

Evaluación comparativa del pastoreo rotacional tradicional y con cordón eléctrico sobre el crecimiento de novillos de ceba en la finca "La Musanda", San Rafael de Lebrija, Santander.

Ricardo Andrés Sepúlveda Torres

Trabajo de Grado para Optar al Título de Zootecnista

Director

Daniel Felipe Torres Ruda

Zootecnista MSc. Reproducción animal

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de pregrado Zootecnia

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

A Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza, por guiar mis pasos hasta este logro.

A el profesor Daniel Felipe Torres Ruda, por su confianza, invaluable orientación académica, paciencia y rigor profesional. Su guía fue crucial para la culminación exitosa de este proyecto. Mi profundo agradecimiento por compartir su conocimiento y por el tiempo dedicado a la revisión y enriquecimiento de este trabajo.

A mis amados padres, María Eugenia Torres Cáceres y Luis Alfonso Sepúlveda Riaño, quienes son mi mayor inspiración y motor. Su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio han sido el pilar de mi vida y formación. Esta meta es el reflejo de sus sueños y de cada esfuerzo que hicieron por brindarme las mejores oportunidades. Con todo mi cariño y gratitud.

Agradecimientos

La culminación de este Trabajo de Grado representa un logro colectivo que no hubiera sido posible sin la colaboración y el apoyo de diversas personas e instituciones, a quienes expreso mi más sincero reconocimiento.

En primer lugar, a la Universidad Industrial de Santander (UIS) - Sede Málaga. A sus directivas, profesores y personal administrativo, por la excelencia académica y la formación integral brindada, la cual sentó las bases para el desarrollo de esta investigación. Es un orgullo ser egresado de esta prestigiosa institución.

Mi profundo agradecimiento al director de este trabajo. Su experiencia, orientación metodológica y la disponibilidad incondicional para la revisión y el debate constructivo fueron fundamentales para superar los desafíos y alcanzar los estándares de calidad requeridos. Su compromiso fue un ejemplo inspirador.

Extiendo mi gratitud a los docentes de la Escuela y del programa académico, por transmitir sus conocimientos y por la dedicación demostrada a lo largo de mi carrera universitaria.

Finalmente, a mis familiares y amigos, por ser una fuente inagotable de aliento, comprensión y motivación en cada etapa del proceso.

A todos ellos, gracias por hacer parte de este camino.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo General	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Antecedentes	16
3. Marco referencial	20
3.1 Marco teórico	20
3.1.1 Ganancia de peso y eficiencia alimenticia en pastoreo tropical	20
3.1.2 Comparación entre pastoreo continuo y rotacional en pasturas tropical	21
3.1.3 Efectos ecológicos del descanso en los sistemas de pastoreo.....	21
3.1.4 Suplementación estratégica en pasturas tropicales durante épocas críticas.....	22
3.2 Marco conceptual.....	23
3.2.1 Pastoreo rotacional.....	23
3.2.2 Carga animal	24
3.2.3 Forraje	24
3.2.4 Ganancia de peso diaria (ADG).....	25
3.2.5 Novillo de ceba	25
3.2.6 Recuperación del forraje	25
3.2.7 Sostenibilidad forrajera.....	26
4. Metodología	26
4.1 Localización.....	26

4.2 Unidades experimentales.	27
4.3 Variables de crecimiento.....	28
4.4 Procesamiento y análisis estadístico.	28
5. Resultados y discusiones.....	29
6. Conclusiones	41
7. Recomendaciones	42
Referencias Bibliografías.....	44

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Pesos en Kg de los novillos en el experimento.....	29
Tabla 2. Condicion corporal	31
Tabla 3. Comparacion entre los valores obtenidos en el análisis de suelos y los valores de referencia	39

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Imagen satelital de la finca	27
Figura 2. Comportamiento del peso vivo promedio (kg) en novillos bajo los dos sistemas de pastoreo	33
Figura 3. Ganancia diaria en gramos	34
Figura 4. Resultado del analisis de suelos	36
Figura 5. Nutrientes del analisis de suelos	40

