



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Trabajo de Tesis

**Fertilización orgánica como opción a los
fertilizantes sintéticos en la producción de
biomasa del pasto Marandú (*Brachiaria
brizantha*)**

Autores

Br. Jefferson Steven Astorga Peralta

Br. José Pablo González Rayo

Asesor

Ing. Agr. Miguel Jerónimo Ríos

Presentado a la consideración del Honorable
Comité Evaluador como requisito final para
optar al grado de Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua

Marzo, 2025

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Roberto Carlo Larios González
Presidente

MSc. Marcos Antonio Jiménez
Campos
Secretario

MSc. Javier Ignacio Silva Rivera
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 26 de marzo de 2025

DEDICATORIA

“Todo tiene su tiempo, y todo lo que se quiere debajo del cielo tiene su hora” (Eclesiastés 3:1). Con gran orgullo y gratitud dedico este trabajo a mi madre Lorena Mercedes Peralta Amador, a mi padre Freddy Raul Astorga González por su gran apoyo y amor incondicional que me han brindado hasta el día de hoy, a mis hermanos Ittler Raul Astorga Peralta y Fares Ittiel Astorga Peralta por su motivación a continuar.

A todos los maestros que hicieron parte del proceso de aprendizaje que con ardua labor y dedicación se esfuerzan por seguir formando profesionales. Con especial cariño a mi amiga Josmary Castillo Miranda que ha formado parte de mi vida y ha sido apoyo incondicional durante el proceso académico y especialmente de salud. A las amistades que hoy en día no están y que las llevo siempre en mi corazón.

Jefferson Steven Astorga Peralta

Con profundo agradecimiento y humildad, dedico este trabajo a Dios, quien me ha guiado en cada paso, dándome fortaleza, sabiduría y paciencia para alcanzar esta meta. Sin Su amor y bendición, este logro no sería posible. A mi madre, Sofía Gabriela Rayo y a mi padre Cesar augusto Balitan por su inquebrantable apoyo, amor y sacrificio. Gracias por ser mi mayor inspiración y por brindarme siempre su confianza y aliento. Este triunfo es también suyo.

A mis profesores, por compartir su conocimiento y enseñarme con dedicación y entrega. Su guía ha sido fundamental en mi formación y crecimiento profesional.

A todos ustedes, mi más sincera gratitud.

José Pablo González Rayo

AGRADECIMIENTO

Primero, agradezco a Dios por brindarme la vida, las fuerzas, el conocimiento y la capacidad para poder terminar esta hermosa etapa de mi vida.

A mi familia que siempre ha sido un pilar fundamental en este ciclo, brindando amor y apoyo incondicional tanto en los momentos difíciles como en los felices de este proceso.

A mi asesor Miguel Jerónimo Ríos por siempre estar a la disposición de brindar conocimientos, tiempo y estrategias para lograr culminar con éxito lo que un día empezamos.

A la Universidad Nacional Agraria por brindarme la oportunidad de ser parte de esa gran familia, por el apoyo económico brindado durante cinco años para poder llegar a ser el profesional que un día imagine ser y ahora lo estoy cumpliendo.

A mi compañero de tesis, José Pablo González Rayo, más que un compañero es un excelente amigo que ha estado en las buenas, en las malas y en las peores, por el apoyo incondicional y comprensión absoluta en mi proceso de salud, a mi buen amigo Wesley René Martínez Sánchez por su apoyo sincero e incondicional a lo largo de la carrera, por compartir conocimientos y siempre estar en los momentos difíciles y en los felices.

Jefferson Steven Astorga Peralta

“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece.” (Filipenses 4:13). Primeramente, agradezco a Dios, quien con su infinito amor y misericordia me dio la salud, la fortaleza y la sabiduría para culminar esta etapa de mi vida académica. A mi familia, por su apoyo incondicional, paciencia y palabras de aliento, pues han sido mi mayor inspiración y pilar fundamental en este proceso. Un agradecimiento especial a los trabajadores del plantel de la Universidad Nacional Agraria, quienes con su esfuerzo y disposición nos brindaron su ayuda para el desarrollo de nuestra investigación.

También expreso mi gratitud al ingeniero agrónomo Miguel Ríos, nuestro asesor, por su valiosa orientación, paciencia y compromiso en la supervisión de este trabajo. A mi compañero de tesis,

por el esfuerzo compartido, el compromiso y el trabajo en equipo que nos permitió avanzar juntos. Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo de esta tesis. Cada apoyo recibido ha sido invaluable en este logro.

José Pablo González Rayo

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Clima para adaptación del pasto Marandú (<i>Brachiaria brizantha</i>)	4
3.2 Características del pasto Marandú (<i>Brachiaria brizantha</i>)	4
3.3 Cobertura del suelo	4
3.4 Adaptación	4
3.5 Valor nutricional	5
3.6 Rendimiento del pasto Marandú (<i>Brachiaria brizantha</i>)	5
3.7 Usos del pasto	5
3.8 Fertilización química en pasto	5
3.9 Efecto de fertilización con nitrógeno en el pasto	5
3.10 Fertilización orgánica en pasto	6
3.11 Efecto del compost en el pasto	6
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	7
4.1 Ubicación del estudio	7
4.2 Clima	8
4.3 Análisis químico del suelo	8
4.4 Diseño metodológico	9
4.4.1 Diseño experimental	9

4.5	Variables evaluadas	10
4.5.1	Altura de planta (cm)	10
4.5.2	Altura del tallo(cm)	10
4.5.3	Diámetro del tallo (mm)	10
4.5.4	Números de hojas por plantas	10
4.5.5	Cobertura del pasto (%)	10
4.5.6	Número de tallos por macolla (N° de tallos)	11
4.5.7	Producción de materia seca (kg ha ⁻¹)	11
4.5.8	Concentración y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio	11
4.5.9	Proteína cruda (PC) (%)	11
4.6	Análisis de datos	12
4.7	Manejo de factores no sujetos a evaluación	12
4.7.1	Preparación del compost biomineralizado	12
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
5.1	Variables estructurales	13
5.1.1	Altura de planta (cm)	13
5.1.2	Altura de tallo (cm)	14
5.1.3	Diámetro de tallo (mm)	14
5.1.4	Números de hojas por plantas	15
5.1.5	Cobertura del pasto (%)	16
5.1.6	Número de tallos por macolla (N° de tallos)	17
5.1.7	Producción de materia seca (kg ha ⁻¹)	18
5.1.8	Concentración y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio	20
5.1.9	Proteína cruda (PC) (%)	21
VI.	CONCLUSIONES	23
VII.	RECOMENDACIONES	24
VIII.	LITERATURA CITADA	25
IX.	ANEXOS	27

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Análisis químico del suelo del área experimental para el ensayo con Marandú	8
2. Descripción de tratamientos en pasto mejorado Marandú (<i>Brachiaria brizantha</i>) Centro Experimental El Plantel 2024.	9
3. Altura del pasto (cm) Marandú entre los 15 y 60 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel, 2024	14
4. Altura del macollo (cm) del pasto Marandú a los 80 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel, 2024	14
5. Diámetro del tallo (mm) del pasto Marandú entre los 15 y 60 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel, 2024	15
6. Numero de hojas por planta del pasto Marandú entre los 15 y 60 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel, 2024	16
7. Porcentaje de cobertura del pasto (%) Marandú entre los 15 y 60 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel, 2024	17
8. Numero de macollo por macolla del pasto Marandú entre los 15 y 60 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel, 2024	18
9. Producción de materia seca (kg ha ⁻¹) del pasto Marandú a los 45 y 60 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel, 2024	19
10. Concentración de Nitrógeno, Fosforo y Potasio en el pasto Marandú a los 45 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel, 2024	20
11. Proteína Cruda (PC) % en el pasto Marandú a los 45 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel, 2024	21

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación del área en la que se realizará el estudio	7
2. Temperatura y precipitaciones durante el establecimiento y ciclo del pasto Marandú, finca el Plantel	8

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Plano de campo del pasto Marandú en la finca experimental el Plantel 2024	27
2 Cantidad de macollas por parcelas	28
3. Dosificación de fertilizante de cada tratamiento	28
4. Producción de materia seca	28
5. Corte de uniformidad y del pasto Marandú	29
6. Limpieza de rastrojos del pasto	29
7. Medición de los bloques y tratamientos	30
8. Rotulación de los bloques y tratamientos	30
9. Bloques y tratamientos rotulados	30
10. Toma de peso de la dosificación de los tratamientos	30
11. Fertilización sintética y orgánica	31
12. Toma de muestra de un metro cuadrado	31
13. Pasto Marandú a los 15 días después del corte de uniformidad	31
14. Pasto Marandú a los 15 días después del corte de uniformidad en el bloque 4	32
15. Pasto Marandú a los 30 días después del corte de uniformidad	32
16. Pasto Marandú a los 60 días después del corte de uniformidad	32
17. Cuadrante de 1 m de ancho por 1 m de largo (1 metro cuadrado) con una cuadrícula de 100 casillas para medir la cobertura del pasto	33
18. Clasificación de las muestras de un metro cuadrado de cada tratamiento	33
19. Muestras de tratamientos del bloque 1. para el proceso de picado	33
20. Muestras de tratamientos del bloque 2. para el proceso de picado	34
21. Muestras del tratamiento del bloque 3 para el proceso de picado	34
22. Muestras del tratamiento del bloque 4. para el proceso de picado	34

