha forrajera.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de dos abonos orgánicos líquidos y tres densidades de siembra en el rendimiento de remolacha forrajera.

2.2. Objetivos específicos

- Estimar el efecto de dos abonos orgánicos líquidos en el comportamiento agronómico de remolacha forrajera bajo tres densidades de siembra.
- Determinar la composición química de la planta de remolacha forrajera con el uso de dos abonos orgánicos líquidos y bajo tres densidades de siembra.

2.3. Hipótesis

Ha: Existe un efecto positivo en el comportamiento agronómico y composición química de la planta de remolacha forrajera por interacción entre la densidad de siembra y abono orgánico líquido.

Ho: No existe un efecto positivo en el comportamiento agronómico y composición química de la planta de remolacha forrajera por interacción entre la densidad de siembra y abono orgánico líquido.

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1. Nutrición animal

Para el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA,2018), la nutrición animal desempeña un papel crucial en el desarrollo y rendimiento de los animales destinados a la producción ganadera. La selección adecuada de forrajes se erige como un pilar fundamental en este proceso, ya que estos constituyen una fuente primordial de nutrientes esenciales.

La demanda nutricional de los animales puede no ser siempre satisfecha únicamente con pasturas, ya que estas pueden no cumplir con los requerimientos necesarios, tanto en cantidad como en calidad, especialmente durante las estaciones de verano, cuando su producción puede reducirse hasta en un 50%. Por lo tanto, es necesario complementar su alimentación con forrajes que proporcionen a los animales de los elementos necesarios para su crecimiento, mantenimiento y reproducción. En este contexto, la elección cuidadosa de forrajes ricos en proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales es esencial para garantizar no solo la salud y bienestar de los animales, sino también la calidad de los productos derivados León y Bonifaz (2018).

Para Coello (2019), en este sentido, explorar y comprender la variedad de forrajes disponibles, así como es el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), por ejemplo, puede satisfacer las necesidades nutricionales de mantenimiento, más la producción hasta 10 kg de leche por día, teniendo niveles de proteína cruda entre 12 y 14% y una energía metabolizable entre 2.1 y 2.2 Mcal kg⁻¹ kg MS; los ryegrass (*Lolium sp.*), como el tetralite, hacen posible la producción de hasta 18 kg de leche por vaca por día teniendo niveles de proteína de 15 a 18 % y una energía metabolizable 2.5 a 2.6 Mcal kg⁻¹ MS sin que haya necesidad de suministrar concentrados.

En tal virtud, la posibilidad de enriquecer la alimentación de los animales mediante el suplemento de forrajes en su dieta requiere en analizar el caso de cada finca para poder tomar la

mejor decisión, sin embargo, Gonzales (2020), destaca que ciertos cultivos, como la remolacha forrajera, presentan propiedades nutricionales sobresalientes. Este cultivo exhibe una alta digestibilidad in vivo del 93.6%, una concentración elevada de azúcar (64.5% glucosa) y una proporción baja de fibra indigestible (6.9%). Su valor energético es notable, variando entre 2.8 y 3 Mcal kg⁻¹ MS, superando considerablemente al maíz. Además, su contenido proteico puede oscilar entre el 12% y el 16%, dependiendo de la proporción de hojas en la composición del forraje.

3.2. Remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.)

La remolacha forrajera, una planta que pertenece a la familia de las Quenopodiáceas con el nombre científico de *Beta Vulgaris* L, es una planta bianual. En su primer año, la remolacha crece una raíz gruesa en forma de nabo y una agrupación de hojas, mientras que en el segundo año desarrolla una estructura floral ramificada en forma de panícula, pudiendo llegar a medir hasta un metro de altura (Álvarez, 2018).

- Las flores: poseen ambos sexos y son poco llamativas. La fecundación suele ser cruzada porque sus partes masculinas y femeninas maduran en momentos distintos.
- Raíz: tiene forma de pivote, se encuentra casi completamente bajo tierra, con una superficie de color amarillo verdoso y textura rugosa al tacto, siendo la parte principal del órgano que almacena reservas.
- Semillas: unidas al cáliz y con cierta dureza.

La remolacha forrajera cuenta con un buen valor nutricional y una excelente capacidad energética. Además, muestra una gran resistencia a las heladas, convirtiéndose así en un valioso complemento energético en áreas afectadas por este fenómeno, el cual limita la producción de otros cultivos. Gracias a sus atributos fisiológicos, la remolacha permite su almacenamiento en campo sin comprometer su calidad nutricional (Nottingham 2019).

3.2.1. Valor nutricional

La remolacha (*Beta vulgaris* L.) presenta un considerable potencial en la producción forrajera para el ganado bovino y otras especies menores. Estudios han revelado una diversidad en sus características nutricionales, desde un aporte significativo de minerales hasta la presencia de un lactógeno (productor de leche) de alta calidad debido a su contenido elevado de azúcar de un 35 y 55%. No obstante, su cultivo demanda una cantidad sustancial de agua equivalente a 3000 - 6 500 m³ de agua ha⁻¹ y mano de obra para las tareas agrícolas (Quispe (2021).

Para Fachit (2019), la remolacha forrajera tiene el potencial de generar cantidades significativas de alimento altamente nutritivo para una variedad de animales. Los rendimientos pueden alcanzar entre 10 y 16 toneladas por hectárea para las raíces y entre 12 y 20 toneladas por hectárea para las hojas de materia seca.

Según Jurado y Santacruz (2020), la raíz se caracteriza por ser rica en energía 3.2 Mcal kg⁻¹ MS pero baja en proteína cruda (6%). La elevada cantidad de azúcar en la raíz (18.7%) mejora su palatabilidad. Por otro lado, las hojas presentan un contenido más alto de proteína cruda (15%), lo que las hace aptas para el pastoreo o la producción de ensilaje. En cuanto a la raíz, se han registrado valores de fibra detergente neutro (FDN) de 10 a 15%, fibra detergente ácido (FDA) de 5.5 a 6.8%, y una digestibilidad aparente de la materia seca para bovinos que oscila entre el 90 y el 93.6%.

Tabla 1
Análisis nutricional de la remolacha forrajera

	% Materia Seca	% Energía Metabolizable	Proteína Cruda	FDN	Calcio	Fósforo
	(%)	Mcal kg ⁻¹ MS	(%)	(%)	(%)	(%)
Hojas	9-23	2.7-2.9	11.4- 25.9	12.4- 46.9	0.39-3.9	0.06-0.4
Raíz	8-20	2.9-3.0	5.1-10.7	7.8-14.9	0.01-0.05	0.08-0.38

Nota. Valor nutricional que tiene la remolacha forrajera; datos tomados de Gillespie (2019).

3.2.2. Siembra

Existen varios métodos para sembrar remolacha forrajera, entre los cuales se destaca el uso de máquinas de precisión, logrando una densidad de 4-5 plantas por metro cuadrado, lo que equivale a un marco de siembra de aproximadamente 0.5 x 0.4 m. También es posible sembrarla de manera directa o a través de trasplante. Incluso, otra opción viable es la siembra a voleo (Santos, 2019).

Según, Escauriaza (2018), la siembra directa es la más común, especialmente en áreas extensas o en regiones donde la mano de obra es limitada, ya que el proceso de trasplante resulta poco rentable en estos casos. Sin embargo, la principal desventaja de la siembra directa es que suele generar un establecimiento irregular del cultivo en el terreno, con áreas del campo con un exceso de plantas compitiendo entre sí y otras zonas con una cantidad muy baja de plantas. El método de siembra por trasplante no es tradicional, aunque algunos estudios experimentales sugieren que puede resultar en una mayor productividad.

El peso de la remolacha está directamente relacionado con el espacio que se deja entre las plantas al ser sembradas. Para obtener raíces de peso medio, se recomienda una separación de al menos 30 centímetros entre líneas y de 30 centímetros de planta a planta (Quispe, 2021).

3.2.3. Densidad de siembra

La densidad de siembra tiene un impacto directo en el rendimiento y la calidad de las plantas, siendo crucial encontrar el nivel óptimo para una región específica, ya que esto garantiza un buen desempeño y calidad de la cosecha. Esta densidad está influenciada por diversos factores como la variedad de la semilla, la fertilidad del suelo, las condiciones climáticas y el plan de fertilización, entre otros. Determinar la densidad ideal de siembra para una variedad particular y para una ubicación específica resulta fundamental, ya que permite desarrollar tecnologías adaptadas a las condiciones locales, optimizando así el crecimiento y la producción de cultivos en esa área (Espinosa, 2020).

La siembra se lleva a cabo con precisión, usando densidades que oscilan entre 100 000 y 130 000 semillas por hectárea, equivalente a una caja, con un espacio de 80 cm entre surcos. Además, se establece una doble hilera en cada borde o camellón, separada por 15 centímetros. Aunque Favere (2018), ha tenido experiencia con siembras en terreno plano, el riego por gravedad antes de la emergencia podría presentar problemas debido a la compactación del suelo. Esta práctica podría ser factible en suelos de textura muy ligera, pero no en suelos de texturas medias a pesadas con altos niveles de arcilla. Mientras que la siembra en terreno plano podría ser viable en áreas con riego por aspersión, no es adecuada en campos con riego por manto o gravedad. Hasta el momento, no se ha logrado obtener una distribución óptima de plantas con siembras que no se realicen en camellones.

Para Quispe (2021), la densidad de siembra se ve influenciada por factores clave como la calidad y la variedad de la semilla, así como la fertilidad del suelo. Además, esta densidad también está determinada por las condiciones locales, la pureza y el tamaño de la semilla. Se recomienda una separación entre líneas de 50 cm y una distancia entre semillas que varíe entre 14 y 16 cm, lo que equivale a una densidad óptima de 100 000 plantas por hectárea. Para lograr esto, se aconseja una dosis de siembra de 1.5 a 2.0 kg por hectárea, y después del aclareo, se busca alcanzar una densidad de 8 a 10 plantas por metro cuadrado, teniendo en cuenta un porcentaje de germinación en campo que suele oscilar entre el 70% y el 80%. La profundidad ideal de siembra se sitúa entre 1.5 cm y 2 cm.

Según, Filippi y Canales (2020), la distancia de siembra se lleva a cabo con una preparación minuciosa del suelo, donde el uso del arado y el subsolador resulta fundamental. En este proceso se emplea una máquina con discos de presión específicamente diseñada para sembrar remolacha. La separación entre las hileras es de 50 cm, mientras que la distancia entre las semillas dentro de una hilera es de 20 cm. La profundidad de siembra recomendada es de 0.5 cm.

Para Alvarado y Casillas (2019), se debe realizar la siembra a una profundidad de dos centímetros en surcos espaciados a un metro. El objetivo es sembrar dos hileras sobre el lomo

del surco, manteniendo una separación de 40 centímetros entre ellas. En cuanto a la densidad de siembra recomendada, se aconseja una densidad poblacional de 100 000 a 120 000 plantas por hectárea. Esto implica sembrar entre 10 a 12 semillas por metro lineal en una configuración de doble hilera.

Gallego y Zibillaga (2020), realizaron un estudio sobre el impacto de la densidad de siembra en la producción de forraje de remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.). Utilizaron un sistema de siembra en surcos con una separación de 0.7 metros en parcelas de 2.8 metros de ancho y 6 metros de largo (16.8 m²). El diseño experimental se llevó a cabo en bloques completos al azar con cinco repeticiones. Se evaluaron cinco densidades de siembra: DS1 (4), DS2 (7), DS3 (10), DS4 (13) y DS5 (16) plantas por metro lineal, equivalentes a densidades de 57, 100, 142, 185 y 228 mil plantas por hectárea, respectivamente. Los resultados demostraron que el tratamiento con mayor densidad produjo un 44% más de forraje que el tratamiento de menor densidad (DS3: 25.5 t ha⁻¹ MS frente a DS1: 17.7 t ha⁻¹ MS). Se concluyó que una densidad de siembra intermedia (DS3) permite un manejo eficiente del cultivo, generando una alta producción de forraje con un equilibrio en la calidad de este y un aumento en la fracción energética de la planta (raíz).

3.2.4. Requerimientos Edafoclimáticas

➤ **Clima:** La remolacha forrajera prospera en altitudes que oscilan entre 1500 y 2800 metros sobre el nivel del mar, exhibiendo una notable resistencia a las heladas. Esta resistencia permite su cultivo en regiones de alto trópico, lo que resulta en una mayor disponibilidad de materia seca y energía para especies zootécnicas adaptadas a climas fríos (Medina y Ruíz, 2021).

➤ **Suelo:** La remolacha forrajera se desenvuelve favorablemente en suelos alcalinos, suelos franco-limosos de textura ligera, y prefiere que los suelos sean lo más uniformes posible. En general, es complicado lograr rendimientos óptimos en suelos arcillosos, ya que tienden a retener la humedad, lo cual resulta perjudicial para el cultivo. La

conductividad eléctrica ideal para este tipo de cultivo debe ser menor a 0.5 mmhos/cm. (Demanet y Canales, 2020).

➤ **pH:** Este tipo de cultivo es conocido por su alta sensibilidad a la acidez del suelo. Investigaciones han confirmado que el intervalo de pH óptimo para este cultivo varía entre 6 y 7.0 (Rosales, 2022).

➤ **Humedad:** La remolacha forrajera necesita un nivel de humedad moderado, que oscila entre el 60% y el 90%, tanto en el suelo como en el entorno. Esto se debe a que tiene una de las superficies foliares más desarrolladas en comparación con otros cultivos, lo que resulta en una tasa de transpiración elevada. (Santacruz y Jurado, 2019).

➤ **Luminosidad:** El cultivo en cuestión demanda una cantidad significativa de luz, ya que esta es esencial para la síntesis de azúcares y para la óptima activación de la clorofila. Investigaciones han demostrado que la escasez de luz tiene un impacto directo en la producción de este cultivo (Klein et al. 2018).

➤ **Temperatura:** La remolacha forrajera es una planta que prospera de manera más eficaz en climas relativamente fríos en comparación con climas cálidos, ya que, en climas cálidos, la transpiración aumenta a un punto en el que supera la capacidad de absorción de agua de las raíces (Caguasango, 2023).

➤ **Riego:** Durante el desarrollo del cultivo, desde la germinación los riegos deben ser cortos y frecuentes 4-6 litros por metros cuadrados (Ramos, 2018).

El cultivo de remolacha forrajera conocido por su notable habilidad para adaptarse a condiciones edáficas desafiantes, especialmente en suelos con altos niveles de boro. Su capacidad para absorber y acumular boro del suelo contribuye activamente a la reducción de la concentración de este elemento (Nottingham 2019).

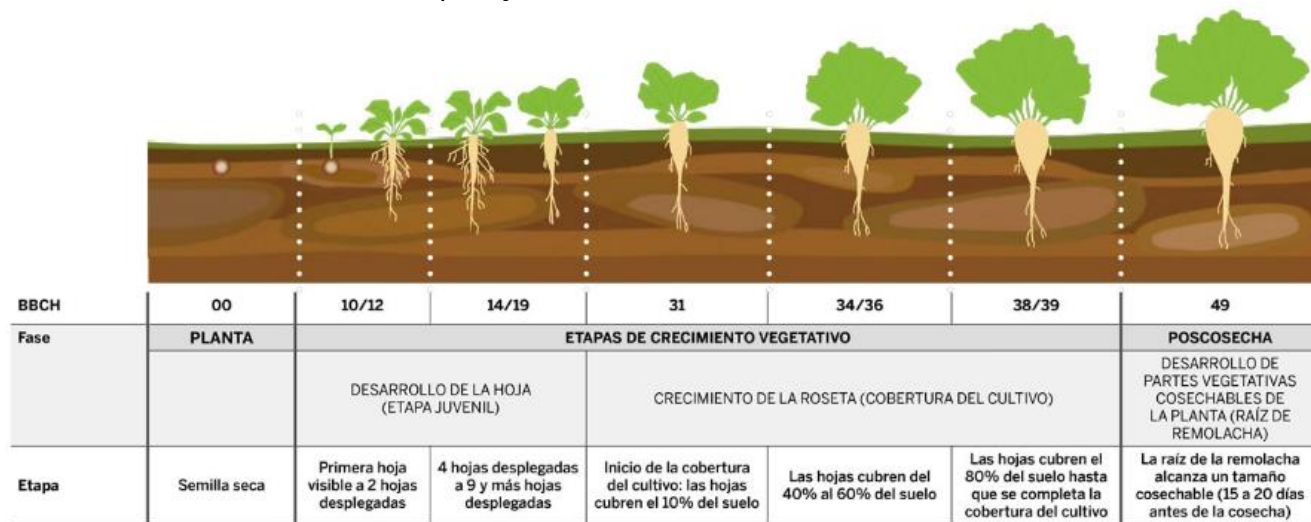
El exceso de boro en el suelo puede inhibir la actividad microbiana esencial para descomponer la materia orgánica y formar agregados estables, que actúan como estructuras físicas clave para mantener la porosidad del suelo. Los microorganismos producen sustancias pegajosas que unen las partículas del suelo en agregados, pero el exceso de boro puede reducir esta producción, resultando en una disminución de la formación y estabilidad de los agregados. Esto puede comprometer la capacidad del suelo para retener agua, nutrientes y aire, lo que afecta negativamente la calidad y productividad del suelo, y puede conducir a problemas como la compactación del suelo y la reducción del crecimiento de las plantas (Auz, 2018).