Glosario

Brachiaria humidicola: especie forrajera, base utilizada en el sistema de pastoreo de la finca. (*Orozco AJ, 2012*)

Carga Animal: representación del número de individuos que se encuentran en un área determinada. Es crucial para regular el forraje disponible y asegurar la eficiencia del sistema de pastoreo rotacional. (*Villalobos y Rojas 2015*)

Condición Corporal: variable productiva que será evaluada en el estudio, junto con la ganancia de peso y la ganancia diaria de peso (GDP). (*Fedegan, 2024*)

Diseño factorial 2x2: modelo experimental utilizado en el estudio que incluye dos factores de estudio (pastoreo rotacional sin cordón eléctrico y con cordón eléctrico) y dos biotipos raciales para determinar diferencias significativas en la ganancia de peso. (*Montgomery, 2017*)

Forraje: biomasa vegetal que se encuentra en el terreno y puede ser consumida por los animales. Su calidad nutritiva se define por el contenido de materia seca, proteína cruda, digestibilidad y fibra. (*Ceva, 2022*)

Ganancia de Peso Diaria (GDP): aumento del peso corporal que un animal experimenta en un periodo determinado. Es fundamental para evaluar la eficiencia en la producción de carne. (*Rodríguez (2021)*)

Novillo de Ceba: bovino macho que ha superado la etapa de levante y que entra en la fase de engorde final con el objetivo de alcanzar el peso óptimo para su sacrificio o comercialización. (*Sanchez, 2026*)

Pastoreo Rotacional: técnica que divide el terreno en potreros más pequeños, que se utilizan de forma rotativa de acuerdo con unas fechas que se estipulan, para que el forraje tenga una mejor recuperación y se evite un sobrepastoreo. (*Fedegan, 2025*)

Pastoreo Rotacional con Cordón Eléctrico: Uno de los tratamientos del estudio, donde se compara la división de potreros con cordón eléctrico frente al pastoreo rotacional tradicional, para evaluar su influencia en la ganancia de peso de novillos de ceba. (*Fedegan, 2013*)

Recuperación del Forraje: es una etapa que ocurre luego del pastoreo. En el pastoreo rotacional, determina los periodos de descanso de los potreros y la calidad nutricional de los mismos. (*Lopez, 2020*)

Resumen

Título: Evaluación comparativa del pastoreo rotacional tradicional y con cordón eléctrico sobre el crecimiento de novillos de ceba en la finca "La Musanda", San Rafael de Lebrija, Santander *

Autor: Ricardo Andrés Sepúlveda Torres **

Palabras Clave: Pastoreo Rotacional, Cordón Eléctrico, Novillos de Ceba, Ganancia de Peso Diaria, Biotipos Raciales, *Brachiaria humidicola*.

Descripción: La ganadería de ceba en San Rafael de Lebrija, Santander, enfrenta el desafío del bajo rendimiento productivo, principalmente debido a un manejo ineficiente de los potreros, caracterizado por el uso continuo que disminuye la disponibilidad de forraje y la ganancia diaria de peso (GDP) en los animales. La falta de información técnica contextualizada limita la capacidad de los productores locales para adoptar prácticas de manejo más sostenibles, como el pastoreo rotacional planificado.

Este estudio tiene como objetivo principal determinar la influencia del pastoreo rotacional tradicional y el pastoreo rotacional asistido con cordón eléctrico sobre los parámetros de crecimiento en veinte novillos de ceba de dos biotipos raciales (Brahman y Gyr). El experimento se llevó a cabo durante un período de 90 días en la finca "La Musanda". Se utilizó un diseño factorial 2x2 que incluye los dos sistemas de manejo de pastoreo como tratamientos. Ambos sistemas se implementaron bajo condiciones técnicas idénticas, con periodos de ocupación de 3 días y 30 días de descanso, y utilizando la especie forrajera *Brachiaria humidicola*. Las variables productivas a evaluar incluyen la ganancia de peso, la condición corporal y la Ganancia de Peso Diaria (GDP), para lo cual se realizaron cuatro pesajes por animal (días 0, 30, 60 y 90). Además, se estimó la capacidad de producción de biomasa y la recuperación de los potreros mediante un análisis de suelos. Los datos cuantitativos fueron procesados mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) factorial 2x2 en el software IBM SPSS v26, seguido de una prueba de Tukey.