RESUMEN

La fertilización orgánica como opción a los fertilizantes sintéticos es de importancia para la producción sostenible de biomasa del pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*). El objetivo de esta investigación fue comparar la efectividad de diferentes tipos de fertilización (sintéticos, orgánicos y una combinación de ambos) en el incremento de biomasa y contenido proteico del pasto. Se realizó en el centro experimental El Plantel, de la Universidad Nacional Agraria. Se utilizó un arreglo unifactorial en diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos: 1) fertilización completa + urea, 2) compost + urea y 3) solo compost, midiendo variables como altura de planta, diámetro del tallo y producción de materia seca a los 60 días después del corte. Indicar el análisis estadístico y el programa usado. El tratamiento con fertilización completa + urea resultó con mayor crecimiento, alcanzando una altura de 107.25 cm y una producción de biomasa de 5 008.04 kg ha⁻¹. Aunque los tratamientos con urea mostraron un contenido proteico superior del 10 % en comparación con el 8.56 % del compost solo, todos los tratamientos lograron una cobertura de suelo mayor al 80 % en 30 días, lo que facilitó el establecimiento y redujo las malezas. Se recomienda adoptar un enfoque de fertilización que integre tanto productos sintéticos como orgánicos, lo que no solo optimizaría la producción de forraje, sino que también promovería la salud y sostenibilidad del suelo, lo que podría ser una estrategia para mejorar la productividad del pasto Marandú y contribuir de menor impacto.

Palabras clave: Extracción de nutrientes, proteína cruda, compost, concentración, materia seca, evaluación morfo estructural.

ABSTRACT

Organic fertilization as an alternative to synthetic fertilizers is important for the sustainable biomass production of Marandú grass (*Brachiaria brizantha*). The objective of this research was to compare the effectiveness of different types of fertilization (synthetic, organic, and a combination of both) in increasing biomass and protein content of the grass. The study was conducted at the El Plantel experimental center of the National Agrarian University. A unifactorial arrangement in a randomized complete block design was used with three treatments: 1) complete fertilization + urea, 2) compost + urea, and 3) compost only, measuring variables such as plant height, stem diameter, and dry matter production at 60 days after cutting. Indicate the statistical analysis and the program used. The complete fertilization + urea treatment resulted in greater growth, reaching a height of 107.25 cm and a biomass production of 5,008.04 kg ha⁻¹. Although urea treatments showed a 10% higher protein content compared to 8.56% for compost alone, all treatments achieved soil cover greater than 80% in 30 days, which facilitated establishment and reduced weeds. A fertilization approach that integrates both synthetic and organic products is recommended. This would not only optimize forage production but also promote soil health and sustainability, potentially contributing to improved productivity of Marandú grass and contributing to a lower impact.

Key words: Nutrient extraction, crude protein, compost, concentration, dry matter, morphostructural evaluation.

I. INTRODUCCIÓN

El Marandú (*Brachiaria brizantha*), es un pasto de pastoreo originario de África tropical y se encuentra en regiones con precipitaciones anuales entre 800 y 1 500 mm. Esta especie perenne se caracteriza por sus macollas vigorosas y su crecimiento erecto o semi erecto, con tallos que pueden alcanzar una altura de hasta dos metros (Valle y Almendarez, 2020).

Las gramíneas del género *Brachiaria* son ampliamente usadas en América tropical para el pastoreo de ganado en cría, recría y engorde, debido a su adaptación a diversas condiciones de suelo y clima, y su buena producción de forraje en suelos de baja a media fertilidad. Recientemente, su uso como cobertura del suelo ha ganado relevancia, ya que esta práctica protege contra la erosión, mejora el ciclo de nutrientes y contribuye al mantenimiento y mejora de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Parodi, 2023).

El manejo de este pasto es accesible ya que no requiere de grandes costos, lo principal que se utiliza o se debe disponer es mano de obra y disponibilidad de terreno. Estos pastos se caracterizan por ser de bajo costo de manejo anual después de haber establecido el cultivo, ofreciendo así excelentes resultados de ganancias en cuanto a producción de leche y carne bovina.

La fertilización es una de las practicas más cruciales en el manejo agronómico, centrándose en la aplicación de nitrógeno para asegurar un buen establecimiento del pasto. Sin embargo, esta aplicación a veces no es tan efectiva debido a la volatilización o pérdida del nitrógeno (Proaño, 2017).

En la finca El Plantel se emplean técnicas tradicionales, al momento del establecimiento se utilizan la siembra al voleo como también el establecimiento de bancos para la germinación de semilla, control de malezas, se practica fertilización química y orgánica. Estas prácticas se caracterizan por ser de bajo costo dando lugar a obtener mayores ganancias en la producción de carne y leche.

Los ganaderos nicaragüenses normalmente no cultivan el pasto, es decir que el proceso de desarrollo y crecimiento vegetativo se produce de forma natural, los daños a largo plazo son muy evidentes por la pérdida de rendimiento o vigorosidad, no obstante, un pasto con buen

manejo mantener su vigorosidad durante veinte años, aproximadamente (Gómez y Urbina, 2020).

Para obtener resultados excelentes los pastos se deben de fertilizar posterior a los cortes, esto de acuerdo con la condición del suelo. Existen pastos que solo requieren de una fertilización por año, con aplicaciones de fertilizantes compuestos de dos cuartos de nitrógeno. (Contexto Ganadero, 2023)

La presente investigación tiene como finalidad utilizar fertilizantes sintéticos (Completo + Urea), (Compost + Urea) y (Compost) para la fertilización de pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*), como una alternativa de obtención de nutrientes y así poder determinar la eficiencia de cada uno.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la influencia de la fertilización sintética, orgánica y combinada en la producción de biomasa y contenido proteico del pasto Marandú para la identificación el manejo más eficaz para optimizar la producción de forraje.

2.2 Objetivos específicos

Evaluar el crecimiento y morfología mediante la comparación de la altura de planta, el diámetro del tallo, el número de hojas y la cantidad de tallos por planta después de los cortes de uniformidad.

Medir la producción de materia seca del y el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y proteína cruda en la biomasa después de los cortes de uniformidad.

Determinar la cobertura del suelo alcanzada por el pasto Marandú después de los cortes de uniformidad y su relación con la fertilización.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Clima para adaptación del pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*)

Se adapta bien en regiones tropicales desde 1 800 msnm con precipitaciones de 1 000 a 3 500 mm por año; se han hecho estudios donde se adaptan bien en las zonas donde los suelos son ácidos y con una baja fertilidad, arcillosos o arenosos con un excelente drenaje y buena tolerancia a la sequía, resistente al mión (*Aeneolamia varia*) de los pastos y a la quema, asimismo presenta una buena palatabilidad y consumo por los rumiantes y equinos. (Bernal, 1986, citado por Valle 2020, p. 8)

3.2 Características del pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*)

Esta gramínea es perenne, crece en grupos densos y puede llegar a medir entre 1.5 a 2 metros de altura. Sus raíces subterráneas producen tallos que a veces presentan raíces y a veces no. Es comúnmente utilizada para pastoreo en la elaboración de heno. Crece de manera recta o ligeramente inclinada, tiene muchas raíces secundarias, y los tallos tienen nudos. Sus hojas son largas y estrechas, midiendo entre 15cm y 40 cm de largo y de 6 mm a 15 mm de ancho. Sus rizomas son cortos, de 30 mm a 40 mm, y la inflorescencia consiste en 3 a 4 racimo de 5 cm a 10 cm de largo (Valle, 2020).

3.3 Cobertura del suelo

Según informa Centro Internacional de Agricultura Tropical (1998), afirma:

La variedad (*Brachiaria brizantha*) Marandú, tiene una rapidez de cobertura intermedia, que llega a cubrir totalmente la superficie del suelo a los cuatros meses de edad; su hábito de desarrollo es semi erecto, tiene una tendencia a macollar fácilmente, esta variedad de gramínea suele competir con las malezas durante el establecimiento, cubriendo totalmente el suelo (Citado por Rivera, 2022, p. 4).