Según un estudio realizado por Martínez (2018), el cultivo de remolacha forrajera puede promover la descomposición de la materia orgánica en el suelo y aumentar la actividad microbiana, lo que puede facilitar la fijación y retención de boro en formas menos disponibles para las plantas. Esta mejora en la estructura del suelo puede ayudar a diluir la concentración de boro en la solución del suelo y reducir su disponibilidad para las plantas, lo que a su vez puede beneficiar a otros cultivos como las legumbres (lenteja, garbanzos y frijoles) que son sensibles al boro, el cual disminuye su capacidad para absorción agua y nutrientes del suelo.

3.2.5. Ciclo del cultivo

Para Álvarez (2018), el ciclo de la remolacha es de dos años. Durante el primero, se concentra en el crecimiento vegetativo, generando hojas, raíces y acumulando sacarosa. En el segundo año, se enfoca en la reproducción mediante floración o espigado. Alrededor de los 4-5 meses, la producción de hojas disminuye y la biomasa total deja de aumentar, principalmente debido al incremento en el proceso de envejecimiento celular, aunque la producción de raíces sigue aumentando de manera casi constante.

Figura 1
Ciclo del cultivo de la remolacha forrajera



Nota: Obtenida de Álvarez (2018).

3.2.6. Importancia de la remolacha forrajera dentro de la nutrición animal

Según, Nieto y Sierra et al. (2020), la remolacha forrajera es un cultivo valioso en la alimentación animal, ya que por cada 100 gramos contiene nutrientes esenciales como fibra (2 y 3 g), carbohidratos (8-10 g), proteínas (1-2 g), y vitaminas (Vitamina C: entre 4 y 8 miligramos y Ácido fólico: Alrededor de 80-100 microgramos). Su alto valor energético es muy destacado, lo que puede estimular la producción de leche debido a que posee una buena palatabilidad y facilidad de digestión. Además, complementa de manera efectiva la calidad de la dieta de los animales que se alimentan principalmente con forraje y ofrece el potencial de sustituir los granos en la alimentación de las vacas lecheras, lo que puede resultar en ventajas económicas.

Para Yarza (2018), la remolacha forrajera es rica en azúcar entre un 35 y 55% y posee una alta densidad energética de 2.9 Mcal kg⁻¹ MS, lo que la hace adecuada para satisfacer las necesidades de animales de alto rendimiento, esto facilita una fermentación ruminal óptima. La adición de esta fuente de energía a la dieta de los rumiantes mejora los niveles de proteína y grasa en la leche, ya que los microorganismos del rumen se benefician de los azúcares presentes en la remolacha, lo que resulta en una mejor fermentación de la fibra. Además, Caravaca (2019),

afirma que estos azúcares estimulan la síntesis de proteína microbiana en el rumen, lo que influye en la producción de caseína, una proteína clave en la leche.

La remolacha forrajera es versátil y puede ser suministrada fresca, ensilada, o procesada en pulpas o pellets. La cantidad adecuada depende de factores como el tipo y peso del animal, y el estado fenológico de la remolacha. Su inclusión en la dieta puede mejorar la salud y rendimiento reproductivo de los animales (Klein, 2021).

3.2.7. Alimentación en animales de producción, a base de remolacha forrajera

En el estudio realizado por Villagrasa y Díaz (2020), se examinaron 16 vacas al final de la lactación, las cuales estaban fistuladas en el rumen. Estas vacas fueron alimentadas dos veces al día con remolacha forrajera, la cual era extraída manualmente cada mañana, se eliminaban las puntas (conservadas), y los bulbos se cortaban en trozos que las vacas podían consumir (aproximadamente 15% hojas y 85% bulbo, en MS). Aunque la remolacha forrajera no mostró ningún efecto significativo en el consumo de materia seca o la producción de leche, los resultados obtenidos en esta investigación indican que se debe limitar la alimentación con remolacha fresca a las vacas al final de la lactación a no más del 40% del consumo total de materia seca con pasto. Se hace esta recomendación debido a la posibilidad de que un consumo superior pueda ocasionar acidosis en las vacas.

En el estudio llevado a cabo por Andrade (2018), se emplearon 15 cerdos Landrace de 60 días de edad, los cuales fueron alimentados con una dieta compuesta por un 70% de balanceado y un 30% de remolacha forrajera. Los resultados revelaron que este tratamiento superó en términos de peso final, incremento de peso, rendimiento a la canal y beneficio/costo, con valores de 109 kg, 83.88 kg, 81.50 kg, respectivamente. Estos hallazgos indican que la inclusión de remolacha forrajera en la alimentación de cerdos durante la etapa de crecimiento-engorde mejora significativamente los parámetros productivos. En consecuencia, se concluye que la remolacha forrajera se presenta como una alternativa viable para aquellos dedicados a la producción porcícola.

El estudio ejecutado por Jurado y Santacruz (2020), en el cual se evaluó el efecto de la remolacha forrajera (*Beta Vulgaris* L.) en los parámetros productivos del cuy. Se utilizaron 50 cuyes destetos con un peso promedio de 305 ± 0.19 g, alimentados con una dieta compuesta por un 50% de pasto Aubade y un 50% de remolacha forrajera. Los resultados mostraron una mejora notable en la productividad de los cuyes, se observó que su suministro tuvo efectos positivos en los parámetros productivos. Aunque la aceptabilidad de la remolacha forrajera por parte de los cuyes fue alta, su alto contenido de agua podría influir en el comportamiento de consumo, reduciendo la cantidad que se debe suministrar.

El estudio llevado a cabo por Castillo y Lozano (2023), examinaron el efecto de la suplementación con remolacha forrajera en vacas lecheras con parto en otoño. Se utilizaron 24 vacas de la raza Frisón Negro Chileno, cuyas pariciones ocurrieron entre abril y mayo, y todas se mantuvieron bajo condiciones de manejo y alimentación similares. La dieta consistió en ensilaje de pradera, 2 kg de heno y 22 kg de remolacha forrajera. Como resultado, se observó una alta producción de leche, atribuida al consumo energético de los alimentos voluminosos (ensilaje, heno y remolacha forrajera). Al descontar los requerimientos de mantenimiento, se determinó que el consumo de energía metabolizable sería suficiente para una producción de leche corregida al 4%, alcanzando entre 5.0 y 10.4 L. Estos resultados sugieren que la inclusión de remolacha forrajera en la dieta de vacas lecheras con parto en otoño puede contribuir significativamente a una alta producción láctea, gracias al aporte energético proveniente de los alimentos voluminosos utilizados.

Tabla 2
Representación abreviada.

Tipo de animal	Cantidad máxima permitida	Modo se alimentación	Aporte de Mcal kg⁻¹ MS	Fuente
Vacas al final de la lactación.	2 a 3 kg por día	Picado	1.91- 2.39	Villagrasa y Díaz (2020)
Vacas lecheras período seco.	1.5 a 2.25 kg al día	Picado	1.91-2.15	Castillo y Lozano (2023)

Cerdas vacías.	0.2 kg al día.	Picado	1.11-2.10	Andrade (2018)
Cuy	10 gramos	Picado	0.50-1.90	Jurado y Santacruz (2020)

Nota: Tomado y adaptado de Andrade (2018), Villagrasa y Díaz (2020) y Castillo y Lozano (2023).

3.3. Fertilización de la remolacha forrajera

Un manejo adecuado de la fertilización y nutrición para el cultivo de remolacha forrajera comienza corrigiendo la acidez del suelo. El rango de pH preferido para este tipo de cultivo generalmente se encuentra entre 6.0 y 7.5. Este rango indica un suelo ligeramente ácido a neutro, un pH del suelo dentro de este rango favorece la disponibilidad de nutrientes esenciales y facilita la absorción por parte de las raíces de la remolacha. Para lograr este nivel de pH, se sugiere aplicar las enmiendas con suficiente antelación; por ejemplo, la calcita (carbonato de calcio) 1.5 t ha⁻¹ al menos un mes antes de la siembra o la dolomita (carbonato de calcio y magnesio) de 1-3 t ha⁻¹, tres meses antes de sembrar la remolacha (Castro, 2018).

La remolacha depende principalmente de la aplicación de fertilizantes ricos en nitrógeno de 80 a 120 kg de N ha⁻¹ y potasio de 80 a 150 kg ha⁻¹, para su desarrollo óptimo. No obstante, es crucial manejar con precaución la cantidad de fertilizante nitrogenado, ya que un exceso puede ocasionar la acumulación de nitratos en las raíces del cultivo, superando el límite seguro del 0,5% en términos de KNO₃. Esta acumulación puede resultar perjudicial al utilizar la remolacha como alimento para animales, ya que los nitratos pueden transformarse en nitritos, sustancias tóxicas para el ganado (Kane, 2022).

La utilización de abonos orgánicos en una proporción de 20-40 toneladas por hectárea directamente debajo de la remolacha forrajera es esencial en suelos ligeros y poco compactos. Al realizar la aplicación conjunta de estiércol bovino y fertilizantes minerales, se observa un incremento del 30% en el rendimiento de las raíces del cultivo (Caguasango, 2018).

3.4. Abonos Orgánicos

Según, Romero y Diaz (2020), los abonos orgánicos desempeñan un papel fundamental en la mejora de la calidad del suelo gracias a su capacidad para aportar nutrientes esenciales y fomentar un ambiente favorable para el crecimiento de las plantas. Con una composición rica en materia orgánica (20-40%), estos abonos también ofrecen una fuente equilibrada de nitrógeno (0.5-3%), fósforo (0.5-2%), potasio (0.5-3%) y otros micronutrientes, liberando gradualmente estos elementos a medida que se descomponen. Esta liberación lenta garantiza un suministro constante de nutrientes, beneficiando a las plantas a lo largo de su ciclo de crecimiento. Además de su valor nutricional, los abonos orgánicos mejoran significativamente la estructura del suelo, promoviendo una mayor capacidad de retención de agua y una adecuada aireación, lo que se traduce en un suelo más propicio para el enraizamiento y el desarrollo saludable de las plantas.

Los abonos orgánicos desencadenan una valiosa actividad microbiana en el suelo al actuar como sustrato para microorganismos beneficiosos. Esta actividad promueve una descomposición eficiente de la materia orgánica, liberando nutrientes en formas más accesibles para las plantas y contribuyendo a mantener una relación equilibrada de Carbono/Nitrógeno (C/N). Para Molina (2018), una relación C/N adecuada, generalmente entre 15 y 30, facilita la descomposición de la materia orgánica y la liberación gradual de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Esta descomposición, impulsada por microorganismos del suelo, mejora la estructura del suelo, incrementa su capacidad de retener agua y nutrientes, y favorece la salud general de los cultivos. Controlar y ajustar la relación C/N en la aplicación de abonos orgánicos es esencial para optimizar su efectividad en el enriquecimiento del suelo y el apoyo al desarrollo saludable de las plantas (Soriano,2019).

Tabla 3

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N) y composición química de los abonos orgánicos.

Abono Orgánico	Relación C/N	Composición Química
Estiércol	15-30	Materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio

Compost	20-40	Materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio
Humus de lombriz	15-25	Materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio
Turba	20-60	Materia orgánica, carbono, materiales vegetales descompuestos
Ceniza	Variable	Potasio, calcio, fósforo, magnesio
Biol	Variable	Microorganismos beneficiosos, nitrógeno, materia orgánica

Nota: Tomado y adaptado de Soriano (2019).

3.4.1. Tipos de abonos orgánicos

3.4.1.1. Abono compost

Compuesto principalmente por materia orgánica descompuesta, aporta nutrientes esenciales como nitrógeno (1-3%), fósforo (0.5-2%) y potasio (0.5-3%), liberándolos gradualmente durante su descomposición. Además, el compost alberga microorganismos beneficiosos como las micorrizas las cuales forman asociaciones simbióticas con las raíces de las plantas, mejorando la absorción de nutrientes, especialmente fósforo. Su aplicación puede realizarse mezclado con el suelo 2 a 5 kilogramos por metro cuadrado antes de la siembra, como cobertura superficial alrededor de las plantas, o incluso en forma de extracto líquido para fertilización foliar (Ruano,2019).

3.4.1.2. Turba

La turba desempeña un papel crucial en la mejora de la calidad del suelo y el crecimiento de las plantas. Su textura esponjosa y capacidad para retener agua contribuyen a una estructura de suelo mejorada, facilitando el desarrollo de raíces saludables y mejorando la circulación del aire. La turba, rica en materia orgánica (30%-50%), actúa como fuente de nutrientes y ayuda a ajustar el pH del suelo. La aplicación se realiza mediante una mezcla con el suelo en proporciones del 10% al 50%, aplicándola antes de la siembra o trasplante para mejorar la retención de humedad y nutrientes. Se esparce uniformemente a una profundidad de al menos 15-20 centímetros (Nannipieri et al., 2011).

3.4.1.3. Guano

Proveniente de las excretas acumuladas de aves marinas o murciélagos en colonias, destaca por su riqueza en nutrientes esenciales como nitrógeno (5% - 10%), fósforo (2%-8%) y potasio (1%-5%). Estos elementos son fundamentales para los procesos metabólicos de las plantas, estimulando el desarrollo de raíces vigorosas, el crecimiento vegetativo robusto y la formación de flores y frutos. Para la aplicación al suelo, se puede utilizar alrededor de 1 a 2 libras (aproximadamente 0.45 a 0.9 kg) por 9.3 metros cuadrados. Para la aplicación foliar, se pueden hacer diluciones en agua, generalmente alrededor de una cucharada de guano por galón de agua (Ruano, 2020).

3.4.1.4. Cenizas

Son producto de la combustión de materiales orgánicos como madera, leña y hojas secas incineradas, ofrecen beneficios como fuente de nutrientes, especialmente fósforo (0.5% - 3%) potasio (5%-15%) y calcio (20%-50%), así como la capacidad de ajustar el pH del suelo y repeler algunas plagas. Aunque las cenizas pueden mejorar la fertilidad, se debe tener precaución con la cantidad aplicada es recomendable una dosis de 2.3 a 4.5 kg por 9.3 metros cuadrados, evitando excesos que puedan elevar en exceso el pH (Auz, 2018).

3.4.1.5. Biofertilizantes

Son productos biológicos que contienen microorganismos beneficiosos como las bacterias del género *Rhizobium* y *Azotobacter*, que tienen la capacidad de convertir el nitrógeno atmosférico en una forma que las plantas pueden utilizar. Los beneficios de los biofertilizantes incluyen la mejora de la fertilidad del suelo, el aumento de la producción de cultivos y la sostenibilidad ambiental al reducir la dependencia de fertilizantes químicos. La aplicación de biofertilizantes puede realizarse directamente al suelo 1 a 5 litros por hectárea, para aplicaciones foliares, se pueden diluir alrededor de 0.5 a 2 litros por hectárea (Montero,2021).