Con los resultados buscamos generen información técnica y contextualizada que sirva como una herramienta de apoyo para los ganaderos de la región, brindando evidencia sobre los beneficios del pastoreo rotacional eficiente como estrategia para mejorar la productividad y la sostenibilidad ganadera local.

* Trabajo de Grado

** Instituto Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Director: Daniel Felipe Torres Ruda. MSc. Reproducción animal.

Abstract

Title: A Comparative Evaluation of Traditional Rotational Grazing and Electric Fencing on the Growth of Fattening Steers at the “La Musanda” Farm, San Rafael de Lebrija, Santander*

Author(s): Ricardo Andrés Sepúlveda Torres**

Key Words: Rotational Grazing, Electric Fence, Fattening Steers, Daily Weight Gain, Breed Biotypes, Brachiaria humidicola.

Description: The fattening livestock at San Rafael, Lebrija, Santander, is facing a low productive performance, primarily due to inefficient pasture management, characterized by continuous use that decreases forage availability and daily weight gain (DWG) in animals. The lack of technique informing contextualized limits the capacity of the local producers to adopt more sustainable management practices such as planned rotational grazing. This study has as a main objective establish the influence of the impact of electric cord-assisted rotational grazing on growth parameters in twenty fattening steers of two racial biotypes (Brahman and Gyr). The experiment was place while a period of 90 days at the farm "La Musanda". It was used a factorial design 2X2 that includes the two grazing management systems as treatment. Both systems were implemented under identical technical conditions, with occupations periods of 3 days and 30 rest days, and using the forage species *Brachiaria humidicola*. The productive variables to evaluate include the gain of weight, the corporal condition and the daily weight gain (DWG), thats why it was made four weighings by animal (days 0, 30, 60 and 90). Furthermore, the biomass production capacity and the recovery of the proteins were estimated through a soil analysis. The quantitative data were procesed using a factoria 2x2 analysis of variance (ANOVA) in the software IBM SPSS v26, followed by a Tukey test. With the results we are looking to generate a technique information and contextualized that serves as a tool for livestock farmers in the region, providing evidence on the benefits of efficient rotational grazing as a strategy to improve local livestock productivity and sustainability.

* Degree Work

** Instituto Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Director: Daniel Felipe Torres Ruda. MSc. Reproducción animal

Introducción

La ganadería de ceba representa una de las actividades productivas más relevantes para la economía de muchas zonas rurales de Colombia, ya que contribuye de manera significativa a la generación empleo y seguridad alimentaria. No obstante, el desempeño productivo de este sistema suele verse afectado por deficiencias en el manejo de las pasturas y en la administración del recurso forrajero. Una de las principales dificultades se relaciona con el uso inadecuado de los potreros, donde el pastoreo continuo y sin una planificación adecuada limita la capacidad de recuperación de las praderas. Esta situación reduce la disponibilidad y calidad del forraje, lo cual afecta directamente en el desempeño productivo del ganado, particularmente en la ganancia de peso diaria (GDP).

En la región de San Rafael de Lebrija, departamento de Santander, esta problemática es evidente debido a la predominancia de sistemas ganaderos extensivos basados en el pastoreo continuo. Este tipo de manejo favorece el deterioro progresivo de la cobertura vegetal, disminuye la productividad de las pasturas y, en consecuencia, reduce la eficiencia de los sistemas de producción bovina. Como resultado, muchos productores enfrentan bajos niveles de rentabilidad y dificultades para mejorar los indicadores productivos de sus explotaciones.