3.4 Adaptación

Crece eficientemente en épocas de sequía; esto se debe a la mayor formación de follaje comparado con otros tipos de pastos de la misma especie. Esto puede estar asociado con el alto contenido de carbohidratos no-estructurales, 197 mg kg de MS, con escasa cantidad de minerales, es decir 8 % de cenizas en el tejido foliar. (CIAT, 1999, citado por Valle 2020, p. 8)

3.5 Valor nutricional

El valor nutricional del forraje Marandú (*Brachiaria brizantha*), es considerado bueno a moderado en comparación con otras gramíneas (*Brachiarias*). Esto se debe a su consumo, digestión, palatabilidad y composición química. Los rebrotes, que ocurren entre 15 días y 60 días, muestran variaciones en la proteína (7 %-15 %) y la digestibilidad de la materia seca (65 %-72 %). También contiene entre 0.15 %-0.17 % de fósforo (Rivera, 2022).

3.6 Rendimiento del pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*)

La producción de pasto varía entre 8, 000 y 10, 000 kg ha⁻¹ anual. La digestibilidad es de 56.75 % a 66 % y el contenido de proteína bruta es del 10 %. El pasto Marandú tiene una calidad forrajera superior a otros pastos, pero su calidad nutritiva disminuye después de la cuarta semana de crecimiento (Valle, 2020).

3.7 Usos del pasto

Este pasto es de buena calidad cuando se implementa para pastoreo y henificación, a una altura de 90 cm. Por lo general, se utiliza por su gran producción de forraje de excelente calidad durante el año, debido a su facilidad de manejo, buen crecimiento, por su capacidad de rebrote, resistente al pisoteo, tolerante al sobrepastoreo, resiste a la quema y al salivazo (Bonifaz *et al.*, 2018, citado por Valle 2020, p. 25).

3.8 Fertilización química en pasto

La fertilización química en pasturas permite brindar los nutrientes que están deficientes o ausente en el suelo. Existen fertilizantes que solo están concentrados en un nutriente, a estos se les llama simples o individuales, en cambio a otros que aportan más de dos nutrientes, se les denomina fertilizantes completos. Estos fertilizantes contienen los tres nutrientes principales, N, P, K (Pezo y García, 2018).

3.9 Efecto de fertilización con nitrógeno en el pasto

“El fertilizante nitrogenado incrementa el rendimiento de materia seca y la calidad del forraje, además, se incrementa las concentraciones de proteína cruda, lo que es beneficioso para los animales y productor” (Robinson *et al.*, citado por Valle 2020, p.11).

Gándara (2017), indica que la aplicación de nitrógeno aumenta la acumulación de biomasa en el pasto, no obstante, a medida que la planta aumenta de tamaño, el nitrógeno disminuye.

Estudios de Espinales y Porras (2023) indican que se obtiene mayor diámetro del tallo, al igual que en las variables de rendimiento como número de macollo por macolla, la materia seca resulto mejor con la combinación compost + urea.

3.10 Fertilización orgánica en pasto

Es la integración de fertilizantes de origen (animal o vegetal). Se ha demostrado que este tipo de abono favorece el rendimiento de producción, incrementa la materia orgánica y la biodiversidad biológica en el suelo y se obtienen productos libres de residuos químicos (Intagri, 2016).

3.11 Efecto del compost en el pasto

El compost se considera un alimento de importancia para la cadena trófica del suelo, además, induce la actividad biológica de los microorganismos presentes en el suelo. Otro de los beneficios es que posee propiedades que ayudan al control de enfermedades de las plantas a la que se les aplica este sustrato, por ser un abono orgánico ayuda en la protección y conservación de suelos (Soto-Parra, J. et al 2016.; Citado por Espinales y Porras, 2023).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

El experimento se realizó en la finca experimental El Plantel, esta finca pertenece a la Universidad Nacional Agraria. Está localizada en el kilómetro 30 carretera Tipitapa-Masaya, en las coordenadas geográficas de $12^{\circ}7'10.17''$ de latitud Norte y $86^{\circ}5'24.96''$ de longitud Oeste, esta finca se encuentra a una altitud 100 msnm con precipitaciones de 800 mm a 1 000 mm anuales, y temperatura promedio anual oscila de 27°C .

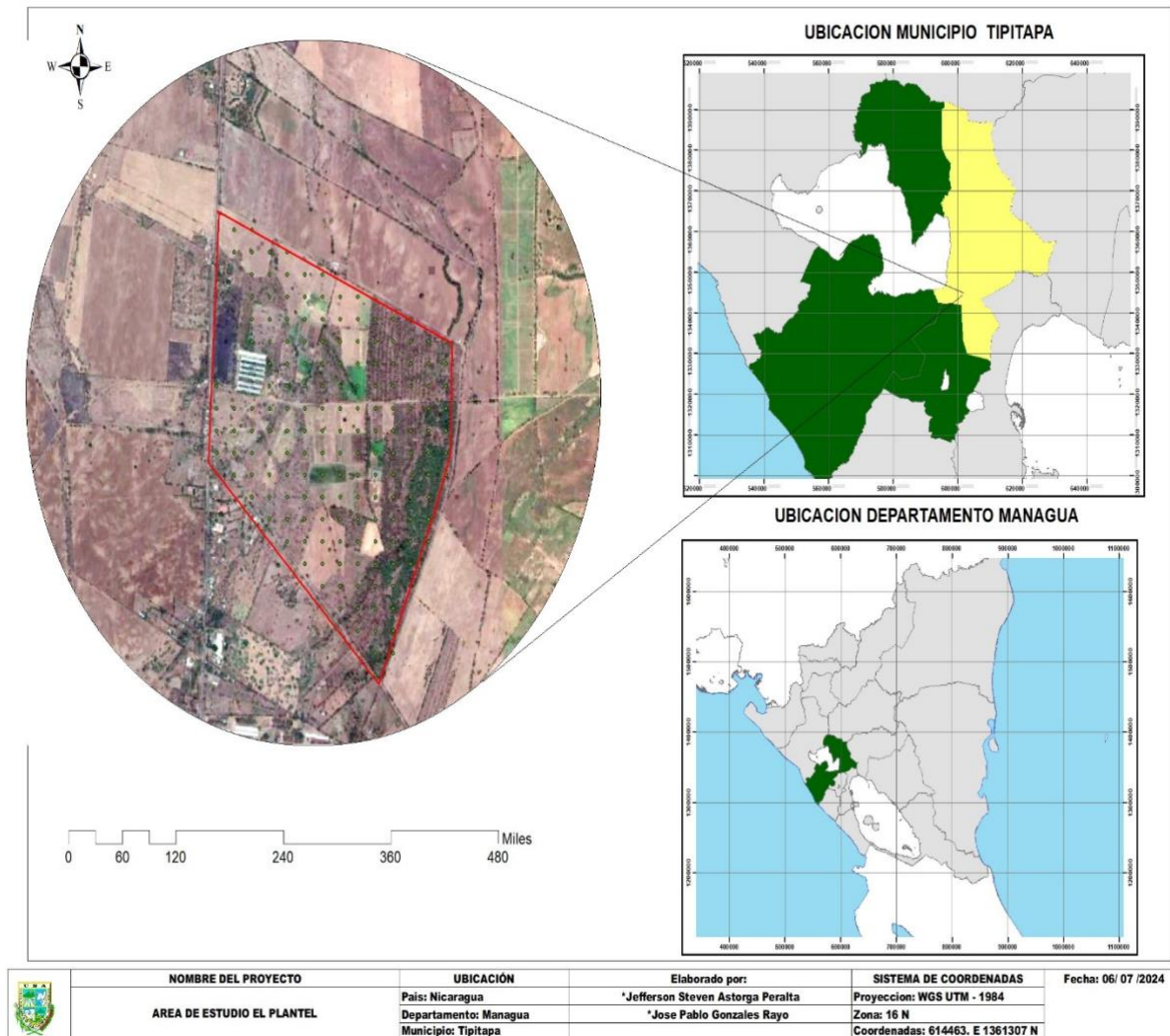


Figura 1. Ubicación del área de estudio

4.2 Clima

La temperatura cual fue a lo largo del periodo de (agosto – octubre) y la precipitación fue de 130 mm en agosto, 160 mm en septiembre y 88 mm en octubre, considerándose estas cantidades como precipitaciones favorables. (Espinales y Porras, 2023).