3.5. Biol

El biol es un fertilizante orgánico líquido que se obtiene a través de la fermentación de materiales orgánicos, como estiércol, hierbas, melaza, entre otros. Durante el proceso de fermentación, se producen microorganismos beneficiosos como hongos y bacterias. Entre los hongos tenemos las micorrizas las cuales establecen una asociación simbiótica con las raíces de las plantas ayudando a mejorar la absorción de nutrientes, especialmente fósforo. También se generan algunas bacterias como las del género *Rhizobium* y *Azotobacter*, tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico en una forma que las plantas pueden absorber. (Sandoval,2021).

Para Artavia (2019), el biol contiene una cantidad significativa de materia orgánica; por ejemplo, en el caso del biol de bovino, puede alcanzar hasta un 40.48%, mientras que en el biol de porcino puede llegar al 22.87% cuando se añade al suelo, este aporte de materia orgánica resulta fundamental en la formación y evolución del suelo, actuando como una reserva de nitrógeno y contribuyendo a su estructura, especialmente en suelos de textura fina. Tanto la cantidad y la calidad de esta materia orgánica tienen un impacto crucial en los procesos físicos, químicos y biológicos del sistema, convirtiéndose en un factor determinante para la fertilidad del suelo, esta combinación de efectos se traduce en un aumento de los rendimientos de los cultivos.

Además, la capacidad de fertilización del biol supera la del estiércol fresco y del estiércol compostado, ya que el nitrógeno presente se convierte en amonio (NH_4^+), el cual

puede transformarse en nitratos, potenciando así su efectividad como nutriente para las plantas (Viera, 2021).

De acuerdo con Fronda (2021), el biol actúa como un mejorador notable en la disponibilidad de nutrientes del suelo, incrementando su capacidad de retener agua y creando un microclima favorable para el crecimiento de las plantas. Gracias a su contenido de fitorreguladores (Ácido giberélico, Ácido indolacético, Citoquininas, Ácido abscísico y Etileno) estimula las actividades fisiológicas de las plantas, promoviendo su desarrollo al favorecer el enraizamiento, prolongar la fase de crecimiento de las hojas (fundamentales para la fotosíntesis), mejorar la floración, y potenciar el vigor y la capacidad de germinación de las semillas. Todos estos efectos combinados se traducen en una mayor productividad de los cultivos y en la generación de material vegetal de mejor calidad.

3.5.1. Fabricación del biol

Tabla 4

Plan de preparación de 200 litros de biol.

Materiales para usar	Procedimiento
• Estiércol 50 Kg • Agua 50 litros • Leche 2.0 litros • Melaza 1.0 litro	Se agregan 150 litros de agua limpia y luego el estiércol lo más fresco posible. Se agrega la leche y la melaza, se mezcla y se tapa bien de tal forma que no entre aire. Se coloca una válvula de agua.

Nota: Tomado de Añasco (2019).

El biol se considera listo para su uso tras aproximadamente 90 días de fermentación. Es esencial considerar el estado fenológico de la planta al aplicarlo. Las distintas etapas de crecimiento pueden requerir enfoques diferentes para obtener los mejores resultados. Por ejemplo, durante la fase de crecimiento activo, se puede aplicar de manera regular para estimular el crecimiento y la resistencia de la planta. Sin embargo, durante la floración o la fructificación, se deben realizar aplicaciones más específicas para evitar el estrés en la planta y favorecer la

formación adecuada de frutos o flores. Es crucial ajustar la frecuencia y la cantidad de aplicación según las necesidades específicas de cada etapa fenológica de la planta (Ojeda, 2020).

La caducidad exacta del biol puede variar según factores como su composición, condiciones de almacenamiento, temperatura, exposición a la luz y otros aspectos ambientales. En condiciones óptimas de almacenamiento, suele mantener su efectividad durante varios meses, a veces hasta un año. Sin embargo, la actividad microbiana en el biol puede disminuir gradualmente con el tiempo, por lo que se recomienda su uso dentro de los primeros meses para garantizar los mejores resultados. Observar cambios en olor, apariencia o textura puede indicar si ha caducado o perdido su efectividad. Siguiendo las indicaciones del fabricante y almacenándolo adecuadamente se puede prolongar su vida útil (Sevilla, 2021).

3.5.2. Dosis de aplicación

Para Feican (2019), es recomendable aplicar cada 15 días usando el método de Drench, es decir, mediante un chorro que abra completamente la boquilla de la bomba de aspersión, dirigido a la base de las plantas. La dosis es de 2-4 litros por cada 20 litros de agua para aplicaciones más regulares o mensualmente, promoviendo la actividad microbiológica del suelo y mejorando la disponibilidad de nutrientes para una amplia gama de cultivos.

3.5.3. Composición química

Tabla 5
Composición nutricional del biol.

pH	Ce	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe
	mm/mhos/cm	%	ppm		meq/100ml			Ppm
5.7	10.83	0.61	241.90	103.77	4.23	6.52	3.42	29.90

Nota. Porcentaje de composición química del biol INIAP (2020)

3.6. Biol a base de estiércol de bovino

El estiércol de bovino es una fuente rica en nutrientes orgánicos esenciales, como nitrógeno (1%-3%), fósforo (0.5%-1.5%) y potasio (1%-3%), además de otros oligoelementos. Todos estos nutrientes son esenciales para el crecimiento y desarrollo general de las plantas. El nitrógeno es crucial para la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, el fósforo participa en la formación de moléculas de energía (ATP) y en la transferencia de energía en las células, y el potasio regula la apertura y cierre de las estomas, mejora la resistencia al estrés, y participa en la síntesis de proteínas y carbohidratos. Los oligoelementos participan en diversas funciones metabólicas, enzimáticas y de transporte de nutrientes. La deficiencia de estos oligoelementos puede afectar la salud de las plantas y reducir su rendimiento. (Hurtado, 2020).

El estudio realizado por Cruz y Garzón (2021) investigó el impacto de la aplicación de biol, producido a partir de estiércol bovino, en las propiedades de un suelo destinado a la producción de forraje. Se evaluaron el Carbono Orgánico Oxidable (COO) mediante el método de Walkley-Black, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) mediante el método del acetato de amonio, la densidad aparente (Da) mediante el método del cilindro y la porosidad del suelo. Los resultados mostraron que la aplicación de biol derivado del estiércol bovino tuvo una influencia indirecta en las propiedades físicas del suelo al incrementar los niveles de carbono orgánico y estimular la actividad biológica. Este efecto se tradujo en una mejora significativa en la estructura del suelo, generando agregados estables que aumentan la resistencia a la degradación y compactación. Además, se observó una mejor dinámica de movimiento de agua y aire, relacionada con la porosidad del suelo. El biol mostró una estimulación particular en la actividad microbiana debido a su contenido de materia orgánica semi-degradada y microorganismos solubilizadores de fosfatos, así como fijadores y liberadores de nitrógeno.

3.6.1. Composición química

Tabla 6

Composición Química del biol a base de estiércol bovino.

Composición %	Materia seca	Materia orgánica	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)
Bovino	23	63.28	1.83	1.73	3.1	3.74	1.08

Nota. Porcentaje de composición química del estiércol de bovino Carpio (2020).

3.7. Biol a base de estiércol de ovino.

El estiércol de oveja tiende a tener una concentración de nutrientes más alta en comparación con el estiércol de vaca. Sin embargo, la densidad nutricional puede depender de varios factores, incluida la dieta de los animales. Es reconocido por su alto contenido de nitrógeno (2.15 %) y suele utilizarse como inoculante microbiano. Por lo general, el estiércol de oveja tiende a contener menos paja y materiales fibrosos. Esto facilita su manejo y descomposición, y también puede reducir la posibilidad de crear condiciones anaeróbicas en el suelo. Además, contiene cantidades moderadas de potasio (2.83 %) y es especialmente rico en cloruro de potasio (1%-3%). Este tipo de abono es beneficioso ya que su uso ayuda a prevenir quemaduras en las plantas durante su fase de crecimiento (Suarez, 2020).

Muños y Hernández (2018), llevaron a cabo una investigación sobre los digestores de fermentación de estiércol y sus implicaciones para la agricultura de traspatio. Emplearon estiércoles de conejo, equino, vacuno y ovino, y realizaron la elaboración de los digeridos en digestores tipo Batch de 70 litros, configurados con salidas para muestras y conectados a una manguera y botella de agua. Cada contenedor contenía 20 litros de estiércol, ya sea de conejo, equino, vacuno u ovino, junto con 3.5 kg de alfalfa picada, 700 mL de leche entera, 1.5 litros de melaza, 180 gramos de levadura fresca (Levitan®), 1.3 kg de carbón molido y ceniza, y agua suficiente para alcanzar un volumen total de 60 litros. Este contenido se dejó fermentar durante un período de 45 días. Los resultados de esta investigación revelaron que el digerido a partir de estiércol ovino mostró valores de pH cercanos a la neutralidad (6.57), una conductividad eléctrica elevada (15.67), sólidos totales disueltos (7.9 %), sales y nitrógenos totales (0.29 %)

superiores en comparación con los otros digeridos. Además, presentó valores más altos de cenizas (39.10 %), en comparación con el digerido de estiércol vacuno. Este último mostró los valores más bajos de conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, sales totales y porcentaje de cenizas.

3.7.1 Composición química

Tabla 7

Composición Química del biol a base de estiércol ovino.

Composición	Materia	Materia	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
%	seca	orgánica	(N)	(P)	(K)	(Ca)	(Mg)
Ovino	25	64.08	3.81	1.19	3.1	6.76	1.51

Nota. Porcentaje de composición química del estiércol de ovino Ludwig (2019).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Delimitación Espacial

La presente investigación se realizó en Finca La Esperanza en la comunidad de Ushapungo perteneciente a la parroquia de Quiroga en el cantón de Cotacachi.

Figura 2

Mapa de Localización de la fase experimental

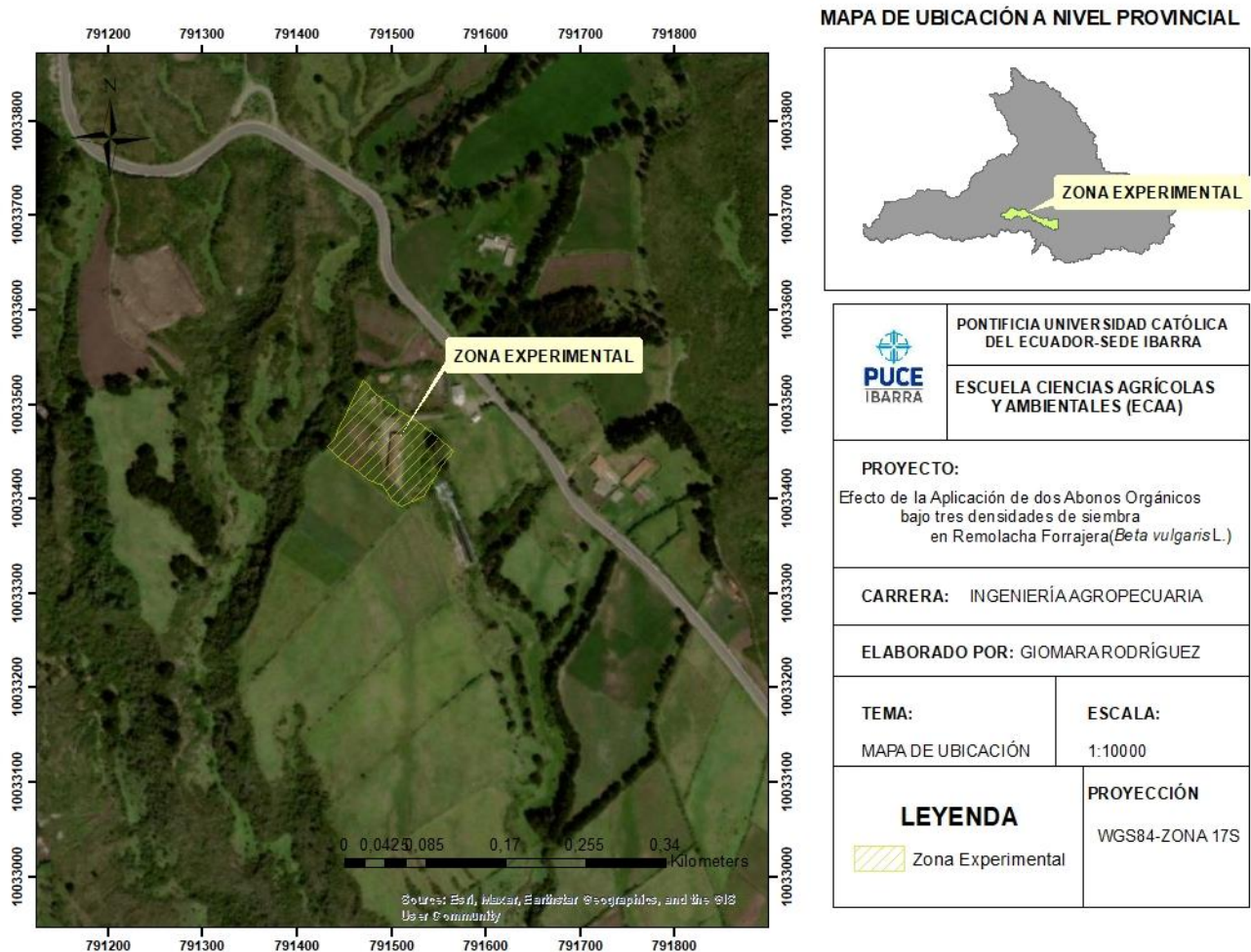


Tabla 8*Ubicación de la fase experimental.*

Ubicación	Descripción
País	Ecuador
Provincia	Imbabura
Cantón	Cotacachi
Parroquia	Quiroga
Comunidad	Ushapungo
Altitud	3246 metros y 3059 metros
Longitud	0.30304°N 78.38043°O

Nota: Ubicación geográfica de la fase experimental Zambrano (2013).

4.2. Materiales

Tabla 9

*Materiales utilizados para la determinación del efecto de la aplicación de dos abonos orgánicos bajo tres densidades de siembra en remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.).*

Elaboración de biol a base de estiércol de bovino y ovino	Siembra de la Remolacha Forrajera
Tanques de 200 litros	Arado
Estiércol de bovino 45 kg	Palas
Estiércol de ovino 45 kg	Rastrillos
Agua 120 litros	Estacas
Leche 10 litros	Piola
Melaza 5 kg	Cinta métrica
Balaux- vid	Plántulas

4.3. Diseño Experimental

Se realizó un diseño DCA en arreglo factorial AxB, con 12 tratamientos y 3 repeticiones, las variables se sometieron a un análisis estadístico utilizando el programa InfoStat versión 2017 para determinar su significancia y la prueba de Tukey 5%.

Tabla 10

Esquema de análisis de varianza ANOVA.

Fuentes de variación (FV)	Grados de libertad (GL)
Total	35
Tratamientos	11
Factor A	2
Factor B	3
Interacción A x B	6
Error	24

4.4. Factores en estudio

Factor A

Distancia de siembra

D1= 0.25 cm x 0.25 cm

D2= 0.30 cm x 0.25 cm

D3 = 0.35 cm x 0.25 cm

La plántula germinada a partir de los 30 días, se sembraron a una profundidad de 3 centímetros aproximadamente, a tres diferentes densidades de siembra de D1= 0.25 cm x 0.25 20 planta; D2= 0.30 cm x 0.25 cm 16 planas; D3 = 0.35 cm x 0.25 cm 14 plantas, estas densidades de siembra se tomaron como referencia de un estudio realizado por Álvarez (2018), sobre el efecto de la densidad de siembra de remolacha forrajera, el cual estableció tres densidades de siembra en la cual la D3 (0.30 cm x 0.30 cm) obtuvo mejores rendimientos en comparación con las otras densidades evaluadas, estos hallazgos sugieren que una mayor densidad de siembra puede ser beneficiosa para aumentar los rendimientos de la remolacha forrajera.

Factor B

Enmienda Orgánica

- E1. Abono orgánico líquido de ovino al 20 % por volumen
- E2. Abono orgánico líquido de bovino al 20 % por volumen
- E3. Abono orgánico líquido de bovino y ovino al 20 % por volumen
- E4. Testigo (Sin fertilización).