Diversas investigaciones tanto a nivel nacional como internacional han demostrado que un manejo planificado del pastoreo puede contribuir significativamente a mejorar la productividad ganadera. En particular, el sistema de pastoreo rotacional ha sido señalado como una estrategia que permite un uso más eficiente de las pasturas, al facilitar periodos adecuados de descanso y recuperación del forraje. Según Ruiz (2019), la implementación de esquemas de rotación favorece

la regeneración de las praderas y contribuye a mantener una mayor disponibilidad de biomasa. De igual manera, estudios realizados en el trópico bajo colombiano han reportado incrementos cercanos al 25 % en la ganancia de peso de novillos cuando se aplican prácticas adecuadas de rotación de potreros (Martínez, 2020). En este mismo sentido, (Mayulu, 2021) señala que la ganancia de peso diaria puede alcanzar valores cercanos a 1,2 kg por animal, siempre que exista una adecuada disponibilidad de materia seca digestible en la dieta.

A pesar de la evidencia que respalda las ventajas de este tipo de manejo, su implementación aún es limitada en muchas regiones ganaderas del país. Entre las principales causas se encuentran el desconocimiento técnico por parte de los productores, la escasa asistencia técnica y la falta de información local que permita evidenciar los beneficios reales del pastoreo rotacional en condiciones productivas específicas (Barrios, 2021).

En este contexto, el presente estudio se planteó responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto comparativo del pastoreo rotacional tradicional y del pastoreo rotacional con cordón eléctrico sobre la ganancia de peso de novillos de ceba en una finca ubicada en San Rafael de Lebrija, Santander? En función de esta inquietud, el objetivo general de la investigación fue evaluar la influencia de estas dos modalidades de manejo del pastoreo rotacional sobre el desempeño productivo de novillos de dos biotipos raciales en la finca “La Musanda”, ubicada en el municipio de San Rafael de Lebrija, mediante un seguimiento técnico de los animales durante el periodo experimental.

La realización de este estudio se justifica por la necesidad de generar información aplicada que contribuya a mejorar los sistemas productivos de la región. En particular, se busca aportar evidencia técnica que permita comprender mejor el impacto del manejo rotacional de potreros sobre la ganancia de peso en bovinos de ceba. Los resultados obtenidos pueden constituir una

herramienta útil para los productores locales, ya que proporcionan información práctica que facilita la toma de decisiones relacionadas con el manejo de las pasturas. Asimismo, la adopción de estrategias de rotación adecuadas puede favorecer la sostenibilidad de los sistemas ganaderos, mejorar la eficiencia productiva y aumentar la rentabilidad de la producción, contribuyendo de esta manera al fortalecimiento del sector ganadero y al desarrollo rural sostenible.

Para dar respuesta a la pregunta de investigación, se adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño experimental factorial 2×2 . Se evaluaron dos modalidades de manejo del pastoreo rotacional (tradicional y con cordón eléctrico) y dos biotipos raciales de bovinos (Brahman y Gyr), bajo condiciones homogéneas durante el periodo experimental. Los animales se manejaron con un esquema de ocupación de tres días por potrero y treinta días de descanso en praderas de *Brachiaria humidicola*, especie ampliamente utilizada en sistemas ganaderos tropicales por su adaptación a suelos de baja fertilidad y resistencia al pastoreo intensivo. (Hernández, 2019)

Las variables analizadas incluyeron ganancia de peso, condición corporal y peso inicial bruto (PIB), como indicadores del desempeño productivo. El análisis de los datos se realizó mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) factorial 2×2 , seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey, con un nivel de significancia del 95 %. Este enfoque permitió identificar posibles diferencias atribuibles tanto al sistema de pastoreo como al biotipo racial, así como su interacción.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Determinar la influencia del pastoreo rotacional tradicional y del pastoreo rotacional con cordón eléctrico sobre los parámetros de crecimiento en novillos de dos tipos raciales en la finca “La Musanda”, ubicada en San Rafael de Lebrija, Santander.

1.2 Objetivos Específicos

Evaluar el peso vivo, la condición corporal y la ganancia diaria de peso (GDP) en novillos de dos biotipos raciales bajo pastoreo rotacional tradicional y pastoreo rotacional con cordón eléctrico.