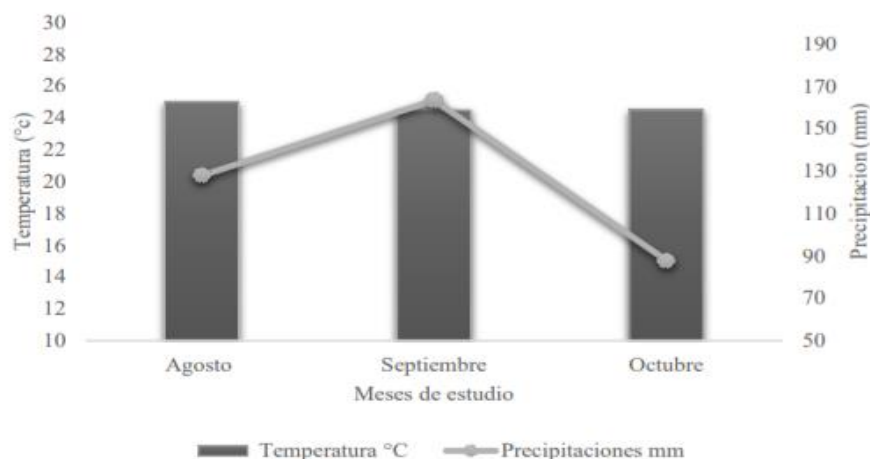


Figura 2. Temperatura y precipitaciones durante en el periodo de la investigación

Fuente: Espinales y Porras (2023)

4.3 Análisis químico del suelo

Cuadro 1. Análisis químico del suelo del área experimental para el ensayo con Marandú

Ph	MO	N	P	K	Ca	Mg	CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	DA
	%		Ppm		meq/100 g de suelos				Ppm			g cm ³
7.17	2.45	0.12	1.62	1.11	36.45	19.62	44.79	17.85	6.50	3.35	19.60	1.01

Fuente: Hernández (2022).

Los análisis químicos del área muestran una distribución variada en los parámetros de fertilidad. El pH se dosifico como muy ligeramente alcalino, la muestra orgánica como (MO) bajo al igual que el contenido de nitrógeno (N) fue bajo (0.12 %), fósforo (P) y su disponibilidad baja. Textura del suelo es franco arcilloso limosa (Hernández, 2022).

El calcio presento un nivel alto (36.45), Mg este fue alto (19.62), CIC se encontró en un valor alto (44.79), en cuanto a los micronutrientes el Cu fue alto (6,50), el Mn presento un nivel alto

(19.50), el Fe tienen un valor medio (17.85), el potasio (K) alto, el Zn tuvo un resultado medio (3.35) (Hernández, 2022).

4.4 Diseño metodológico

4.4.1 Diseño experimental

El experimento se estableció en un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con cuatro réplicas y tres tratamientos compuestos por aplicaciones de fertilizantes sintético (Completo + Urea), combinación (Compost + Urea) y (Compost). Se realizó el corte de uniformidad en el pasto y se evaluó el efecto de los tres tratamientos durante el ciclo (septiembre – octubre de 2024).

Cuadro 2. Descripción de tratamientos

Tratamiento	Descripción	Composición	Dosis de fertilizante (kg ha ⁻¹)
T ₁	Completo + Urea	12-30-10 + 46	150 + 250
T ₂	Compost + Urea	2.04-0.54-0.63+46	2 500+125
T ₃	Compost	2.04-0.54-0.63	5 000

El área experimental por tratamiento fue de 72 metros cuadrado (9 m x 8 m), y el área de cada bloque fue de 216 m². Para minimizar el efecto de borde, cada bloque tuvo un borde de 1.5 metros cuadrado, sumando un total de 108 metros cuadrado de bordes. El área total del experimento, sin incluir los bordes, fue de 864 metros cuadrado, distribuidos en los cuatro bloques. Si se incluyen los bordes, el área total del experimento alcanzó los 1,296 metros cuadrado.

Para el registro de datos se realizó el método en "X":

Para el registro de datos se realizó un muestreo con el método en "X" que es práctico y fácil de aplicar en terrenos planos. Consiste en tomar muestras siguiendo un patrón en forma de "X" (Figura 3) que inicia desde las esquinas de cada parcela, las submuestras se mezclan al final para conformar una muestra representativa. Es común en cultivos anuales y semi-perennes, y en

agricultura de alta precisión se centra en áreas con limitantes de crecimiento que afectan el rendimiento (Mendoza y Espinoza, 2017).

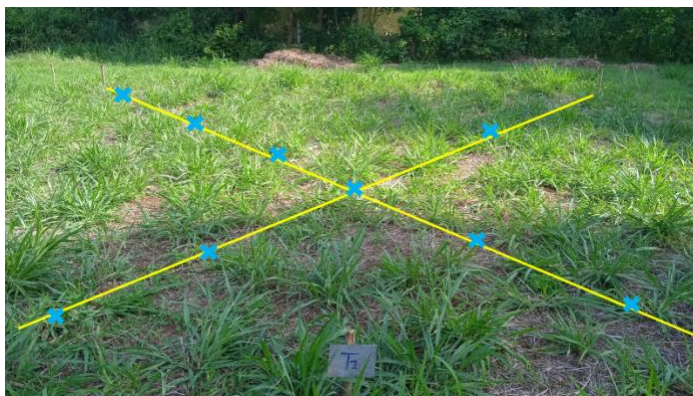


Figura 3. Metodología en "X" para recolección de datos.

4.5 Variables evaluadas.

4.5.1 Altura de planta (cm)

Se utilizó una cinta métrica para medir la altura en 10 plantas por tratamiento iniciando a los 15, 30, 45 y 60 días después del corte de uniformidad (ddcu).

4.5.2 Altura del tallo (cm)

Se midió la altura de la macolla en el pasto Marandú, se seleccionaron 10 plantas y usando una cinta métrica desde la base del suelo hasta la base de la última hoja formada a los 80 ddcu.

4.5.3 Diámetro del tallo (mm)

Para esta variable se midió el diámetro del tallo en la parte central de la planta utilizando un pie de rey o un calibre vernier se registraron en centímetros a los 15, 30, 45 y 60 días después del corte de uniformidad (ddcu).

4.5.4 Números de hojas por plantas

Se contabilizaron las hojas de diez plantas por unidad experimental a los 15, 30, 45 y 60 días después de realización del corte de uniformidad (ddcu).

4.5.5 Cobertura del pasto (%)

Se tomaron datos a los 15, 30, 45 y 60 días después del corte de uniformidad (ddcu), se midió el porcentaje de cobertura en un área de un metro cuadrado. Para ello se utilizará, un cuadrante

de 1 m de ancho por 1 m de largo (1 metro cuadrado) con una cuadrícula de 100 casillas para medir la cobertura del pasto.

Se colocó el marco en el suelo y se contaron las casillas cubiertas por pasto. Finalmente se calculó el porcentaje de cobertura con la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de cobertura} = \left(\frac{\text{Casillas cubiertas}}{\text{Total de casillas}} \right) \times 100$$

4.5.6 Número de tallos por macolla

Se contaron el número de macollos en 10 plantas seleccionadas al azar dentro de las parcelas de cada tratamiento, para registrar los datos de cada planta seleccionada en el experimento a los 15, 30, 45 y 60 días después del corte de uniformidad (ddcu).

4.5.7 Producción de materia seca (kg ha⁻¹)

Se midió la biomasa producida en un metro cuadrado a los 45 y 60 días después del corte de uniformidad (ddcu) el peso se registró en pesa digital. Luego se tomaron muestras entre 362 g y 400 g de cada tratamiento y se envió al laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria. Se secaron en un horno a 70 °C durante 72 horas. Al finalizar el proceso, se determinó el peso seco de las muestras utilizando la siguiente fórmula propuesta por Domínguez-Pérez et al. (2017):

$$\text{Dónde: Materia seca/m}^2 = \left(\frac{PF - Ps}{Pf} \right) \times 100$$

PF: Peso Fresco de la muestra; **Ps;** peso seco de la submuestra; **Pf:** Peso Fresco de la sub muestra.

4.5.8 Concentración y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio

Se realizaron pruebas en el laboratorio de suelo y agua de la Universidad Nacional Agraria para a los 45 y 60 días después del corte de uniformidad (ddcu), con el objetivo de determinar el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio presente en el pasto evaluado.

4.5.9 Proteína cruda (%)

El cálculo de proteína cruda (%) parte del porcentaje de nitrógeno determinado en el análisis químico, el que se multiplica por el factor de conversión 6.25 usado para muestras vegetales.

4.6 Análisis de datos

Los datos recopilados de las variables en estudio se ingresaron y procesaron en hojas de cálculos electrónicas (Excel), para ser exportada al programa Info Stat (versión 2020) para su análisis estadístico (análisis de varianza); y separación de medias a través de una prueba de rango múltiples de medias utilizando el método de Tukey con un nivel de confianza de 95 %.

4.7 Manejo de factores no sujetos a evaluación

4.7.1 Preparación del compost biomineralizado

Para la elaboración del compost biomineralizado, primero se acopiaron los materiales necesarios. Se recolectaron quince sacos de materia verde (arvense, hojas verdes, ramas tiernas), quince sacos de estiércol (que sirve como base sólida para depositar los nutrientes), y quince sacos de materia seca (paja o heno seco, hojas secas, aserrín, ramas y ramitas secas, papel y cartón sin color). Además, se añaden 2.5 libras de azufre amarillo, tres sacos de cenizas con partículas carbónicas (aproximadamente 60 libras por saco).