Las dosificaciones de las enmiendas orgánicas se establecieron conforme al requerimiento del cultivo de la remolacha forrajera es cual fue (N 30 mg/kg, P 20 mg/kg K 125 mg/kg) según la recomendación de Echart (2019), siguiendo una proporción específica de 20%. Se realizó un análisis de suelo (anexo 1), al inicio del cultivo, sin embargo, no se consideró la aplicación de ningún tipo de fertilización química de base. Según, Nieto (2020) el abono de bovino contiene hongos simbióticos (micorrizas) que establecen una asociación mutuamente beneficiosa con las raíces de las plantas, ayudando a aumentar la absorción de agua y nutrientes, incluidos el fósforo y otros minerales, mejorando así el crecimiento, el mismo autor también afirma que el abono de ovino tiene ácidos húmicos y fúlvicos los cuales presentan una alta capacidad de retención de agua y nutrientes. Esto significa que pueden ayudar al suelo a retener la humedad y los nutrientes esenciales para las plantas.

Tabla 11

Manejo del experimento para la determinación del efecto de la aplicación de dos abonos orgánicos bajo tres densidades de siembra en remolacha forrajera (Beta vulgaris L.).

Actividad	Descripción
Preparación de biol a base de estiércol de bovino y ovino.	En un tanque de con una capacidad de 200 litros, se agregaron 120 litros de agua y luego 50 kg estiércol lo más fresco posible. Se añadió 10 litros leche, 5 kg melaza y 200 ml de Balaux- vid (microorganismos eficientes rizosféricos), se mezcla y se tapa bien.

Preparación del área de investigación	Se realizó un análisis de suelo, tomando muestras con barreno a 30 cm de profundidad del suelo con la técnica de zigzag, para establecer el contenido de nutrientes del suelo en el área de estudio.
Labores culturales del suelo	Para la preparación de suelo se utilizará el tractor con la rastra con 18 días antes de la siembra.
Trazado de unidades experimentales	Las unidades experimentales constituyen un área de 2.8 m ² de largo por 5.2 m ² de ancho en donde se repartieron 6 surcos a una distancia de 0.5 cm entre surco y surco.
Preparación de surcos	Con la ayuda de herramientas manuales como azadón, palas, rastrillos se trazaron los surcos de 2.8 m de largo y 0.45 m de ancho.
Siembra de plántulas de remolacha forrajera	Las plántulas de remolacha se adquirieron un vivero de variedad brigadier, se tuvo presente que la plántula tenía 3 hojas verdaderas y una altura promedio de 6 cm.
Fertilización del suelo para la investigación.	Incorporación de biol a base de estiércol bovino y ovino en los tratamientos, se aplicaron cada 8 días.

Riego	Antes del trasplante de la plántula a capacidad de campo se aplicó riego por aspersión, el riego se hizo a las 6 de la mañana pasando un día.
Deshierba	La deshierba será de forma manual considerando herramientas de campo manuales con palas, asadilla y rastrillo.
Toma de datos	Se realizaron la toma de datos de la altura, número de hojas y rendimiento a los 120 días después del trasplante.

4.5. Factores en estudio

4.5.1. Factor A

La plántula germinada a partir de los 30 días, se sembraron a una profundidad de 3 centímetros aproximadamente, a tres diferentes densidades de siembra de D1= 0.25 cm x 0.25 cm; D2= 0.3 cm x 0.25 cm; D3 = 0.35 cm x 0.25 cm. (Álvarez, 2018).

4.5.2. Factor B

Se establecieron como enmiendas orgánicas biol a base de bovino, biol a base de ovino y biol a base de bovino + ovino, la cantidad a aplicar por unidad experimental y según el tipo de enmienda por tratamiento, fue de 4 litros de biol con una concentración del 20%, la composición de estas enmiendas estuvo en función de lo recomendado por Bastidas (2018)

4.6. Variables Dependientes

4.6.1. Altura de plantas (conformación aérea y raíz)

Después de 120 días de la siembra de la remolacha forrajera, se seleccionaron al azar 5 plantas por unidad experimental, para medirlas (cm), desde el ápice de la raíz hasta la hoja más grande. Según, Yépez (2019), la altura de las plantas está relacionada con el contenido

nutricional de las hojas y raíces, plantas más altas tienen un mayor potencial de producción de biomasa.

4.6.2. Número de hojas

A los 120 días posteriores a la siembra de la remolacha forrajera, se seleccionaron al azar cinco plantas por unidad experimental, para contar sus hojas. Para López (2018), un mayor número de hojas proporciona una mayor superficie de captación de luz solar, lo que mejora la eficiencia fotosintética. Esto significa que la planta puede convertir de manera más efectiva la energía solar en carbohidratos especialmente la sacarosa fuente de energía para los animales.

4.6.3. Diámetro y longitud de raíz

A los 120 días posterior a la siembra de la remolacha forrajera se tomaron 5 plantas alzar de cada unidad experimental, se midió el diámetro y la longitud de la raíz, Según, Rivadeneira (2020), un diámetro más grande nos indica una mayor capacidad de almacenamiento de energía y nutrientes en forma de carbohidratos, azúcares y otros compuestos.

4.6.4. Rendimiento t ha⁻¹ MV

En la remolacha forrajera se evaluó el peso de plantas por unidad experimental en la D1:20 plantas, en D2: 16 plantas y la D3: 14 plantas, la variable se expresó en t ha⁻¹. Según, Álvarez (2018) indica que los rendimientos oscilan entre 50 y 220 ha⁻¹ MV.

4.6.5. Composición química de la planta

A los 120 días posteriores a la siembra de la remolacha forrajera, se recolectó 5 plantas por unidad experimental, se procedió a realizar el análisis nutricional de la planta, a base de materia seca (%), energía metabolizable Mcal kg⁻¹ de MS, proteína cruda (%), calcio%, fósforo %. Para Garza (2018), conocer la composición química permite evaluar la calidad nutricional del forraje, datos sobre los niveles de proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales son esenciales para determinar si el forraje satisface las necesidades dietéticas de los animales que lo consumirán.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Supuestos de validación de los modelos ANOVAs.

Tabla 12

Análisis de normalidad, homogeneidad, aleatoriedad y autocorrelación.

Modelos	Normalidad (P valor)	Homogeneidad (P valor)	Aleatoriedad (P valor)	Autocorrelación (P valor)
Altura	0.1756	0.9998	0.0908	0.3395
Hojas	0.1755	0.4627	0.3103	0.1092
Diámetro	0.5192	0.8262	0.3103	0.6759
Longitud	0.1219	0.9482	0.0624	0.0876
Rendimiento	0.2121	0.9896	0.0908	0.3581

Nota: Se observa que si existe Normalidad, homogeneidad, Aleatoriedad y no tiene Autocorrelación en los ANOVAs con cada una de las variables dependientes ya que se obtuvo datos en p valor que son mayores a 0.05.

En la tabla 12 se observa los resultados de los supuestos de validación de los cinco ANOVAs de dos factores, mediante los errores de los modelos, se verificó el cumplimiento de la prueba de la normalidad a través de la prueba de Shapiro-Wilk (P-value = 0.1756, 0.1755, 0.5192, 0.1219, 0.2121); homocedasticidad con el test de Bartlett (P-value = 0.9998, 0.4627, 0.8262, 0.9482, 0.9896); aleatoriedad a través del test de rachas (P-value <0.0908, 0.3103, 0.3103, 0.0624, 0.0908); e independencia aplicando el test de Ljung & Box (P-value <0.3395, 0.1092, 0.6759, 0.0876, 0.3581) todos a un nivel de significación del 5%.

5.2. Altura de plantas (cm)

En la tabla 13, se evidencian diferencias significativas en los factores densidad de siembra y abono con respecto a la variable de altura de la planta. Ambos factores, muestran efectos individuales altamente significativos, dado que los valores de p-valor son extremadamente pequeños (< 0.0001; 0.0001) respectivamente. Es relevante señalar que se observa una interacción significativa entre los dos factores y los tratamientos (p-valor: <0.0001, <0.0001) respectivamente. Teniendo una media general del modelo de 43.90 cm de altura y un coeficiente de variación de 9.07%.

Tabla 13

Análisis de varianza de altura de la planta con tratamientos de abono y densidad.

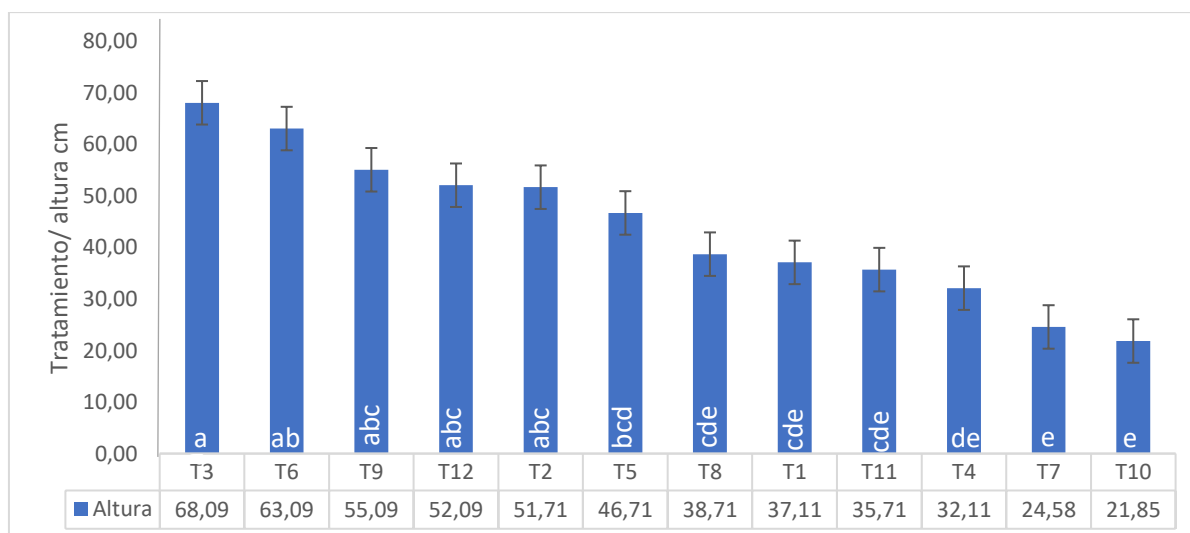
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Significancia
Tratamientos	11	7059.61	641.78	14.67	<0.0001	***
Abono	3	1403.80	467.93	10.69	0.0001	***
Densidad	2	5655.03	2827.51	64.62	<0.0001	***
Abono x Densidad	6	1603.80	667.93	12.69	<0.0001	***
Residuals	24	1050.15	43.76			
Total	35	8109.76				
C.V(%)	9.07					
Promedio	43.90 cm					

Nota: F.V: Fuentes de variación, Df: Grados de libertad, Sum Sq: Suma de cuadrados, Mean Sq: Cuadrados medios, F value: valor de F calculado, Pr(>F): *** 0.001%, ** 0.1%, *1% de nivel de significancia.

En la figura 3, se destaca 7 rangos de significancia de 12 tratamientos en estudio, obteniendo un mejor efecto el T3 con una media de 68.09 cm de altura, en comparación con el T10 con 21.85 cm de altura, cabe destacar que los tratamientos T6, T9, T12 T2 y T5 permiten mejores efectos que la media global de 43.90 cm de altura, mientras que los tratamientos T8, T1, T11, T4 y T7 generan menores efectos ante el promedio global.

Figura 3

Prueba de significancia Tukey al 5% de los tratamientos con altura de la planta.

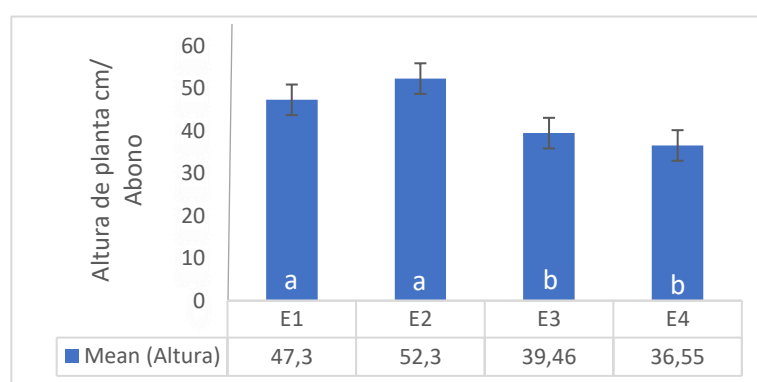


Nota: T1 (E2:D1), T2 (E2:D2), T3 (E2:D3), T4 (E1:D1) T5 (E1:D2), T6 (E1:D3), T7 (E3:D1), T8 (E3:D2), T9 (E3:D3), T10 (E4:D1), T11 (E4:D2), T12 (E4:D3).

En la Figura 4, se presentan las medias y los grupos de altura de planta del cultivo de remolacha forrajera, correspondiente a cada tipo de abono. La media global del modelo es de 43.90 cm. En el grupo **a**), encontramos al abono a base de ovino (E1) y al abono a base de bovino (E2) con alturas más notables, de 47.30 cm y 52.30 cm. En el grupo **b**), el abono en mezcla de ovino + bovino y testigo (E4), presentan alturas inferiores de 39.46 cm y 36.55 cm.

Figura 4

Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable altura de la planta en el efecto del abono.

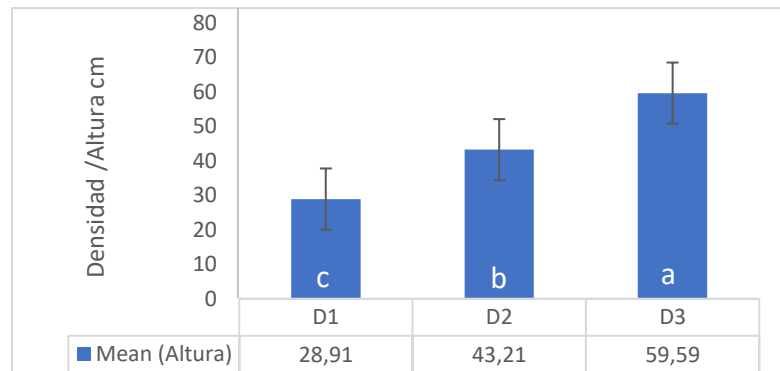


Nota: E1= Abono de ovino, E2=Abono de bovino, E3= Abono de ovino más Bovino, E4= Testigo (sin abono).

En figura 5, se muestra las medias y grupos de la altura del cultivo de remolacha forrajera, proporcionado a densidad de siembra. La densidad de siembra D3 alcanza mayor media de altura de 59.59 cm, perteneciendo al grupo **a**), la densidad de siembra D2, con una media de altura de 43.21 cm, correspondiendo al grupo **b**), y la densidad de siembra D1 con menor media de altura de 28.91 cm, asociada al grupo **c**.

Figura 5

Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable altura de la planta en el efecto de densidad.

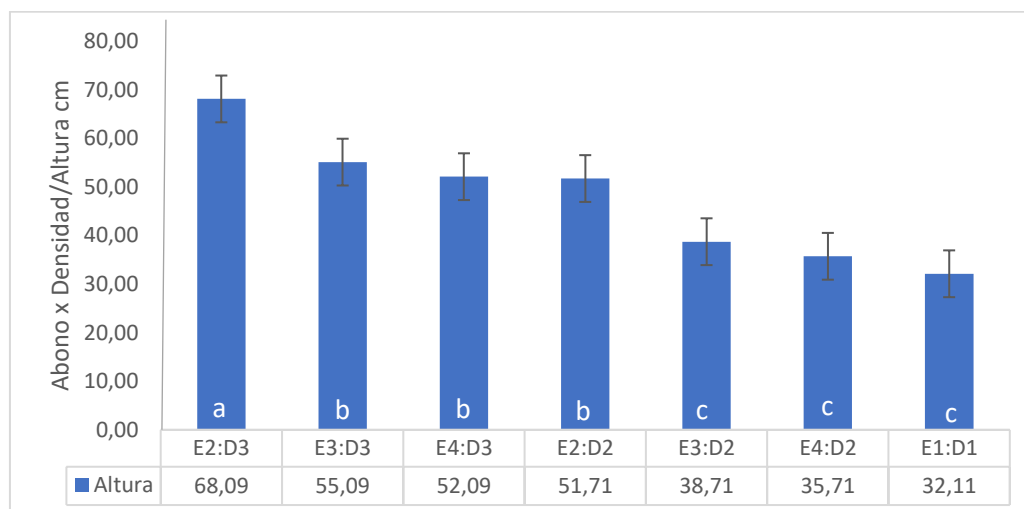


Nota: D1=0.25cm x 0.25cm, D2= 0.30cm x 0.25cm, D3= 0.35cm x 0.25cm.