Estimar la producción de biomasa y la capacidad de recuperación de los potreros manejados bajo pastoreo rotacional tradicional y pastoreo rotacional con cordón eléctrico.

2. Antecedentes

Diversos estudios han evidenciado que el manejo adecuado del recurso forrajero mediante técnicas como el pastoreo rotacional puede mejorar significativamente los indicadores productivos en sistemas de ganadería de ceba. Según (Ruiz 2019), la planificación en el uso de los potreros permite un mejor aprovechamiento del pasto disponible, reduciendo el sobrepastoreo y favoreciendo la regeneración de las praderas. Este manejo contribuye directamente a una mayor disponibilidad de forraje y, por tanto, a una mejor ganancia diaria de peso en los animales.

Martinez (2020), destaca que en fincas del trópico bajo colombiano donde se ha implementado el pastoreo rotacional, se han observado incrementos de hasta un 25% en la ganancia de peso de novillos, así como una mejora en la capacidad de carga sin afectar negativamente la cobertura vegetal. Asimismo, estudios realizados por (González, 2020) señalan que la eficiencia del sistema depende en gran medida del tipo de pastura utilizada, la duración de los periodos de ocupación y descanso, y las condiciones agroecológicas de la zona.

Barrios (2021) resalta que, aunque los beneficios del pastoreo rotacional son ampliamente reconocidos, su adopción aún es limitada en muchas regiones rurales, debido al desconocimiento técnico y a la falta de información contextualizada sobre su impacto real en la productividad.

La producción bovina en Cundinamarca presenta una alta diversidad de sistemas productivos asociada a las condiciones climáticas de la región. Mediante el análisis de información agropecuaria de los municipios del departamento, se identificaron tres tipos de sistemas: doble propósito en zonas de clima medio, producción lechera especializada en climas fríos y producción de carne en climas cálidos. Aunque esta diversidad representa una fortaleza para la ganadería

regional, los resultados evidencian limitaciones relacionadas con la baja adopción tecnológica y la reducida capacidad de carga en varios sistemas. Estos aspectos resaltan la necesidad de fortalecer el manejo productivo, nutricional y tecnológico como base para mejorar la sostenibilidad de la ganadería bovina. (Cruz, 2023)

Estudios recientes han demostrado que el pastoreo rotacional, cuando se acompaña de estrategias adecuadas de fertilización y suplementación, puede mejorar significativamente el desempeño productivo en sistemas ganaderos tropicales. En praderas de *Brachiaria humidicola*, se ha evidenciado que este sistema favorece la recuperación del forraje, incrementa la capacidad de carga y mejora la ganancia diaria de peso en bovinos (Medina, 2021). De igual manera, organismos como la FAO (2018) señalan que el manejo rotacional optimiza el uso del recurso forrajero y contribuye a la sostenibilidad de los sistemas productivos al reducir la degradación de las praderas. Estos resultados confirman que la implementación de un pastoreo rotacional bien planificado puede aumentar la eficiencia productiva en condiciones tropicales.

El pastoreo rotacional es una estrategia que puede mejorar la alimentación del ganado al optimizar el uso del forraje disponible y considerar características como la calidad y el estado del pasto. Su correcta implementación requiere criterios técnicos relacionados con la morfofisiología y fenología de las especies forrajeras; sin embargo, en la práctica, muchas decisiones aún se basan en la experiencia del productor. En este contexto, se propone un modelo multiobjetivo de asignación de pastoreo que considera la calidad del forraje y la distancia de desplazamiento del ganado. Los resultados de simulaciones anuales indican que este enfoque permite obtener mayores ganancias de peso en comparación con los sistemas tradicionales de rotación, lo que evidencia su potencial para mejorar la eficiencia productiva. (García, 2024)

En cuanto a la pastura utilizada, *Brachiaria humidicola* es una gramínea ampliamente adaptada a condiciones edáficas propias de regiones tropicales, caracterizadas por suelos ácidos, de baja a mediana fertilidad y alta saturación de aluminio. Desde su introducción en sistemas ganaderos, se ha consolidado como una alternativa forrajera por su alta persistencia y capacidad de adaptación. Su hábito de crecimiento prostrado favorece la formación de un tapete denso que contribuye a la protección del suelo frente a la erosión y el pisoteo del ganado, además de presentar buen establecimiento en diferentes tipos de suelo, con tolerancia a condiciones temporales de saturación hídrica. (Rincon, 2018)