Se usaron dos galones de leche, un galón de melaza, una libra de levadura y cincuenta libras de cal para evitar la acidez del compost. Todos estos ingredientes se mezclan hasta tener una mezcla homogénea y asegurar una distribución uniforme de nutrientes. Durante el compostaje se monitorea y controla, para ello de forma empírica se utiliza una varilla de hierro que se inserta en el compost y se deja durante 10 minutos.

Luego, se saca la varilla y se acerca a la piel para sentir si está caliente. Si se siente una vibración, significa que la temperatura es alta y se debe realizar volteo del compost. Este volteo se hace de arriba hacia abajo, añadiendo una pequeña cantidad de agua para mantener la humedad necesaria sin excederse.

Este proceso se repite cada 15 días para evitar la acumulación de gases como el amoníaco y asegurar que el proceso siga siendo aeróbico, permitiendo un compostaje eficiente de los materiales.

Finalmente, el compost se deja madurar durante aproximadamente tres meses. Después de este periodo, el compost se tamiza en una zaranda para obtener un producto final, resultando en 15 sacos de compost listo para usarse. Este abono orgánico, una vez aplicado a las plantas mejora significativamente la actividad biológica del suelo.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.1 Altura de planta (cm)

Mendoza (2022), se refiere a Marandú como:

Una hierba perenne con tallos más o menos “erectos”, de hasta 1.5 m de altura, formando matas densas, fuertes y peludas, con hojas rizadas y peludas y epífitas de rápido crecimiento en sartenes que producen una gramínea de buena calidad (p. 5).

Según Valle (2020) “Esta gramínea es perenne, crece en grupos densos y puede llegar a medir entre 1.5 a 2 metros de altura” (p. 5).

En el Cuadro 4 se presenta el contexto del experimento, la observación de que el tratamiento Completo + Urea, mostro una altura superior a 107.50 cm similar al tratamiento Compost + Urea a los 60 días después del corte de uniformidad (ddcu) se puede atribuir a la fertilización adecuada debido a la disponibilidad es más lenta de nutrientes del compost y a la disponibilidad rápida de la urea.

Cuadro 3. Altura de planta (cm) entre los 15 y 60 días después del corte de uniformidad

Tratamiento	Días después del corte de uniformidad (ddcu)			
	15	30	45	60
Completo + Urea	18.73	37.80	76.23	107.25 a
Compost + Urea	18.80	35.98	82.63	107.50 a
Compost	18.73	40.98	66.08	89.50 b
% CV	1.53	12.54	11.39	7.33
Pr $\geq$ F	0.9138	0.3882	0.0850	0.0219

CV: Coeficiente de variación

Aunque el tratamiento Completo + Urea mostró un rendimiento notable con 107.25 cm, los tratamientos Compost + Urea y Compost no presentaron diferencias significativas a los 15, 30 y 45 días después del corte de uniformidad (ddcu). La variabilidad observada en los porcentajes de coeficiente de variación (% CV), especialmente a los 30 días después del corte de uniformidad (ddcu), (12.54 cm) y 45 días después del corte de uniformidad (ddcu), (11.39 cm), según las probabilidades de 15 a 45 ddcu no hay diferencias estadísticas.

Como menciona Mendoza con respecto a la altura del pasto Marandú (2022), “pueden contribuir a una mejor calidad forrajera, ya que estas adaptaciones morfológicas permiten una mayor eficiencia en la captura de nutrientes y agua”.

Además, una mayor altura del pasto está relacionada con una mayor capacidad de captura de luz solar, lo que se traduce una mayor fotosíntesis y producción de biomasa, esto es crucial para mejorar la calidad del forraje y el rendimiento en sistemas de pastoreos.

5.1.2 Altura de tallo (cm)

La altura de tallo mostro diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento Completo + Urea alcanzo la mayor altura, seguido el tratamiento Compost +Urea, mientras que el tratamiento Compost obtuvo la menor altura promedio 50.50 cm. Indica que hay una variabilidad aceptable en las mediciones.

Cuadro 4. Altura de tallo (cm) del pasto Marandú a los 80 días después del corte de uniformidad.

Tratamiento	80 ddcu
Completo + Urea	79.73 a
Compost + Urea	74.40 b
Compost	50.50 c
% CV	11.38
Pr $\geq$ F	0.0039

ddcu: Días después del corte de uniformidad, CV: Coeficiente de variación

Pizango (2013), reporto que la pastura Marandú, sembrada al voleo en la Amazonia peruana, alcanzo alturas de 43.6 cm, 83.7 cm y 125.6 cm a los 28, 56 y 84 dias, respectivamente, Guevara (2007) encontró que con la aplicación de 90 kg de N ha⁻¹, la altura del tallo fue (79.93 cm y 90.13 cm a los 42 y 56 ddcu) y sin fertilización alcanzo 60.67 cm y 71.33 cm, con estadísticamente significativas en ambas edades (Citado por Valle y Almendarez, 2020).

5.1.3 Diámetro de tallo (mm)

“Según ensayos realizados se determinó que el tratamiento sintético tuvo mejor efecto en la variable de diámetro del tallo teniendo un valor de 5 mm, lo que indica una mayor eficiencia en comparación con los demás tratamientos” (Espinales y Porras, 2023).

En el Cuadro 6, se presenta que solo a los 60 días después del corte de uniformidad (ddcu), se encontraron diferencias significativas donde mostró el mayor diámetro el tratamiento Completo + Urea (0.50 mm), mientras que el tratamiento Compost solo tuvo el menor diámetro. En las mediciones anteriores (15, 30 y 45 días después del corte de uniformidad (ddcu) presentaron resultados similares estadísticamente.

El uso de urea tanto en solitario como combinado con compost puede mejorar la producción de forraje, aunque el compost por sí solo mostró un rendimiento inferior.

Cuadro 5. Diámetro de tallo (mm) según días después del corte de uniformidad

Tratamiento	Días después del corte de uniformidad (ddcu)			
	15	30	45	60
Completo + Urea	0.13	0.25	0.43	0.50 a
Compost + Urea	0.10	0.23	0.40	0.48 ab
Compost	0.18	0.28	0.35	0.38 b
% CV	27.95	24.04	9.52	12.28
Pr $\geq$ F	0.0723	0.5364	0.0723	0.0406

CV: Coeficiente de variación

El aumento del diámetro del tallo es crucial, ya que mayor diámetro proporciona mayor estabilidad y resistencia a la planta, permitiéndole soportar las condiciones de estrés, como el pastoreo.

La alta variabilidad en el % CV, especialmente en las primeras evaluaciones, lo que indica que el diámetro fue muy desigual en esta etapa inicial a los 15 y 30 días después del corte de uniformidad (ddcu), debido a la sensibilidad de las plantas a factores ambientales.

Conforme el pasto avanza a los 45 y 60 días después del corte de uniformidad (ddcu) en su crecimiento el % CV disminuye, un crecimiento más uniforme y estable en el diámetro de los tallos, señalando que las plantas han alcanzado una respuesta más consistente al tratamiento de fertilización.

5.1.4 Números de hojas por plantas

En un estudio realizado sobre el pasto Marandú el análisis estadístico reveló diferencias, a los 56 días después del corte de uniformidad (ddcu) produjo el mayor número de hoja por planta. A los 63 días después del corte de uniformidad (ddcu) ya no hubo diferencias significativas entre tratamientos: la fertilización sintética promedio 4.35 hojas, la combinada 3.38 y la orgánica 3.70 por planta (Espinales y Porras, 2023).

Sin embargo, el número de hojas por planta del pasto Marandú entre 15 y 60 días después del corte de uniformidad (ddcu) en el Cuadro 7 se presenta donde se muestran que todos los tratamientos evaluados presentan un rendimiento igual, evidenciado por las medias que no presentan diferencias significativas. Esto indica que, a lo largo del periodo evaluado la

aplicación de urea ya sea solo o en combinación, no tuvo un impacto significativo en el incremento de hojas por planta.

Cuadro 6. Número de hojas por planta del pasto Marandú entre los 15 y 60 días después del corte de uniformidad

Tratamiento	Días después del corte de uniformidad (ddcu)			
	15	30	45	60
Completo + Urea	2.75	5.00	5.25	5.25
Compost + Urea	4.00	4.75	5.00	5.25
Compost	3.50	4.25	4.50	5.25
% CV	22.35	12.88	13.98	8.98
Pr $\geq$ F	0.1447	0.2746	0.3554	>0.9999

CV: Coeficiente de variación

La variabilidad observada en el % CV muestran un rango considerable de fluctuación en el crecimiento, siendo más pronunciada a los 15 ddcu (22.35 %) y estabilizándose en 60 días después del corte de uniformidad (ddcu), (8.98 %), lo que sugiere una mejor uniformidad en las etapas más avanzada de crecimiento.