En la figura 6, se observa las interacciones entre abonos y densidades de siembra del cultivo de remolacha forrajera, obteniendo una mejor interacción la E2:D3 con una media 68.09 cm de altura de la planta, en comparación E1:D1 la cual presentó una media de 32.11 cm

Figura 6

Prueba de significancia Tukey al 5% de la interacción entre la abono y densidad de siembra en relación con la altura de la planta.



Nota: Interacción de enmiendas orgánicas (E1; E2; E3; E4) con densidades de siembra (D1; D2; D3).

5.3. Número de hojas

En la tabla 14, se observa diferencias en la densidad de siembra y abono con un efecto estadísticamente significativo en el número de hojas de la remolacha forrajera, con un p-valor extremadamente bajo (< 0.0001 ; < 0.0001), lo cual indica que uno de estos dos factores utilizados tiene un impacto considerable en el número de hojas producidas por la planta. Es importante señalar que se observa una interacción significativa entre los dos factores y los tratamientos (p-valor : < 0.0001 ; < 0.0001). Teniendo una media general del modelo de 25 hojas aproximadamente y un coeficiente de variación de 7.37%.

Tabla 14

Análisis de varianza de número de hojas de la planta con tratamientos de abono y densidad.

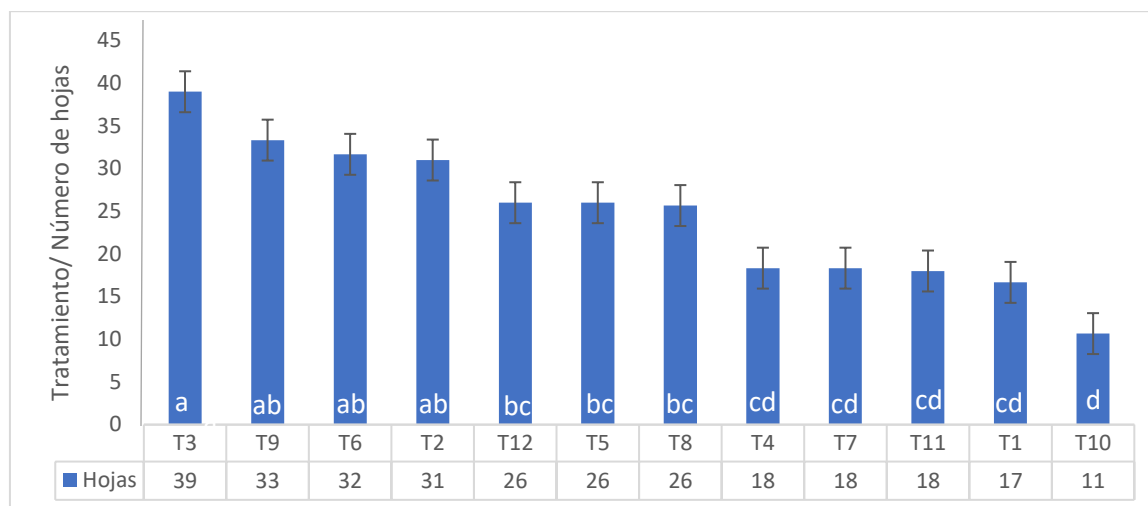
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Significancia
Tratamientos	11	2276.22	206.93	16.63	<0.0001	***
Abono	3	548.89	182.96	14.70	<0.0001	***
Densidad	2	1640.22	820.11	65.90	<0.0001	***
Abono x Densidad	6	648.89	185.96	13.70	<0.0001	***
Residuals	24	298.67	12.44			
Total	35	2574.89				
C.V(%)	7.37					
Promedio	24.56					

Nota: F.V: Fuentes de variación, Df: Grados de libertad, Sum Sq: Suma de cuadrados, Mean Sq: Cuadrados medios, F value: valor de F calculado, Pr(>F): *** 0.001%, ** 0.1%, *1% de nivel de significancia.

En la figura 7, se destaca 5 rangos de significancia de 12 tratamientos en estudio, obteniendo un mejor efecto el T3 con una media de 39 hojas, en comparación con el T10 con 11 hojas, cabe destacar que los tratamientos T9, T6, T2, T12, T5 y T8 permiten mejores efectos que la media global de 25 hojas aproximadamente, mientras que los tratamientos T4, T7, T11 y T1 generan menores efectos ante el promedio global.

Figura 7

Prueba de significancia Tukey al 5% de los tratamientos con número de hojas de la planta.

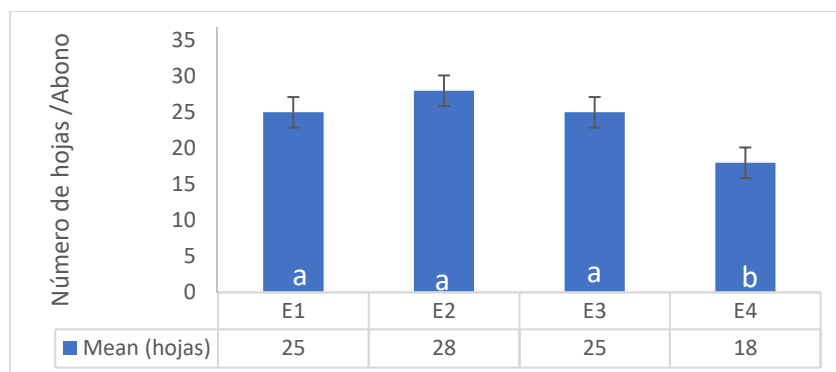


Nota: T1 (E2:D1), T2 (E2:D2), T3 (E2:D3), T4 (E1:D1) T5 (E1:D2), T6 (E1:D3), T7 (E3:D1), T8 (E3:D2), T9 (E3:D3), T10 (E4:D1), T11 (E4:D2), T12 (E4:D3).

En la figura 8, se presentan los valores de las medias y los grupos del número de hojas del cultivo de remolacha forrajera, correspondiente a cada tipo de abono, la media global del modelo es de 24 hojas. El mayor efecto en el número de hojas de la remolacha forrajera es el abono a base de ovino (E1), abono a base de bovino (E2) y el abono en mezcla de ovino + bovino (E3), con promedios de 25, 28 y 25 hojas respectivamente, estos datos corresponden al grupo **a**). El E4 (testigo) con un promedio menor de hojas 18, perteneciendo al grupo **b**).

Figura 8

Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable número de hojas de la planta en el efecto del abono.

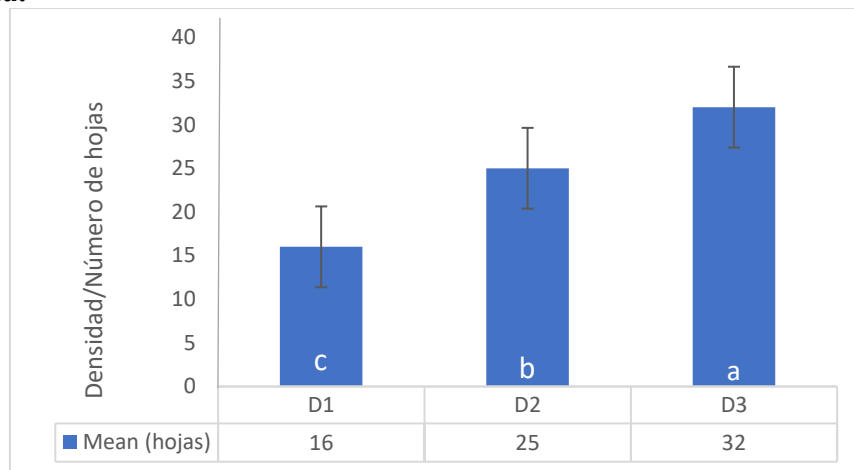


Nota: E1= Abono de ovino, E2=Abono de bovino, E3= Abono de ovino más Bovino, E4= Testigo (sin abono).

En la figura 9, se presenta un análisis de las medias y grupos del número de hojas del cultivo de remolacha forrajera, proporcionado a cada densidad de siembra. El mayor efecto del número de hojas de la remolacha forrajera, la densidad de siembra D3, con una media de 32 hojas, pertenece en el grupo **a)**. La densidad de siembra D2 tiene una media de 25 hojas, ubicándose en el grupo **b)**, y la densidad de siembra D1 muestra una media de 16 hojas, correspondiente al grupo **c)**.

Figura 9

Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable número de hojas de la planta en el efecto de la densidad.

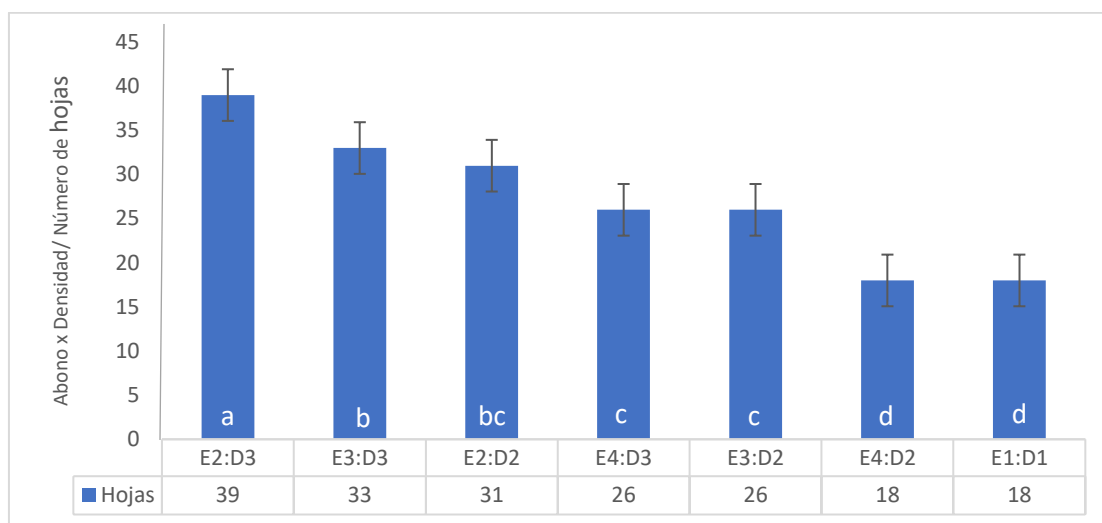


Nota: D1=0.25cm x 0.25cm, D2= 0.30cm x 0.25cm, D3= 0.35cm x 0.25cm

En la figura 10, se observa las interacciones entre abonos y densidades de siembra del cultivo de remolacha forrajera, obteniendo una mejor interacción la E2:D3 con una media de 39 hojas, en comparación E1:D1 la cual presentó una media de 18 hojas.

Figura 10

Prueba de significancia Tukey al 5% de la interacción entre la abono y densidad de siembra en relación con el número de hojas.



Nota: Interacción de enmiendas orgánicas (E1; E2; E3; E4) con densidades de siembra (D1; D2; D3).

Según Núñez (2019), la combinación óptima de densidad de siembra y la aplicación de abonos orgánicos puede maximizar el rendimiento y la calidad de la remolacha forrajera. Los abonos orgánicos, como el biol de bovino, proporcionan nitrógeno esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que desempeña un papel fundamental en la síntesis de clorofila, proteínas y enzimas. Estos componentes son vitales para la fotosíntesis, el metabolismo y la estructura celular, lo que influye directamente en el crecimiento de las plantas. Además, las proteínas tienen un papel crucial en la regulación del crecimiento y la división celulares. Durante el desarrollo de las hojas, se requiere una estricta regulación de la actividad celular para coordinar la expansión celular y la diferenciación tisular. Las proteínas reguladoras del ciclo celular controlan el progreso a través de las distintas fases del ciclo celular, asegurando una división celular adecuada y un crecimiento coordinado de las hojas.

En la conformación de la planta, se identificaron dos variables importantes en cuanto a la altura y al número de hojas, se encontró que la densidad de siembra D3 tuvo el mejor resultado con un promedio 59.59 cm de altura y un total de 32 hojas por planta. Según, Fuertes (2019), proporcionan evidencias consistentes de que las densidades de siembra tienen un impacto

positivo significativo en la producción del cultivo de remolacha (*Beta vulgaris* L.), específicamente, se destaca que la densidad de siembra de 35 cm x 40 cm sobresalió en términos de altura de las plantas, alcanzando una altura de 61.07 cm, y con un total de 43 hojas. Al tener más espacio para expandir sus raíces, las plantas pueden explorar una mayor área de suelo y extraer más nutrientes y agua. Además, al reducir la competencia entre plantas, se mejora el acceso a recursos como la luz solar, lo que promueve un crecimiento vigoroso y un mayor rendimiento.

En el estudio realizado por Quispe (2021), se observó que la densidad de siembra de 35 cm x 40 cm en la remolacha forrajera resultó en un incremento significativo en la altura promedio de la planta, alcanzando los 69.30 cm, así como en el número promedio de hojas por planta, llegando a 42 hojas. Según, Lima (2018), una densidad de siembra adecuada puede influir en la calidad del forraje de remolacha forrajera. Al permitir un desarrollo óptimo de las plantas y un mayor número de hojas, se favorece una mayor producción de biomasa y una mayor concentración de nutrientes en las hojas.

5.4. Diámetro de raíz (cm)

En la tabla 15, se demuestran diferencias significativas en los factores densidad de siembra y abono con respecto a la variable del diámetro de la raíz. Ambos factores, tienen efectos individuales altamente significativos, dado que los valores de p-valor son extremadamente pequeños (0.0237; < 0.0001) respectivamente, se observa una interacción significativa entre los dos factores y los tratamientos (p-valor: < 0.0001; < 0.0001). Observando una media general del modelo de 21.48 cm de diámetro de raíz y un coeficiente de variación de 7.38%.

Tabla 15

Análisis de varianza del diámetro de la raíz con tratamientos de abono y densidad.

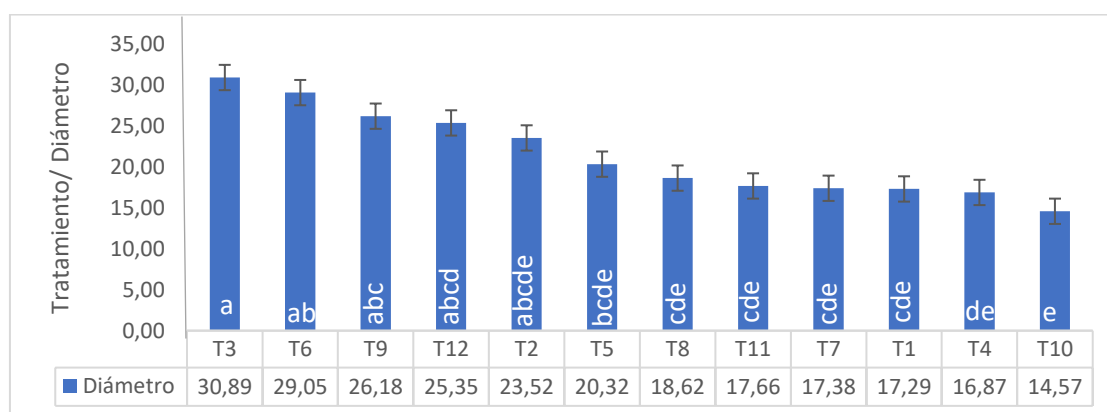
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Significancia
Tratamientos	11	944.03	85.82	8.99	<0.0001	***
Abono	3	108.18	36.06	3.78	0.0237	*
Densidad	2	809.41	404.71	42.41	<0.0001	***
Abono x Densidad	6	208.18	66.06	6.78	<0.0001	***
Residuals	24	229.01	9.54			
Total	35	1173.04				
C.V(%)	7.38					
Promedio	21.48 cm					

Nota: F.V: Fuentes de variación, Df: Grados de libertad, Sum Sq: Suma de cuadrados, Mean Sq: Cuadrados medios, F value: valor de F calculado, Pr(>F): *** 0.001%, ** 0.1%, *1% de nivel de significancia.