No obstante, la productividad de esta especie depende en gran medida del manejo del pastoreo y de la fertilidad del suelo. Prácticas inadecuadas, como el sobrepastoreo y la ausencia de fertilización, pueden generar degradación de la pradera, afectando tanto la ganancia de peso individual de los animales como la capacidad de carga del sistema (producción por hectárea). En este sentido, la implementación de estrategias de manejo como el pastoreo rotacional busca optimizar el aprovechamiento del forraje, mejorar la recuperación de la pastura y equilibrar la relación entre producción animal y sostenibilidad del sistema.

En los últimos años, diversas investigaciones han evaluado el efecto del manejo del pastoreo sobre la productividad en sistemas ganaderos tropicales. Estudios como el de Laiton-Medina et al. (2021) evidencian que el pastoreo rotacional en praderas de *Brachiaria* mejora la disponibilidad de forraje y la ganancia de peso en bovinos de ceba. De igual manera, autores como Rao (2020) destacan que la intensificación sostenible de las pasturas, basada en un manejo adecuado del pastoreo, permite aumentar la producción de carne por hectárea sin comprometer la conservación del suelo. Por su parte, da Silva (2021) señalan que la eficiencia del sistema depende

de la correcta regulación de los periodos de ocupación y descanso, lo que influye tanto en la producción individual del animal como en la productividad por unidad de área. Más recientemente, Bottaro (2022) reportan que la implementación de tecnologías como cercas eléctricas dentro de sistemas rotacionales mejora el control del pastoreo y favorece la recuperación de la pastura, optimizando el desempeño productivo del ganado.

Estos antecedentes permiten sustentar la pertinencia del presente estudio, ya que existe una necesidad identificada de generar datos locales y prácticos que validen el efecto del pastoreo rotacional en fincas de San Rafael de Lebrija. Además, brindan una base sólida para establecer los indicadores clave de evaluación, como la ganancia de peso diaria por animal y la capacidad de carga por hectárea, que serán fundamentales en la fase de análisis y discusión de resultados.

3. Marco referencial

3.1 Marco teórico

3.1.1 Ganancia de peso y eficiencia alimenticia en pastoreo tropical

Boval (2015) cuentan sobre un análisis basado en aproximadamente unos 41 experimentos en un estudio relacionado con pastoreo rotacional en trópico bajo, con este estudio ellos llegaron a una conclusión de que la ganancia de peso en un novillo puede llegar a ser de 1.2 kg por día, pero esto está condicionado a la materia seca digestible disponible.

Gracias a su estudio notaron que a pesar de la carga animal por hectárea que puede reducir la ganancia de peso, esto influye en que se pueden tener más animales por hectárea, lo cual busca un mejor rendimiento total de las pasturas.

El manejo adecuado de las pasturas, especialmente el ajuste de la intensidad de pastoreo, es un factor clave para garantizar la persistencia del forraje y mejorar la productividad animal y por hectárea. Estudios basados en análisis en pasturas tropicales evidencian que diferentes intensidades de pastoreo influyen directamente en la ganancia diaria de peso, la carga animal y la producción de carne por área. Los resultados muestran que tanto el pastoreo continuo como el intermitente pueden ser eficientes si se aplican con criterios técnicos adecuados, como alturas óptimas del pasto o niveles controlados de defoliación. Estos hallazgos respaldan la importancia de un manejo racional del pastoreo como base para sistemas ganaderos más productivos y sostenibles. (Costa, 2021)