La falta de significancia estadística refleja en los valores Pr $\geq$ F (todos mayores a 0.05) como se observa en el Cuadro 7, resalta que las diferencias observadas en el número de hojas podrían ser no atribuibles a los tratamientos aplicados, sugiriendo que otros factores podrían estar influyendo en el crecimiento del pasto para mayor número de hojas, pero fisiológicamente y genético es el número de cantidad de hojas produce el pasto.

5.1.5 Cobertura del pasto (%)

“En estudio, se observó que (*Brachiaria brizanta*) alcanza una cobertura del suelo de 25 %, 38 % y 40 % a las 4, 8 y 12 semanas, respectivamente, mientras que en Satipo se registró un 92 % de cobertura a las 12 semanas” (Valle y Almendarez, 2020).

Según los resultados obtenidos se observó una rápida expansión de cobertura. En el Cuadro 8 se presenta que a los 15 días después del corte de uniformidad (ddcu) en los tratamientos no hubo diferencias significativas entre ellos tanto a los 30, 45 y 60 ddcu, todos los tratamientos alcanzaron niveles de cobertura superiores al 80 %, llegando a un promedio cerca al 100 % para los tres tratamientos a los 60 días después del corte de uniformidad (ddcu).

Cuadro 7. Cobertura del pasto (%) según días después del corte de uniformidad

Tratamiento	Días después del corte de uniformidad (ddcu)			
	15	30	45	60
Completo + Urea	47.25	87.75	96.75	100.00
Compost + Urea	49.00	85.00	96.75	99.25
Compost	49.50	81.00	92.50	99.75
% CV	4.86	11.71	3.08	0.69
Pr $\geq$ F	0.4219	0.6463	0.1393	0.3554

CV: Coeficiente de variación

Comparando estos resultados con los de Valle y Almendarez se puede apreciar que el pasto Marandú en la finca El Plantel, 2024 demostró un crecimiento más acelerado, alcanzando niveles de cobertura similares en un periodo más corto. Este comportamiento puede deberse a condiciones ambientales o prácticas de manejo específica, como el tipo de corte y fertilización.

5.1.6 Número de tallos por macolla

En estudio realizado por Valle y Almendarez (2020), se evaluó la variable “número de tallos por macolla”, donde análisis estadísticos de los tratamientos reveló diferencias significativas. Los mayores valores se registraron a los 32 ddcu, destacando el tratamiento combinado (sintético + biol) con un promedio de 100.8 tallos por macolla, seguido por el tratamiento sintético, que alcanzo un promedio de 94.1 tallos por macolla.

En el estudio realizado con respecto el número de macollo por macolla en el cuadro 9, se presenta que a los 15 días después del corte de uniformidad (ddcu), se observaron diferencias significativas, donde el tratamiento Compost + Urea alcanzo 25.75 tallos y el tratamiento Compost logro 27.00 tallos, ambos superan al tratamiento Completo + Urea con 13.50 tallos. Sin embargo, a los 30,45 y 60 ddcu, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos mostrando que el número de macollos tendió a estabilizarse entre los tratamientos con el tiempo.

Cuadro 8. Número de tallos por macolla días después del corte de uniformidad

Tratamiento	Días después del corte de uniformidad (ddcu)			
	15	30	45	60
Completo + Urea	13.50 b	28.25	44.00	44.75
Compost + Urea	25.75 a	29.25	48.50	53.75
Compost	27.00 a	24.67	45.00	57.00
% CV	19.40	41.81	27.58	25.00
Pr $\geq$ F	0.0143	0.8684	0.8768	0.4702

CV: Coeficiente de variación

Un mayor número de tallos es beneficioso ya que contribuye a una mayor densidad de cobertura del pasto mayor disponibilidad de forraje y permite un mejor aprovechamiento para el pastoreo, favoreciendo así la capacidad de carga animal en el potrero y reduciendo la erosión del suelo.

Con base en el estudio de Valle y Almendarez (2020), que mostro una respuesta positiva en el número de macollos por macollas con el tratamiento combinado de fertilizante sintético y biol, se sugiere en este tratamiento sugiere la combinación de fertilizantes sintético con fuentes orgánicas.

5.1.7 Producción de materia seca (kg ha⁻¹)

El beneficio que se obtiene es mucho mayor ya que cuando se incorpora fertilizante nitrogenado incrementa el rendimiento de materia seca y la calidad del forraje, además, se incrementa las concentraciones de proteína cruda, lo que es beneficioso para los animales y al productor (Robinson et al., 2016, citado por Valle 2020, p. 11).

Según los datos estadísticamente no existen diferencias significativas en la producción de biomasa entre los tres tratamientos a los 45 y 60 días después del corte de uniformidad (ddcu), ya que los valores de significancia como se muestra en el Cuadro 10, son mayores a 0.05. Esto indica que no se puede afirmar con certeza que los tratamientos tengan efectos distintos sobre la biomasa.

Cuadro 9. Producción de materia seca (kg ha⁻¹) a los 45 y 60 días después del corte de uniformidad

Tratamiento	Días después del corte de uniformidad (ddcu)	
	45	60
Completo + Urea	2539.80	5008.04
Compost + Urea	2479.97	4634.19
Compost	2124.62	3350.63
% CV	40.92	36.84
Pr _≥ F	0.8147	0.3677

CV: coeficiente de variación

Además, los % CV como se observa en el (Cuadro 10), reflejan una alta variabilidad dentro de los datos, lo que dificulta detectar diferencias claras entre los tratamientos. Anqué el tratamiento Completo + Urea mostro mayor producción de biomasa en ambos tiempos, esta diferencia no es estadísticamente importante.

El análisis estadístico de la materia seca reveló que, a los 32 días después del corte de uniformidad (ddcu), el tratamiento con mayor rendimiento fue el uso exclusivo de fertilizante sintético (283.5 kg de N y 90 kg de P₂O₅), logrando una producción de 3,456.4 kg de materia seca por hectárea. Le siguió el tratamiento combinado, que incluyó 141.75 kg de N, 45 kg de P₂O₅ y 10,000 litros de biol, obteniendo un rendimiento de 2,739 kg de materia seca por hectárea (Valle y Almendarez, 2020).

La producción de MS del pasto Marandú, este estudio mostró que están en un buen rango por corte a los reportados por Espinales y Porras (2023) “para condiciones de temporada lluviosa se registran rendimientos de 600 y 1500 Kg de MS ha⁻¹, por cortes y una producción anual entre 8600 y 11100 kg de MS por ha⁻¹” en cambio este estudio los valores obtenidos el valor máximo alcanzado es el tratamiento 1 (5008.04 kg/ha⁻¹ por corte).

Al igual con estudios de Valle y Almendarez, (2020), menciona que, a los 45 ddcu, el tratamiento el combinado (N + P₂O₅ + Biol) alcanzo la mayor producción de MS, con un rendimiento de 5,227.2 kg por ha⁻¹. Este valor fue estadísticamente diferente y superior al de los otros tratamientos y el rendimiento más bajo fue el tratamiento Biol, que produjo 4, 067.7 kg por ha⁻¹.

5.1.8 Concentración y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio

La fertilización ya sea de tipo orgánica o inorgánica en los pastos es un factor para considerar para alcanzar mayores rendimientos; la aplicación se debe realizar de acuerdo al análisis químico de suelos, para determinar la dosis necesaria (Silva, 2009).

El análisis de la concentración de nutrientes en el pasto Marandú a los 45 días después del corte de uniformidad (ddcu) muestra que el tratamiento Completo + Urea y el tratamiento Compost +Urea presentan concentraciones iguales de nitrógeno (1.60 %) y fósforo (0.03 %), con potasio ligeramente más alto en el tratamiento Completo + Urea (3.85 % frente a 3.72 %) como se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 10. Concentración de nitrógeno, fósforo y potasio a los 45 días después del corte de uniformidad.

Tratamiento	N %	P %	K%
Completo + Urea	1.60	0.03	3.85
Compost + Urea	1.60	0.03	3.72
Compost	1.37	0.03	3.05

En comparación el tratamiento compost muestra concentraciones ligeramente más bajas de nitrógeno (1.37 %) y potasio (3.05 %). Aunque mantiene el mismo nivel de fósforo.

Según Espinales y Porras (2023), en la MS del pasto Marandú a los 60 ddcu, el nutriente de mayor concentración fue el potasio, siendo más alto en el tratamiento orgánico (5.96 %), seguido del tratamiento sintético (5.8 %) y el combinado (5.46 %). El nitrógeno fue el segundo nutriente en abundancia, con la concentración más alta en el tratamiento Compost +Urea (2.67 %), seguido del sintético (2.53 %) y el orgánico (2.15 %).