En la figura 11, se destaca 9 rangos de significancia de 12 tratamientos en estudio, obteniendo un mejor efecto el T3 con una media de 30.89 cm diámetro de la raíz, en comparación con el T10 con 14.57 cm, cabe destacar que los tratamientos T6, T9, T12 y T2 permiten mejores efectos que la media global de 21.48 cm, mientras que los tratamientos T5, T8, T11, T7, T1 y T4 generan menores efectos ante el promedio global.

Figura 11

Prueba de significancia Tukey al 5% de los tratamientos del diámetro de la raíz.



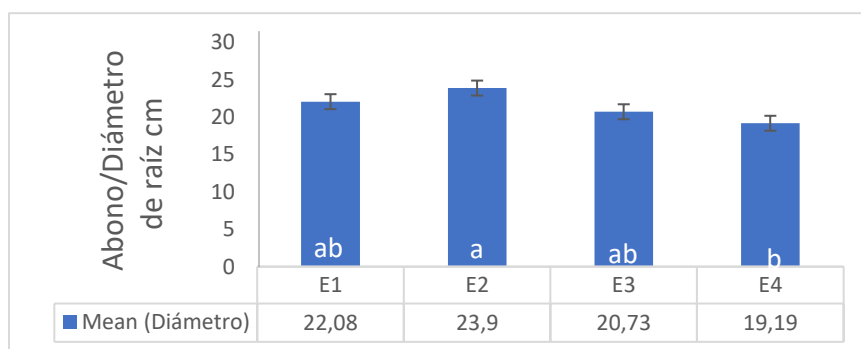
Nota: T1 (E2:D1), T2 (E2:D2), T3 (E2:D3), T4 (E1:D1) T5 (E1:D2), T6 (E1:D3), T7 (E3:D1), T8 (E3:D2), T9 (E3:D3), T10 (E4:D1), T11 (E4:D2), T12 (E4:D3).

En la figura 12, se muestran los valores de las medias y los grupos del diámetro de la raíz del cultivo de remolacha forrajera, correspondiendo a cada tipo de abono. La media global del modelo es 21.47 cm. El mayor efecto de media del diámetro de la raíz es del abono a base

de bovino (E2), con una media de 23.90 cm correspondiente al grupo **a**), el abono a base de ovino (E1) y el abono en mezcla de ovino + bovino (E3), con 22.08 cm y 20.73 cm diámetro promedio respectivamente, pertenecen al grupo **(ab)**, es decir entre ellos no existe diferencias significativas y pueden alcanzar efectos tan buenos como el grupo **(a)**, El E4 (testigo) con una media inferior de diámetro de 19.19 cm y perteneciendo al grupo **(b)**.

Figura 12

Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable diámetro de raíz en el efecto del abono.

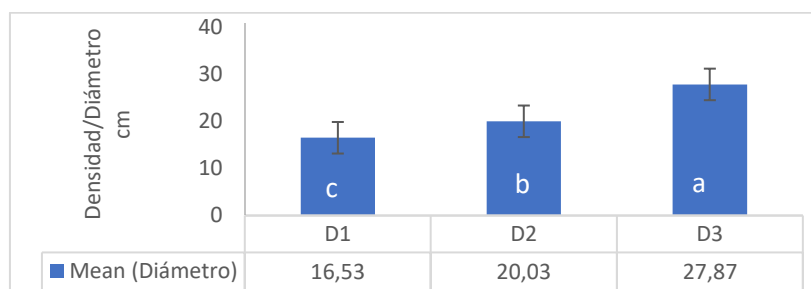


Nota: E1= Abono de ovino, E2=Abono de bovino, E3= Abono de ovino más Bovino, E4= Testigo (sin abono).

En la figura 13, se observa el resultado de las medias y grupos de cada densidad de siembra con sus efectos en el diámetro de la remolacha forrajera, evidenciando que en el grupo **a**), pertenece la densidad de siembra D3 permite una media de 27.87 cm de diámetro, en el grupo **b**) la densidad de siembra D2 con una media de 20.03 cm de diámetro y el grupo **c**), la densidad de siembra D1 con una media de 16.53cm.

Figura 13

Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable diámetro de raíz en el efecto de la densidad.

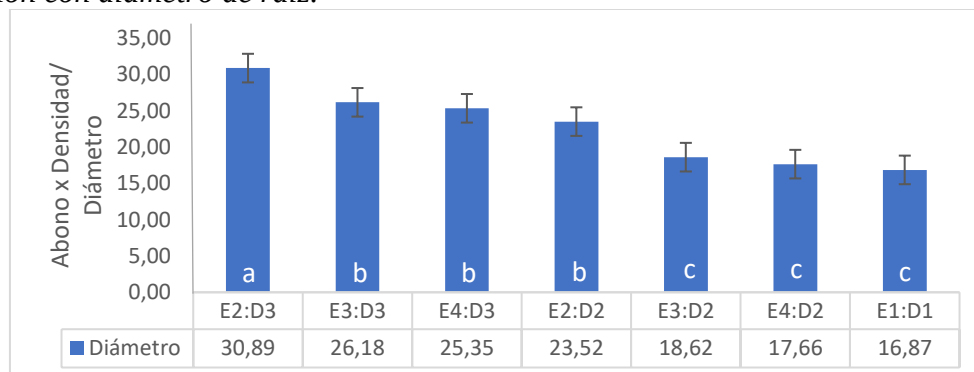


Nota: D1=0.25cm x 0.25cm, D2= 0.30cm x 0.25cm, D3=0.35cm x 0.25cm.

En la figura 14, se observa las interacciones entre abonos y densidades de siembra del cultivo de remolacha forrajera, obteniendo una mejor interacción la E2:D3 con una media de 30.89 cm de diámetro de raíz, en comparación E1:D1 la cual presentó una media de 16.87 cm.

Figura 14

Prueba de significancia Tukey al 5% de la interacción entre la abono y densidad de siembra en relación con diámetro de raíz.



Nota: Interacción de enmiendas orgánicas (E1; E2; E3; E4) con densidades de siembra (D1; D2; D3).

5.5. Longitud de la raíz (cm)

En la tabla 16, se visualiza diferencias significativas en los factores densidad de siembra y abono con respecto a la variable de la longitud de la raíz. Ambos factores, tienen efectos individuales altamente significativos, dado que los valores de p-valor son extremadamente pequeños (< 0.0001 ; < 0.0001) respectivamente, se observa una interacción significativa entre los dos factores y los tratamientos (p-valor : < 0.0001 ; < 0.0001). Observando una media general del modelo de 16.92 cm de longitud de raíz y un coeficiente de variación de 5.38%.

Tabla 16

Análisis de varianza de longitud de la raíz con tratamientos de abono y densidad.

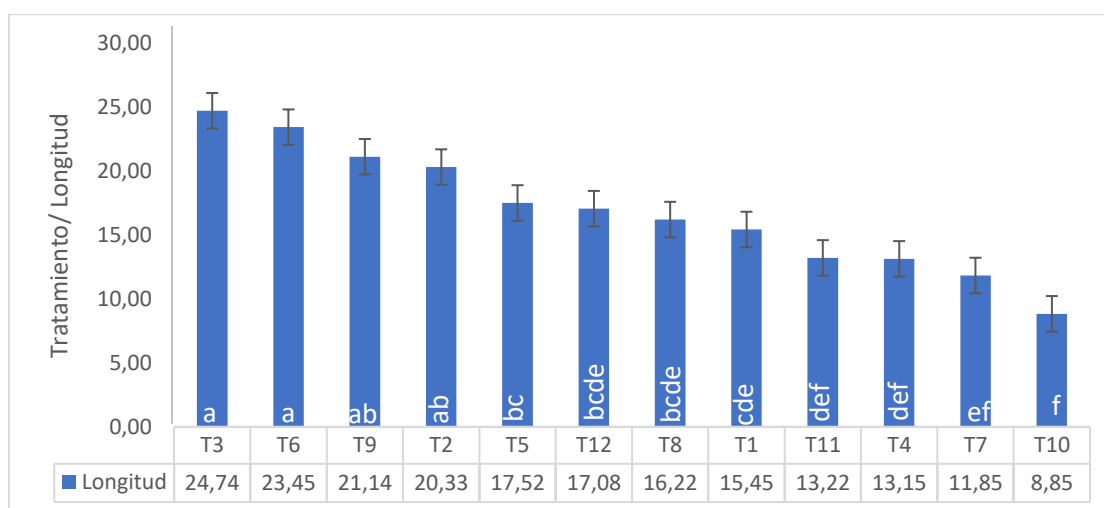
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Significancia
Tratamientos	11	765.42	69.58	18.77	<0,0001	***
Abono	3	243.78	81.26	21.92	<0,0001	***
Densidad	2	516.95	258.48	69.73	<0,0001	***
Abono x Densidad	6	343.78	121.26	31.92	<0,0001	***
Residuals	24	88.96	3.71			
Total	35	857.38				
C.V(%)	5.38					
Promedio	16.92 cm					

Nota: F.V: Fuentes de variación, Df: Grados de libertad, Sum Sq: Suma de cuadrados, Mean Sq: Cuadrados medios, F value: valor de F calculado, Pr(>F): *** 0.001%, ** 0.1%, *1% de nivel de significancia.

En la figura 15, se destaca 9 rangos de significancia de los 12 tratamientos en estudio, obteniendo un mejor efecto el T3 con una media de 24.74 cm de longitud de raíz, en comparación con el T10 con 8.85 cm, cabe destacar que los tratamientos T6, T9, T2, T5 y T12 permiten mejores efectos que la media global de 16.92 cm, mientras que los tratamientos T8, T1, T11, T4 y T7 generan menores efectos ante el promedio global.

Figura 15

Prueba de significancia Tukey al 5% de los tratamientos de longitud de la raíz.

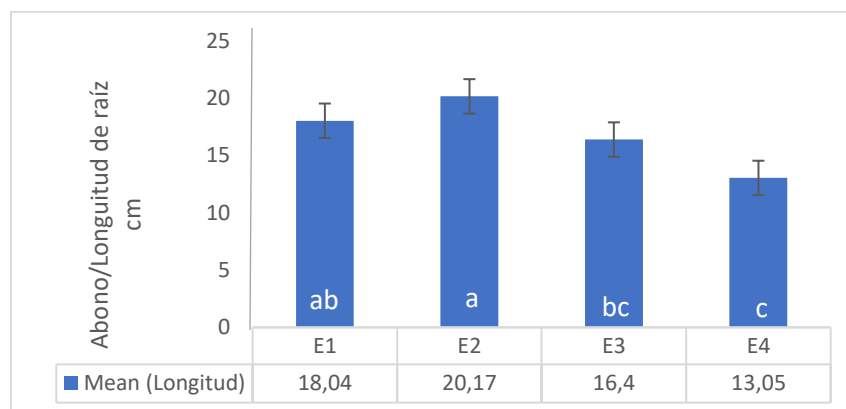


Nota: T1 (E2:D1), T2 (E2:D2), T3 (E2:D3), T4 (E1:D1) T5 (E1:D2), T6 (E1:D3), T7 (E3:D1), T8 (E3:D2), T9 (E3:D3), T10 (E4:D1), T11 (E4:D2), T12 (E4:D3).

En la figura 16, se muestran los valores de las medias y los grupos de la longitud de la raíz de la remolacha forrajera cada tipo de abono, la media global del modelo es 16.91 cm de longitud. El abono a base de bovino E2, muestra el mayor impacto en la longitud, con una media de 20.17 cm, perteneciendo en el grupo **(a)**, el E1, con una longitud promedio de 18.04 cm, corresponde al grupo **(ab)**, lo que indica que puede lograr efectos tan buenos como el grupo **(a)**. Por otro lado, el abono en mezcla de ovino + bovino (E3) con una longitud de 16.40

Figura 16

Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable longitud de raíz en el efecto del abono.

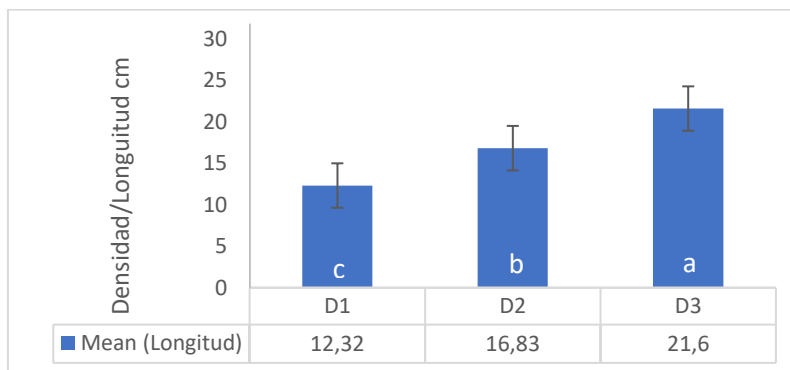


Nota: E1= Abono de ovino, E2=Abono de bovino, E3= Abono de ovino más Bovino, E4= Testigo (sin abono).

En la figura 17, se aprecia el resultado de las medias y grupos de cada densidad de siembra con sus efectos en la longitud del cultivo de remolacha forrajera. El mayor efecto en la media es la densidad de siembra D3, con una media de longitud de 21.60 cm, perteneciendo al grupo **a**). La densidad de siembra D2 con una longitud de 19.19 cm, pertenece el grupo **(b)**, y la densidad de siembra D1 con una longitud de 12.32 cm, corresponde al grupo **c**).

Figura 17

Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable longitud de raíz en el efecto de la densidad.

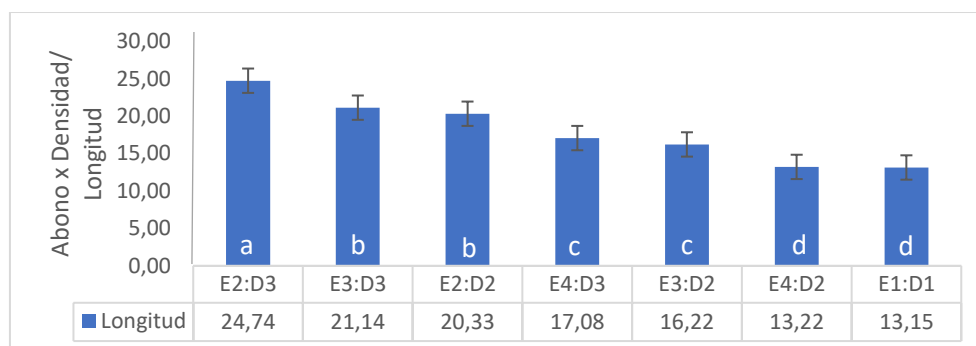


Nota: D1=0.25cm x 0.25cm, D2= 0.30cm x 0.25cm, D3=0.35cm x 0.25cm.

En la figura 18, se observa las interacciones entre abonos y densidades de siembra del cultivo de remolacha forrajera, obteniendo una mejor interacción la E2:D3 con una media de 24.74 cm de longitud de raíz, en comparación E1:D1 la cual presentó una media de 13.15 cm.

Figura 18

Prueba de significancia Tukey al 5% de la interacción entre la abono y densidad de siembra en relación con longitud de raíz.



Nota: Interacción de enmiendas orgánicas (E1; E2; E3; E4) con densidades de siembra (D1; D2; D3).

Según, Díaz (2020), mediante la aplicación de enmiendas orgánicas, especialmente el biol de bovino proporciona microorganismos beneficiosos como las bacterias promotoras del crecimiento vegetal, estas bacterias colonizan las raíces de las plantas y promueven su crecimiento, también estimula el crecimiento radicular al proporcionar nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales ayudan a las raíces a crecer más rápido y a ramificarse, lo que aumenta tanto el diámetro como la longitud de las raíces.

En la investigación se determina que la densidad de siembra D3 presentó un mejor efecto del diámetro con 27.87 cm y una longitud de 21.6 de raíz del cultivo de remolacha forrajera, lo que hace referencia al estudio realizado por Alvarado (2019), examinó las características agronómicas de la remolacha forrajera, centrándose en la longitud y el diámetro de la raíz, en relación con diferentes densidades de siembra. Los resultados mostraron que la mejor combinación fue una densidad de siembra de 35 cm x 35 cm. Esto coincide con los resultados obtenidos en esta investigación ya que poseen mejores resultados con la densidad D3 con un diámetro promedio de 27. 87 y una longitud de 21.6 de raíz. Estos valores son indicativos de un crecimiento óptimo de las raíces. Según, Robles (2018), Las remolachas forrajeras almacenan carbohidratos en sus raíces, por ende, una raíz más grande y larga proporciona un mayor espacio de almacenamiento, lo que permite que la planta acumule una mayor cantidad de energía y nutrientes para su crecimiento.