La identificación de estrategias de manejo eficientes es clave para mejorar la productividad y sostenibilidad de la ganadería tropical. Estudios comparativos entre pastoreo de baja intensidad y alta frecuencia (LIHF) y pastoreo de alta intensidad y baja frecuencia (HILF) en pasturas de sorgo muestran que el manejo LIHF favorece una mayor producción de forraje debido a mejores

condiciones de recuperación del pasto. Además, este sistema permite mayores ganancias diarias de peso por animal sin afectar la producción de carne por hectárea. Estos resultados indican que el ajuste de la intensidad y frecuencia del pastoreo puede mejorar el desempeño animal y el aprovechamiento del forraje, contribuyendo a sistemas ganaderos más eficientes y sostenibles. (Portugal, 2021)

3.1.2 Comparación entre pastoreo continuo y rotacional en pasturas tropical

Este es un análisis llevado a cabo por Costa (2021) el cual se basa en la investigación de la intensidad del pastoreo que se puede utilizar como una estrategia de manejo sostenible. Para esto se revisaron unos estudios realizados sobre el pastoreo rotacional, el cual influye en la ganancia de peso diario que tenía como resultado un 0,67 kg por día, lo dicho se traduce a que se pueden tener aproximadamente 518kg/ha lo cual traduce a un promedio de 4,19 unidades gran ganado por hectárea (UGG).

Los sistemas de pastoreo rotacional mostraron una ligera disminución en cuanto a la ganancia de peso diaria, pero lograron una mejora en la producción por hectárea, esto gracias a que se contaba con una carga animal más alta. Por ello también se comprobó que al tener pasturas entre 20 y 40 cm de alto genera mejor equilibrio y recuperación de las pasturas. (Costa, 2021)

Lo anterior afirma, que la idea de manejar adecuadamente las pasturas logra ser más eficiente, especialmente en climas tropicales.

3.1.3 Efectos ecológicos del descanso en los sistemas de pastoreo

McDonald (2019) analizo como los periodos de descanso de en las pasturas puede influir en el ecosistema. Este analizó varios biomasa y revelo que cuando se les da un correcto descanso a las pasturas se logra mejor cobertura vegetal y biomasa lo cual repercute directamente en la

ganancia de peso. Los autores dicen que la mejora ecológica no solo favorece la sostenibilidad del pasto, sino que también ayuda a que el ecosistema sea resiliente frente a los cambios climáticos.

3.1.4 Suplementación estratégica en pasturas tropicales durante épocas críticas

Boval (2021) estudió como los diferentes tipos de suplementación afecta directamente a la producción de ganado en pastos tropicales de Brasil, esto teniendo en cuenta las estaciones, tanto húmedas como las secas. Se demostró que durante la temporada de lluvias el aumento promedio fue de 0,81 kg/día, pero en cambio en épocas de sequía se redujo a 0,56 kg/día.

Basado en el estudio, se puede destacar la importancia de ajustar las estrategias de suplementación en temporadas ya sean de sequía o de lluvia, no solo para aumentar o mantener el peso, sino también para evita el sobrepastoreo en periodos críticos.

Este estudio se fundamenta en la evaluación del impacto de la suplementación nutricional sobre la productividad del ganado bovino de carne en sistemas de pastoreo tropical. A partir de un metaanálisis de 132 estudios realizados en Brasil entre 1999 y 2010, que incluyeron 6.275 animales, se analizaron distintas estrategias de suplementación durante las estaciones húmeda y seca. Los resultados evidencian que la respuesta productiva del ganado varía según el tipo y nivel de suplemento, así como de la disponibilidad estacional de forraje. En la estación húmeda, la suplementación energética superior al 1,0 % del peso corporal se asocia con mayores ganancias por hectárea y una mayor eficiencia del uso del área. En contraste, durante la estación seca, la suplementación proteica por encima del 0,5 % del peso corporal mejora significativamente la ganancia de peso por unidad de superficie, sin modificar la carga animal. En general, el incremento en la ingesta de suplementos se relaciona positivamente con la ganancia diaria de peso, lo que resalta la suplementación como una herramienta clave para optimizar la producción de carne en pasturas tropicales bajo diferentes condiciones climáticas. (Tambara, 2021)