“Finalmente, el fosforo tuvo la menor concentración, encontrándose en mayor proporción en el tratamiento orgánico (0.35 %), seguido del sintético (0.32 %) y el combinado (0.27 %)” (Espinales y Porras, 2023).

Con respecto a la extracción de nutrientes en el pasto Marandú en este estudio, a los 45 ddcu el potasio presenta una alta demanda con el tratamiento Completo + Urea (97.76 kg/ha⁻¹), seguido del tratamiento Compost +Urea (92.26 kg/ha⁻¹) y el tratamiento Compost (64.80 kg/ha⁻¹). La extracción de nitrógeno es moderada, con mayores valores en los tratamientos con urea (alrededor de 40 kg/ha⁻¹).

Mientras que el tratamiento Compost que es solo compost requiere menos (29 kg/ha⁻¹) La demanda de fosforo en baja en todos los tratamientos, cerca de 0.7 kg por ha⁻¹, indicando una menor necesidad de este nutriente en comparación con los otros.

Cuadro 11. Extracción de nitrógeno, fósforo y potasio (kg/ha⁻¹) a los 45 días después del corte de uniformidad

Tratamiento	45 ddcu	N	P	K
Completo + Urea	2539.80	40.64	0.76	97.78
Compost + Urea	2479.97	39.68	0.74	92.25
Compost	2124.62	29.11	0.64	64.80

ddcu: Dias después del corte de uniformidad.

La extracción de nutrientes N, P y K por hectárea en el año en función de la MS a medida que aumenta esta, también lo hace la cantidad de nutrientes extraídos, con el N pasando de 63 kg ha⁻¹ año a 230 kg ha⁻¹ año, el P de 14 kg ha⁻¹ año a 53 kg ha⁻¹ año y el K de 69 kg ha⁻¹ año a 252 kg ha⁻¹ año (Bernal y Espinoza 2003, citado por Valle, 2020).

5.1.9 Proteína cruda (PC) (%)

La muestra analizada presento un contenido de 12.25 % en proteína cruda a los 60 días después del corte de uniformidad (ddcu), lo que refleja un nivel significativo de estas macromoléculas, fundamental para el análisis nutricional de los forrajes evaluados (Solís, Valle y Orrala, 2022).

Mientras que en otra investigación a los 45 días después del corte de uniformidad (ddcu), se observó diferencia significativa en el porcentaje de proteína cruda en los tres tratamientos. El tratamiento Completo + Urea registro valor más alto con un 8.21%; mientras que, en los tratamientos, tratamiento Nutritierra y el tratamiento Nutritierra + Urea mostraron ambos un valor del 6.5 % (Espinales y Porras, 2023).

Cuadro 12. Proteína Cruda (PC) % a los 45 días después del corte de uniformidad,

Tratamiento	N (%)	Proteína cruda (%)
Completo + Urea	1.60	10.00
Compost +Urea	1.60	10.00
Compost	1.37	8.56

Mientras que este estudio los tratamientos Completo + Urea, y el tratamiento Compost +Urea, presentan un contenido de proteína cruda del 10 %, lo que indica un nivel adecuado para la nutrición animal, favorecido por el nitrógeno de la urea. En contraste con el tratamiento Compost tiene contenido de proteína cruda de 8.56 %, inferior al de los otros como se muestra en el cuadro 13, lo que se refleja su menor disponibilidad de nitrógeno y su capacidad reducida, para incrementar el contenido proteico en el forraje.

De acuerdo con el (INTA, 2014) "*Brachiaria brizantha*) produce entre 20 a 25 toneladas de materia seca por hectárea por año, con un contenido de proteína cruda entre 10 y 12 %"(citado por Espinales y Porras, 2023).

A los 25 días después del corte de uniformidad (ddcu), el análisis de la proteína cruda mostró que el tratamiento con fertilizante sintético (283.5 kg de N y 90 kg de P_2O_5) obtuvo el mayor contenido, con un 22.39 %. En contraste, el tratamiento que combinó fertilización química y biol (141.75 kg de N, 45 kg de P_2O_5 y 10,000 litros de biol) presentó un 19.06 % de proteína cruda (Valle y Almendarez, 2020).

A los 60 días después del corte de uniformidad (ddcu), la aplicación más baja de nitrógeno, de 100 kg ha⁻¹, logro alcanzar un contenido de proteína cruda del 12.25 %. (Valle 2020).

VI. CONCLUSIONES

La fertilización con compost o en combinación con urea es una alternativa a la fertilización química con relación a la producción de biomasa

La fertilización que incluyó urea mostró un contenido proteico más elevado en comparación con el uso exclusivo de compost, lo que indica la importancia del nitrógeno en la mejora del valor nutritivo del forraje

Las tres fertilizaciones permitieron una cobertura de suelo superior al 80 % en un período corto, facilitando el establecimiento del cultivo, lo que indica una eficacia de las prácticas de fertilización en el manejo del pasto.

Aunque la fertilización sintética mostró resultados positivos, las diferencias entre los tratamientos sugiere que el compost puede ser una alternativa viable para mejorar el rendimiento del pasto sin depender exclusivamente de fertilizantes químicos

VII. RECOMENDACIONES

Implementar el uso de fertilización (urea + compost) con una dosis de 2500 kg ha⁻¹ de compost y 125 kg ha⁻¹ de urea a los ocho días después del corte de uniformidad como una estrategia viable para mejorar el rendimiento del pasto Marandú, aprovechando los beneficios de ambos insumos en la producción sostenible.

Utilizar como fertilizante el tratamiento urea ya sea de manera combinada o sola a los 15 días después del corte de uniformidad del pasto, esto promueve una mayor altura y crecimiento de la planta.

Aplicar urea en la fertilización de los pastos, con dosis de 150 kg ha⁻¹ de completo + 250 kg ha⁻¹ de urea o 2500 kg ha⁻¹ de compost + 125 kg ha⁻¹ de urea, estas dosis garantizaran obtener un 10 % de proteína cruda en el pasto a los 45 días después del corte de uniformidad.

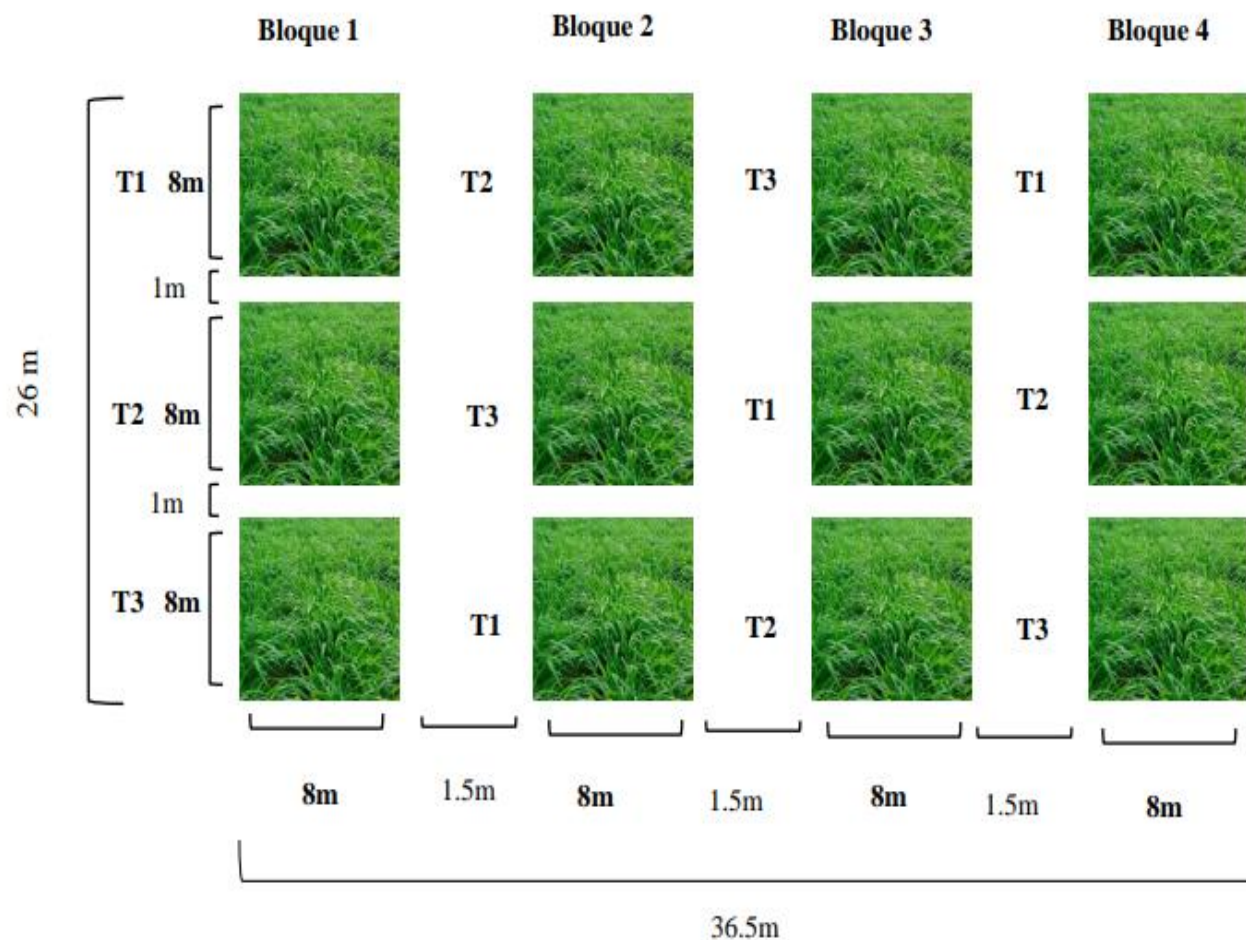
Se sugiere utilizar los tratamientos completos + urea y compost + urea ya que presentaron excelentes resultados en cuanto a las variables evaluadas, y se obtuvo que a los 60 días después del corte de uniformidad presentaron una cobertura mayor al 80 % convirtiendo al cultivo disponible para su uso como pastoreo.