Según, Ramírez (2019), confirmó en su estudio que una mayor densidad de siembra de remolacha forrajera resulta en mejores diámetros y longitud de la raíz. El valor más alto obtenido fue con una densidad de siembra de 35 x 40 cm, con un diámetro de 38.06 cm y una longitud de 18.09 cm. Estos resultados respaldan la importancia de la densidad de siembra en el desarrollo y rendimiento de la remolacha forrajera, y sugieren que una mayor densidad puede favorecer un mayor crecimiento y producción de raíces.

5.6. Rendimiento t ha⁻¹ MV

En la tabla 17, se observa la variable abono que tiene un efecto estadísticamente significativo en el rendimiento de la remolacha forrajera, con un p-valor extremadamente bajo (< 0.0001), esto significa que al menos uno de los niveles de abono tiene un efecto significativo en el rendimiento de la planta. Por otro lado, la variable densidad de siembra también tiene un efecto estadísticamente significativo en el rendimiento del cultivo, con un p-valor extremadamente bajo (< 0.0001), la interacción entre los dos factores y los tratamientos son estadísticamente significativos (p-valor : < 0.0001 ; < 0.0001) respectivamente. Observando una media general del modelo de 100.54 t ha⁻¹ MV de longitud de raíz y un coeficiente de variación de 2.74%.

Tabla 17

Análisis de varianza de rendimiento t ha⁻¹ MV de la planta con tratamientos de abono y densidad.

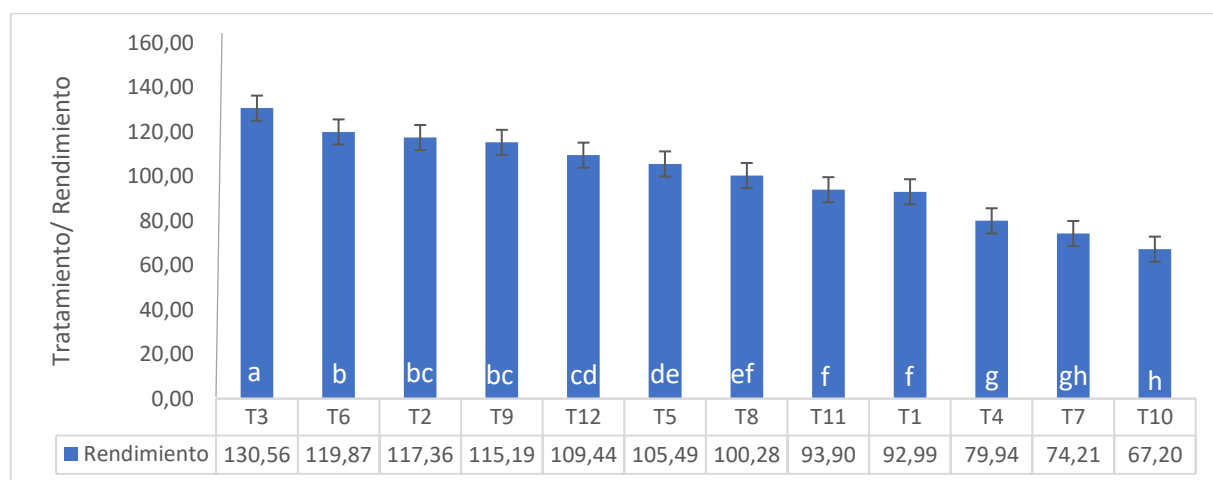
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Significancia
Tratamientos	11	12620.68	1147.33	150.69	< 0.0001	***
Abono	3	2666.64	888.88	116.75	< 0.0001	***
Densidad	2	9936.40	4968.20	652.53	< 0.0001	***
Abono x Densidad	6	4666.64	988.88	126.75	< 0.0001	***
Residuals	24	182.73	7.61			
Total	35	12803.41				
C.V(%)	2.74					
Promedio	100.54 t ha ⁻¹					

Nota: F.V: Fuentes de variación, Df: Grados de libertad, Sum Sq: Suma de cuadrados, Mean Sq: Cuadrados medios, F value: valor de F calculado, Pr(>F): *** 0.001%, ** 0.1%, *1% de nivel de significancia.

En la figura 19, se destaca 10 rangos de significancia obtenidos de los 12 tratamientos en estudio, observando un mejor efecto el T3 con una media de 130,56 de rendimiento $t\ ha^{-1}$ MV del cultivo de remolacha forrajera, en comparación con el T10 con 67.20 $t\ ha^{-1}$ MV, cabe destacar que los tratamientos T6, T2, T9, T12 y T5 permiten mejores efectos que la media global de 100.54 $t\ ha^{-1}$ MV, mientras que los tratamientos T8, T11, T1, T4 y T7 generan menores efectos ante el promedio global.

Figura 19

Prueba de significancia Tukey al 5% de los tratamientos de rendimiento $t\ ha^{-1}$ MV del cultivo de remolacha forrajera.

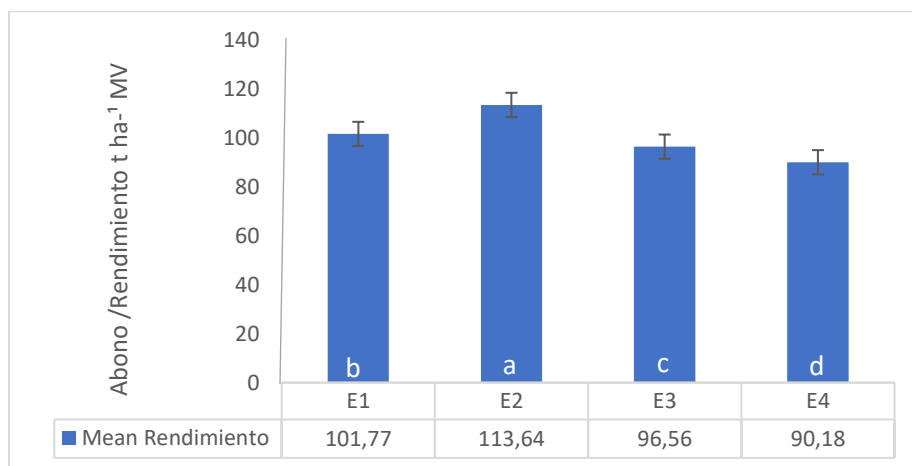


Nota: T1 (E2:D1), T2 (E2:D2), T3 (E2:D3), T4 (E1:D1) T5 (E1:D2), T6 (E1:D3), T7 (E3:D1), T8 (E3:D2), T9 (E3:D3), T10 (E4:D1), T11 (E4:D2), T12 (E4:D3).

En referencia a la figura 20, se presentan los valores de las medias y los grupos del rendimiento del cultivo de remolacha forrajera, correspondiente al tipo de abono. La media global del modelo es 100.54 $t\ ha^{-1}$ MV. El mayor efecto del rendimiento de la remolacha forrajera es el abono a base de bovino (E2), con un rendimiento de 113.64 $t\ ha^{-1}$ MV, perteneciente al grupo **a**). El abono a base de ovino (E1) y el abono en mezcla de ovino + bovino (E3), tienen un rendimiento de 101.77 $t\ ha^{-1}$ MV, y 96.56 $t\ ha^{-1}$ MV, respectivamente, estos dos abonos pertenecen a los grupos **b**) y **c**). El testigo (E4), presenta un rendimiento inferior a los demás, con 90.18 $t\ ha^{-1}$ MV, perteneciendo al grupo **d**).

Figura 20

Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable rendimiento t ha⁻¹ MV en el efecto del abono.

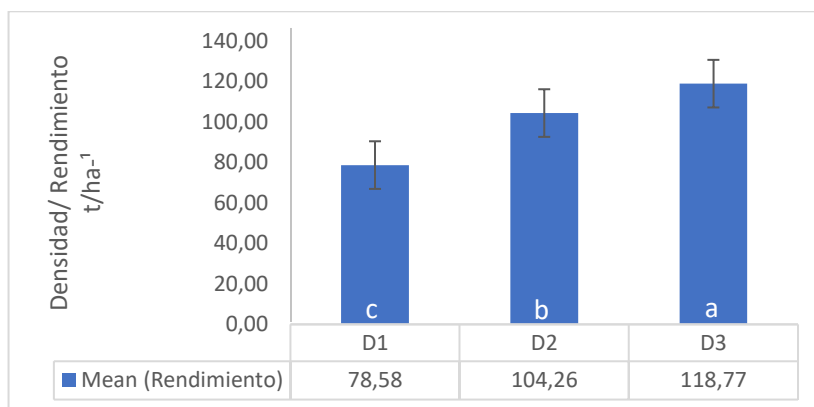


Nota: E1= Abono de ovino, E2=Abono de bovino, E3= Abono de ovino más Bovino, E4= Testigo (sin abono).

En figura 21, se presentan los valores de las medias y los grupos del rendimiento del cultivo de remolacha forrajera, correspondiente al tipo densidad de siembra. El mayor efecto del rendimiento de la remolacha forrajera es la densidad de siembra D3, con un rendimiento de 118.77 t ha⁻¹ MV, perteneciente al grupo **a**). La densidad de siembra D2 tienen un rendimiento de 104.26 t ha⁻¹ MV, pertenece a grupo **b**), y la densidad de siembra D1, presenta un rendimiento inferior a los demás, con 78.58 t ha⁻¹ MV, perteneciendo al grupo **c**).

Figura 21

Prueba de significancia Tukey al 5% de la variable rendimiento en el efecto de la densidad.

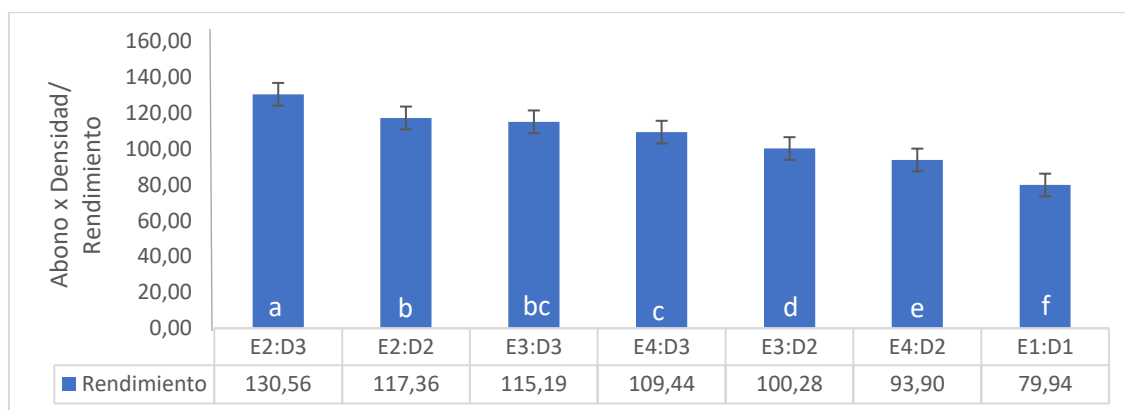


Nota: D1=0.25cm x 0.25cm, D2= 0.30cm x 0.25cm, D3=0.35cm x 0.25cm.

En la figura 22, se observa las interacciones entre abonos y densidades de siembra del cultivo de remolacha forrajera, obteniendo una mejor interacción la E2:D3 con una media de 130.56 t ha⁻¹ MV, en comparación E1:D1 la cual presentó una media de 79.94 t ha⁻¹ MV.

Figura 22

Prueba de significancia Tukey al 5% de la interacción entre la abono y densidad de siembra en relación con rendimiento t ha⁻¹ MV.



Nota: Interacción de enmiendas orgánicas (E1; E2; E3; E4) con densidades de siembra (D1; D2; D3).

En la investigación se destaca un mejor rendimiento de 118.77 t ha⁻¹ MV en el cultivo de remolacha forrajera, utilizando una densidad de siembra de D3 (0.35 cm x 0.25 cm). Este resultado coincide con el estudio realizado por Alvarado (2018), donde se encontró que una densidad de siembra de 35 cm x 40 cm tuvo un impacto significativo en el rendimiento de este cultivo, con una producción de 223 t ha⁻¹ MV, lo que equivalió a 27.9 t ha⁻¹ MS. El mismo autor hace referencia que las plantas con una densidad de siembra optima puede producir hojas más grandes y una mayor acumulación de azúcares y nutrientes en las raíces, lo que contribuye a un mayor valor nutricional y rendimiento de la remolacha forrajera.

Yarza (2018), afirma que el rendimiento de la remolacha forrajera está influenciado por una serie de factores de producción, como el clima, el suelo, la calidad del agua, la densidad de siembra, y la fertilización. Cada uno de estos factores puede tener un impacto significativo en el crecimiento y desarrollo de la planta, y, por ende, en su rendimiento final. con un buen manejo se puede lograr rendimientos de 180 – 240 t ha⁻¹ MV y un 18 – 24 t ha⁻¹ MS, lo que coincide con

Sánchez (2019), el cual obtuvo un rendimiento de 140-240 toneladas de materia verde por hectárea, en el cultivo de remolacha forrajera.

Para Gutiérrez (2019), La remolacha forrajera destaca por su notable capacidad de producción, alcanzando 200 toneladas por hectárea de materia verde. Este atributo es particularmente relevante debido a su impacto en la eficiencia y rentabilidad de la producción agrícola.

5.7. Composición química de la planta

La tabla 18 muestra los resultados del análisis bromatológico de la remolacha forrajera utilizando cuatro tipos diferentes de enmiendas orgánicas. Observamos que el abono E2 tiene el menor contenido de materia seca (8.90%) y el más alto de humedad (91.1%), indicando mayor contenido de agua. Todos los abonos muestran valores similares de energía metabolizable (2.10-2.19 Mcal kg⁻¹ MS). Sin embargo, el abono a base de bovino (E2) destaca por su alto contenido de PC (7.4%).

Tabla 18

Composición química de la remolacha forrajera por tipo de abono.

Abono	Humedad	% Materia Seca	% Energía Metabolizable	Proteína Cruda	Calcio	Fósforo
	(%)	(%)	Mcal kg ⁻¹ MS	(%)	(%)	(%)
E1	89.6	10.40	2.15	6.9	0.04	0.07
E2	91.1	8.90	2.19	7.4	0.03	0.09
E3	87.9	12.10	2.11	7.2	0.02	0.07
E4	88.3	11.70	2.10	6.3	0.02	0.06

Para Peñafiel (2019), el biol a base de bovino contiene una diversidad de microorganismos como levaduras que pueden establecer una simbiosis con las raíces de las plantas de remolacha forrajera, promoviendo la descomposición de materia orgánica, la solubilización de nutrientes y la producción de compuestos bioactivos como hormonas de crecimiento vegetal, esto fortalece el sistema radicular y estimula del crecimiento de las plantas.