VIII. LITERATURA CITADA

- Contexto Ganadero. (06 de julio de 2023). *4 preguntas y respuestas de los fertilizantes para pastos*. GOV.CO. <https://acortar.link/0Az95G>
- Domínguez-Pérez, F. D., Bolaños-Aguilar, E. D., Lagunes-Espinoza, L. C., Salgado-García, S., Ramos-Juárez, J., & Guerrero-Rodríguez, J. D. (2017). Rendimiento de materia seca y concentración de fósforo de una asociación *Brachiaria humidicola*-*Stylosanthes guianensis*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1787-1799. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.696>
- Espinales Picado, A. E. y Porras Reyes, J. L. (2023). *Efecto de la fertilización sintética, orgánica y combinada sobre la producción de materia seca del pasto Marandú (Brachiaria brizantha), en El Plantel, Masaya 2021* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04e77ef.pdf>
- Gándara, L. Y Borrajo, C. I. y Fernández, J. A. y Pereira, M. M. (2017). Efecto de la fertilización nitrogenada y la edad del rebrote sobre el valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. "Marandú". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 49(1), 69-77. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382852189006.pdf>
- Gómez Huerta, B. J. y Urbina Barrera, E. J. (2020). *Estado fitosanitario de las pasturas en tres fincas de la comarca Panamerica del municipio de Camoapa, Boaco en el periodo de septiembre a diciembre 2019* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4198/1/tnh60g633e.pdf>
- Hernández, L. (2022). *Plan de fertilización del área agrícola, unidad de experimentación y validación el plantel, 2021* [Tesis de trabajo, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4508/1/tnf04h557p.pdf>
- Intagri. (14 de octubre de 2016). *Lo beneficios de los abonos orgánicos en la agricultura*. Intagri. <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimientales>
- Jumbo, M. y Rodríguez, A. (2020). Comportamiento agronómico del Pasto Marandú (*Brachiaria brizantha* Cv Marandú) en el Carmen Provincia de Manabí, Ecuador. *TLATEMOANI Revista Académica de Investigación*, 1(33), 1-15. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7451962.pdf>
- Mendoza Vite, J. M. (2022). *Características morfológicas y manejo agronómico del pasto Marandú (Brachiaria brizantha) en el Ecuador* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica De Babahoyo]. Repositorio institucional. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13206/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000242.pdf?sequence=1>

- Mendoza, R. B. y Espinoza, A. (2017). Guía técnica para muestreo de suelos (1ª ed.). Universidad nacional Agraria y Catholic Relief Services (CRS). Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- Parodi, D. (08 de agosto de 2023). *Consociacion Brachiaria Piata y Ruziziensis*. PEMAN. <https://acortar.link/zwXh0Q>
- Pezo, D. y García, F. J. (2018). Uso Eficiente de Fertilizantes en Pasturas. Boletín técnico / CATIE, 98. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9227/Uso_eficiente_de_fertilizantes_en_pasturas.pdf
- Proaño Cerezo, V. A. (2017). *Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa en los pastos Piata y Marandú (Brachiaria brizantha) en la zona de Babahoyo* [Tesis de trabajo, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3136/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000038.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivera Damacio, S. (2022). *Respuesta bio económica de tres variedades forrajeras bajo dos métodos de siembra en el Caserío de Montevideo* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria De La Selva]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/3b9851a7-c789-43ae-a637-59ee9f67fe02/content>
- Solís Lucas, L.A.; Valle, D. y Orrala Borbor, N.A. (2022). Rendimiento y valor nutritivo del pasto *Brachiaria brizantha* cv. “Marandú”, en zonas semiáridas del litoral ecuatoriano. *Archivos Zootecnia*, 71(273.), 14-18. <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/5605/3498>
- Soto Parra, J.M. Y Piña Ramírez, F.J. y Sánchez Chávez, E. y Pérez Leal, R. y Basurto Sotelo, M. (2016). Alternativas orgánicas para disminuir la aplicación de nitrógeno en nogal pecanero. *Nova Scientia*, 8(16), 140-161. <https://www.redalyc.org/pdf/2033/203345704009.pdf>
- Valle Moran, J.A. y Almendarez Canales, M. N. (2020). *Efecto de la fertilización con Biol y sintética sobre la producción de materia seca y calidad del pasto (Brachiaria brizantha) cv. Marandú, ciclo II, finca El Plantel, Masaya 2018* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional, Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4041/1/tnf04v181b.pdf>
- Valle Solano, D.M. (2020). *Rendimiento y valor nutritivo del pasto Brachiaria brizantha cv. Marandú, en Río Verde, Provincia de Santa Elena* [Tesis de ingeniería, Universidad Estatal Península De Santa Elena]. Repositorio institucional. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5537/1/UPSE-TIA-2020-0018.pdf>

IX. ANEXOS



Anexo 1. Plano de campo del pasto Marandú en la finca experimental el Plantel 2024

Anexo 2 Cantidad de macollas por parcelas

Tratamiento	Bloque	Cantidad de macollas
1	1	360
1	2	504
1	3	576
1	4	576
2	1	360
2	2	576
2	3	504
2	4	576
3	1	576
3	2	432
3	3	720
3	4	648

Anexo 3. Dosificación de fertilizante de cada tratamiento

Tratamiento	Dosis (kg ha ⁻¹)	Dosis (kg 72 m ² .)	Dosis (g 72 m ² .)	Dosis (lb 72 m ² .)
Completo	150	1.08	1080	2.38
Urea	250	1.8	1800	3.96
Compost	2500	18	18000	39.60
Urea	125	0.9	900	1.98
Compost	5000	36	36000	79.20

Anexo 4. Producción de materia seca

Tratamiento	Bloque	Peso de la .M.S 45 ddcu	Peso de la .M.S 60 ddcu
1	1	2611.19	5363.95
1	2	2765.35	5387.13
1	3	3402.99	6307.52
1	4	1379.68	2973.55

2	1	1201.38	2677.89
2	2	2938.89	5751.58
2	3	2312.86	3617.29
2	4	3466.74	6489.98
3	1	1266.60	2276.23
3	2	2552.58	4635.85
3	3	1373.60	2194.88
3	4	3305.68	4295.56



Anexo 5. Corte de uniformidad y del pasto Marandú



Anexo 6. Limpieza de rastrojos del pasto



Anexo 7. Medición de los bloques y tratamientos



Anexo 8. Rotulación de los bloques y tratamientos



Anexo 9. Bloques y tratamientos rotulados



Anexo 10. Peso de la dosificación de los tratamientos



Anexo 11. Fertilización sintética y orgánica



Anexo 12. Muestra de un metro cuadrado



Anexo 13. Pasto Marandú a los 15 días después del corte de uniformidad



Anexo 14. Pasto Marandú a los 15 días después del corte de uniformidad en el bloque 4



Anexo 15. Pasto Marandú a los 30 días después del corte de uniformidad



Anexo 16. Pasto Marandú a los 60 días después del corte de uniformidad



Anexo 17. Cuadrante de 1 m de ancho por 1 m de largo (1 metro cuadrado) con una cuadrícula de 100 casillas para medir la cobertura del pasto



Anexo 18. Clasificación de las muestras de un metro cuadrado de cada tratamiento



Anexo 19. Muestras de tratamientos del bloque 1. para el proceso de picado



Anexo 20. Muestras de tratamientos del bloque 2. para el proceso de picado



Anexo 21. Muestras del tratamiento del bloque 3 para el proceso de picado



Anexo 22. Muestras del tratamiento del bloque 4. para el proceso de picado