Según, Lozano (2019), la combinación de biol a base de bovino y ovino aprovecha las fortalezas individuales de cada uno. La presencia de nutrientes esenciales como el nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en esta mezcla proporciona un equilibrio nutricional óptimo para las plantas. El biol de ovino aporta beneficios adicionales, siendo rico en nutrientes como el calcio, crucial para fortalecer las paredes celulares de las plantas. Por otro lado, el biol bovino es conocido por ser rico en nitrógeno, esencial para estimular el crecimiento de las plantas. Esta combinación de nutrientes fomenta el desarrollo de hojas, tallos y raíces más fuertes lo que resulta en un aumento en la cantidad de materia seca en las plantas.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

De acuerdo con la interpretación de los resultados obtenidos, se deducen las siguientes conclusiones:

- En el comportamiento agronómico del cultivo de remolacha forrajera, el tratamiento T3, el cual corresponde a la densidad de siembra D3 (0.35cm x 0.25cm), con la aplicación del abono a base de bovino (E2), obtuvieron mayores promedios en referencia a las variables de altura 59.59 cm, número de hojas 32, diámetro de 27.87 cm y longitud de 21.6 cm de la raíz, en comparación con el tratamiento T10, con la densidad de siembra D1 y E4 (testigo), con promedios inferiores en altura de 28.91cm, número de hojas 16 y a nivel de raíz presentó un diámetro de 16.53 cm y una longitud de 12.32 cm.
- En cuanto al rendimiento en base a materia verde, el cultivo de remolacha forrajera se determinó que la densidad de siembra D3 (0.35cm x 0.25cm), con la aplicación del abono a base de bovino (E2), obtuvo un mayor rendimiento de 130.56 t ha⁻¹ MV, en comparación la densidad de siembra D1 y el E4 (testigo), los cuales reflejaron rendimientos inferiores de 67.20 t ha⁻¹ MV.
- El abono a base de bovino más ovino E3 muestra los mejores resultados en cuanto al análisis bromatológico, obteniendo alto contenido de materia seca de 12.10 %y por ende un mayor aporte energético de 2.11 Mcal kg⁻¹, se puede mencionar que la composición nutricional de este abono contribuyó de manera favorable a una adecuada capacidad de intercambio catiónico a nivel de suelo, lo cual aportó en una mejor absorción y disponibilidad de nutrientes.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- El comportamiento agronómico de la remolacha forrajera es fundamental para lograr un alto rendimiento en el campo, se debe prestar atención a la preparación del suelo, la aplicación de riegos, el uso racional de fertilizantes químicos en asociación y dosificación con abonos orgánicos, a fin de equilibrar las dosis y garantizar el desarrollo, productividad y rentabilidad del cultivo.
- El establecer cultivos y de manera especial densidades de siembra debe estar acorde con las condiciones edafoclimáticas del sector, para optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles y maximizar el rendimiento, en tal virtud, en la presente investigación, se recomienda para el cultivo de remolacha forrajera la densidad de siembra D3 (0.35 x 0.25), con un promedio de plantas por hectárea de 140000, donde, pudo observar que con esta densidad el tamaño de raíz se vio aumentado en 10% a diferencia del resto de densidades y por ende se obtuvo mejores rendimientos.
- Se recomienda el cultivo de remolacha forrajera en suelos con excesos de boro, ya que, tiene la capacidad de filtrar y absorber cantidades significativas de este micronutriente sin experimentar un impacto negativo en su desarrollo y la nutrición animal. Esta capacidad de absorción puede contribuir a reducir la concentración de boro en el suelo, lo que a su mejora la calidad del suelo, haciendo que sea más favorable para el desarrollo de otros cultivos como las legumbres.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcívar, P. (2019). *Suplementación con remolacha forrajera en vacas para producción lechera*. <https://dellait.com/es/suplementacion-con-remolacha-forrajera-en-vacas-alimentadas-con-hierba/>
- Auz, K. (2018). *La ceniza en la agricultura*. <https://infoagro.com.ar/la-ceniza-en-la-agricultura-como-usarla/>
- Álvarez, M. (2018). *Remolacha forrajera*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/726318/Remolacha_forrajera.pdf
- Alvarado, E y Casillas, H. (2019). *Efecto de la densidad de siembra sobre la producción de forraje de remolacha forrajera (Beta vulgaris L.) en condiciones de riego en el Noreste Patagónico*.
https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12153/INTA_CRP_atagoniaNorte_EEAValleInferior_Gallego_JJ_Efecto_densidad_de_siembra.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Andrade, M. (2018). XXVI Reunion de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Nutrición No Rumiantes, 6.
- Bastidas, M. (2018). *Utilización de la remolacha forrajera (Beta vulgaris L.) como suplemento alimenticio*. [Tesis de grado, Universiada técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2815/1/T-UTC-00339.pdf>
- Bonifaz, R. L. (2018). *Pastos y Forrajes del Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Caguasango, A. (2023). *Determinación de la duración del ciclo de cultivo de remolacha (Beta Vulgaris L)*. [Tesis de grado. Universidad Técnica De Ambato]. Repositorio Institucional UN.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38230/1/Tesis361%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20%20Caguasango%20Bayas%20Andrea%20Lorena.pdf>

- Castro, K. (2018). *Efecto de la densidad de siembra sobre la producción de forraje de remolacha forrajera (Beta vulgaris L.) en condiciones de riego en el Noreste Patagónico*. [Tesis de grado. Universidad Nacional de Río Negro]. Repositorio. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12153/>
- Demagnet, R. y Canales, C. (2020). *Remolacha Forrajera*. Universidad de La Frontera.
- Díaz, M. (2020). *Suplementación con remolacha forrajera en vacas lecheras alimentadas con hierba fresca*. Dellait. <https://dellait.com/es/suplementacion-con-remolacha-forrajera-en-vacas-alimentadas-con-hierba/>
- Eacaúriaza, R. (2018). *Cultivo de la remolacha forrajera*. Ministerio de Agricultura.
- Echart, M. (2019). *Las multifacéticas remolachas una reevaluación de sus posibilidades productivas a la luz de los conocimientos actuales*. <https://www.redalyc.org/journal/864/86470768004/86470768004.pdf>
- Espinosa, H. (2020). *Adaptación y rendimiento de cinco variedades de remolacha forrajera (Beta Vulgaris) En general Escobedo Nuevo León*. [Tesis de grado. Universidad de Nuevo León]. Repositorio Institucional UN. <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/lic/1080062546.pdf>
- Fachit, G. (2019). *Remolacha forrajera excelente alternativa nutricional en la producción de ganado bovino*. [Archivo PDF]. <https://www.hereford.org.ar/web/wp-content/uploads/Remolacha-Forrajera.pdf>
- Favere, V. (2018). *Cultivo y uso de la remolacha forrajera para pastoreo directo*. INTA. Instituto nacional de tecnología Agropecuaria.
- Filippi, O y Canales, H. (2020). *Evaluación cuantitativa cualitativa de tres variedades de remolacha forrajera (Beta vulgaris)*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/17650>
- Fuentes, L. (2018). *Remolacha forrajera: un nuevo cultivo energético para los sistemas de producción de carne*. <https://horizonteadigital.com/remolacha-forrajera-un-nuevo-cultivo-energetico-para-los-sistemas-de-produccion-de-carne>.
- Gallego, J. y Zibillaga, M. (2020). *Efecto de la densidad de siembra sobre la producción de forraje de remolacha forrajera (Beta vulgaris L.) en condiciones de riego en el Noreste Patagónico*. [Artículo PDF]. <https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/6039/3/Densidad%20siembra%20REM>

OLACHA%20FORRAJERA%20%28corregido%20por%20coautoras%29%20%281%29.pdf

Gillespie, B. (2019). *Remolacha forrajera para pastoreo directo*. [Artículo PDF].

https://www.kws.com/cl/media/sugarbeet/kws_remolacha_forrajera_pastoreo_directo_catalogo.pdf

Hernández, M. (2019). *Suplementación energética en vacas en producción con remolacha forrajera*. [Tesis de grado, Universidad de La Salle].

https://aulavirtual.pucesi.edu.ec/aulas23/pluginfile.php/168498/mod_resource/content/1/Normas%20APA%207.pdf?redirect=1

Herrería, A. (2022). *Suplementación estratégica, esencial para mejorar la producción*.

<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/suplementacion-estrategica-esencial-para-mejorar-produccion>.

INTA. (2018). *Manual del protagonista Nutrición Animal* . Quito : JICA .

Klein, F. (2018). *La remolacha forrajera; una alternativa para la suplementación invernal*.

Instituto de investigaciones agropecuarias estación experimental remehue boletín técnico N° 126.

Coello, J. (2019). *Alimentación animal*. <https://www.fao.org/3/a1564s/a1564s03.pdf>

Lozano, C. (2023). *Efecto de la suplementación con remolacha forrajera a vacas lecheras con parto de otoño*. INIA, 15.

Luna, R y Mesa, I. (2018). *Los principales beneficios de la remolacha forrajera*.

<https://www.kws.com/cl/es/producto/remolacha-azucarera/remolacha-forrajera/#:~:text=Valor%20nutricional&text=La%20remolacha%20forrajera%20se%20puede,vacas%20secas%20en%20pastoreo%20directo>.

Quispe, E. (2021). *Efecto de densidad de siembra en la producción de remolacha forrajera (beta vulgaris l. ssp. vulgaris var. blanca cuello verde), en el municipio inquisivi*.

[Tesis de grado, Universidad Mayor De San Andrés Facultad De Agronomía Carrera De Ingeniería Agronómica]. Repositorio Institucional UN.

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25863/TD-2872.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Miranda, L. (2020). *Cultivo de remolacha forrajera para ganado*.
<https://agroempresario.com/publicacion/17564/cultivo-de-remolacha-forrajera-para-ganado/>
- Nieto, F. y Sierra, D. (2020). *Productividad de vacas lecheras suplementadas con ensilaje de haba alpargata o remolacha forrajera*. Dialnet.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7525219>
- Nottingham, L. (2019). *La remolacha forrajera*. https://www.agronewscastillayleon.com/la-remolacha-forrajera-una-alternativa-estudiar/#google_vignette
- Rosales, A. (2022). *Remolacha forrajera*. Agricultura/University Agro.
<https://universityagro.ru/es/horticultura/remolacha-forrajera/>
- Ruíz, A. y Medina, G. (2020). *Requerimientos agroecológicos de cultivos*. Centro Altos De Jalisco. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf
- Sanchez, M. (2019). *Remolacha forrajera en la alimentación invernal de vacas lecheras*.
[https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/30323/NR12753.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20rendimiento%20de%20forraje%20obtenido,\(base%2010%C2%B0C\).](https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/30323/NR12753.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20rendimiento%20de%20forraje%20obtenido,(base%2010%C2%B0C).)
- Santos, L. (2019). *Remolacha forrajera de cuello verde*.
<https://www.colmenasaguilera.com/es/semillas-huerta-/709-remolacha-forrajera-blanca-cuello-verde.html>.
- Suárez, R. (2019). *Beneficios de la remolacha forrajera en el ganado*.
<https://www.kws.com/cl/es/producto/remolacha-azucarera/remolacha-forrajera/#:~:text=Valor%20nutricional&text=La%20remolacha%20forrajera%20se%20puede,vacas%20secas%20en%20pastoreo%20directo.>
- Valverde, K. (2019). *Complementos alimenticios como estrategias de alimentación para rumiantes en pastoreo*. <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/Complementos-alimenticios-como-estrategias-de-alimentacion-para-rumiantes>
- Yarza, J. (2018). *La remolacha forrajera alimento para ganado*. Madrid : Extensión Agraria.

Zalama, S. (2021). *Uso de suplemento nutricional a bajo costo = Mayor producción de leche.*
<https://nutrinews.com/suplemento-nutricional-bajo-costo-mayor-produccion-de-leche-en-vaca>

ANEXOS

Anexo 1

Reporte de análisis de suelo.

RESULTADOS

Código Agrarprojekt:

SMC-090120

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS	
Tipo de Muestra:	Suelo
Cultivo:	Cultivo (<i>Beta vulgaris</i> L.)
Número de Muestra:	#1
Información Proporcionada por el Cliente:	Muestra de suelo

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

	Análisis	Unidades	*Métodos de Extracción	*Niveles Óptimos para Pastos - Cultivos Intensivos	Resultado
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	-	5-15	12,8
	Textura	-	-	"limo arenoso" hasta "limo arcilloso"	limo arenoso
	Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	0,2 - 0,5	0,1
	pH (en H ₂ O)	-	Vol. 1:2		6,1
	pH (en KLC)	-	Vol. 1:2	5,5 - 7,5	4,9
Macronutrientes	Nitrato (NO ₃ -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	3,3
	Amonio (NH ₄ -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	9,2
	(NO ₃ +NH ₄)-N	mg/kg	-	30 - 55	12,8
	Fósforo (P)	mg/kg	NaHCO ₃ 0.5M	20 - 35	32,2
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	125 - 250	209
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	45 - 90	55,5
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	400 - 1200	356
Micronutrientes	Azufre (SO ₄ -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 20	7,2
	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	20 - 50	359
	Manganeso (Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	4 - 20	135
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1,3 - 5,0	1,7
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	2,5 - 10,0	3
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0,15 - 0,60	0,18
	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	<140	6
Peligro de Salinidad	Cloruro (Cl ⁻)	mg/kg	Extracto Agua	<210	29,1
	Sales totales	mg/kg	Extracto Agua	<2000	73,3

*Fuente: Soil Science Society of America Inc. (Ed.). 2001. Method of Soil Analysis. 1390pp

-/- No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

-La fecha del ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

-El laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

-Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.



Agrarprojekt S.A.
 Dr. Karl Sponagel
 Director del Laboratorio

Anexo 2

Preparación del biol a base de estiércol de bovino y ovino.



Anexo 3
Preparación del terreno y siembra de la remolacha forrajera.



Anexo 4
Aplicación del biol.



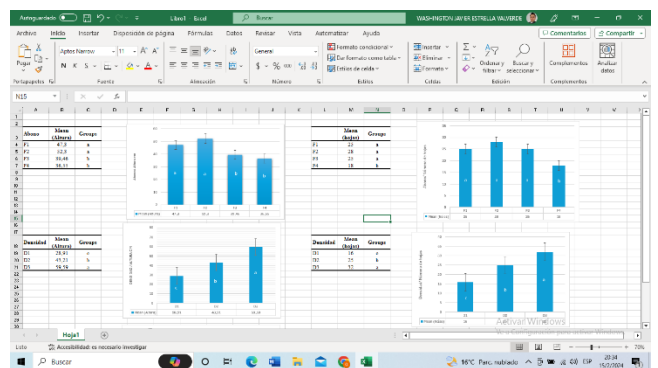
Anexo 5
Toma de datos de cada tratamiento.



Anexo 6

Base de datos

	A	B	C	D	E	F	G
	Altura	hojas	Diametro	Longitud	Abono	Densidad	Repeticion
1	29,33	10,00	15,03	13,11	F2	D1	1
2	38,69	17,00	17,81	15,92	F2	D1	2
3	43,32	23,00	19,04	17,31	F2	D1	3
4	47,01	27,00	21,01	18,41	F2	D2	1
5	51,42	31,00	23,37	19,74	F2	D2	2
6	56,70	35,00	26,18	22,84	F2	D2	3
7	61,09	37,00	28,52	22,64	F2	D3	1
8	66,43	39,00	31,37	24,24	F2	D3	2
9	76,75	41,00	32,79	27,34	F2	D3	3
10	24,33	15,00	20,26	10,81	F1	D1	1
11	33,69	18,00	12,62	13,62	F1	D1	2
12	38,32	22,00	17,72	15,01	F1	D1	3



Caso	Altura	hojas	Diametro	Longitud	Abono	Densidad	Repeticion	Rendimiento	Tratamiento
1	29.33	10	15.03	13.11	F2	D1	1	89.95	T1
2	38.69	17	17.81	15.92	F2	D1	2	93.65	T1
3	43.32	23	19.04	17.31	F2	D1	3	95.38	T1
4	47.01	27	21.01	18.41	F2	D2	1	114.60	T2
5	51.42	31	23.37	19.74	F2	D2	2	117.96	T2
6	56.70	35	26.18	22.84	F2	D2	3	119.53	T2
7	61.09	37	28.52	22.64	F2	D3	1	128.08	T3
8	66.43	39	31.37	24.24	F2	D3	2	131.10	T3
9	76.75	41	32.79	27.34	F2	D3	3	132.51	T3
10	24.33	15	20.26	10.81	F1	D1	1	77.87	T4
11	33.69	18	12.62	13.62	F1	D1	2	80.41	T4
12	38.32	22	17.72	15.01	F1	D1	3	81.53	T4
13	42.01	25	17.81	16.11	F1	D2	1	103.61	T5
14	46.42	26	20.17	17.44	F1	D2	2	105.92	T5
15	51.70	27	22.98	19.02	F1	D2	3	106.94	T5
16	56.09	29	25.32	21.94	F1	D3	1	118.18	T6
17	61.43	31	28.17	23.38	F1	D3	2	120.26	T6
18	71.75	35	33.67	25.04	F1	D3	3	121.18	T6
19	17.73	14	17.51	9.51	F3	D1	1	71.52	T7
20	25.69	19	19.24	12.32	F3	D1	2	73.90	T7
21	30.32	22	15.39	13.71	F3	D1	3	77.22	T7