3.2 Marco conceptual

3.2.1 Pastoreo rotacional

Es una técnica, la cual consiste en la división del terreno en varios potreros más pequeños, que se utilizan de forma rotativa de acorde con unas fechas que se estipulan, esto depende principalmente de la carga animal que pueda tener cada terreno, de esto depende el tipo de estadía de los animales y el tiempo de recuperación, esto permite que el forraje tenga una mejor recuperación y evita un sobrepastoreo. (Gliessman, 2002)

Con esto se quiere aumentar la sostenibilidad de los sistemas productivos, la eficiencia y el aprovechamiento del forraje y por ende el cuidado del suelo. Según Hodgson (1990), el pastoreo rotacional está relacionado con una mejor distribución, más uniforme el regado del excremento y por ende una mejor sobrepoblación de los animales.

Los sistemas de pastoreo rotacional se emplean como una estrategia para mitigar los efectos negativos del pastoreo selectivo del ganado, tanto en condiciones de baja como de alta carga animal. Mediante la subdivisión de las praderas en potreros de menor tamaño y el aumento de la densidad animal, estos sistemas permiten controlar el desplazamiento del ganado y regular la frecuencia e intensidad del pastoreo, favoreciendo una mejor utilización del forraje disponible. Sin embargo, el sobrepastoreo continúa siendo una de las principales causas de degradación de las praderas en la región de la Orinoquia, afectando el crecimiento y el rebrote de las pasturas. Esta situación limita la competitividad de la actividad ganadera en Colombia y particularmente en los Llanos Orientales, donde la baja disponibilidad de forraje se ve agravada por la degradación de los suelos, caracterizados por su acidez y alto contenido de aluminio, factores que reducen la productividad de praderas dominadas por especies del género *Brachiaria*. (Medina, 2021)

3.2.2 Carga animal

La carga animal es la representación del número de individuos que se pueden encontrar en un área determinada. Esta carga animal permite regular el forraje disponible y no exceder la tasa de consumo de los animales. Villalobos & Rojas (2015). En este sistema de pastoreo rotacional y la carga animal deben estar directamente asociados y equilibrados para que así sea de la mejor eficiencia el sistema.

En las regiones tropicales, la producción animal, tanto de carne como de leche, suele ser menor en comparación con zonas templadas. Esto se relaciona principalmente con las características de las pasturas, que presentan una menor proporción de hojas verdes, lo que reduce la calidad del alimento disponible y limita el consumo de nutrientes por parte del ganado. Además, las condiciones climáticas, como las altas temperaturas y la elevada humedad, afectan el comportamiento de pastoreo, disminuyendo la actividad durante el día. A esto se suma que, en algunos sistemas productivos, el ganado permanece en corrales durante la noche sin suficiente disponibilidad de forraje, lo que reduce aún más el tiempo efectivo de alimentación. En conjunto, estos factores repercuten negativamente en la eficiencia del sistema de pastoreo. (alvarez, 2017).

3.2.3 Forraje

Se define como la biomasa vegetal que se encuentra en el terreno y puede ser consumida por los animales, estas pueden ser como gramíneas, leguminosas, y otras plantas herbáceas. Su calidad nutritiva se define por su contenido de materia seca, proteína cruda, su digestibilidad y su fibra Minson (1990). Para hacer un sistema de rotación es muy importante tener estos aspectos en cuenta ya que de esto depende el desplazamiento o cambio de los potreros de los animales.

Según el estudio de Hernandez (2020) donde se analiza la producción y calidad del forraje en sistemas silvopastoriles, evidenciando que el valor nutritivo del pasto está directamente

relacionado con su edad y manejo. Se encontró que, a medida que aumenta el tiempo de crecimiento, se incrementa la producción de biomasa, pero disminuye la calidad nutricional, especialmente el contenido de proteína y la digestibilidad, debido al aumento de la fibra. Por ello, se resalta la importancia de establecer tiempos adecuados de pastoreo y descanso, con el fin de mantener un equilibrio entre cantidad y calidad del forraje disponible.

3.2.4 Ganancia de peso diaria (ADG)

La ganancia de peso promedio diaria (ADG) se refiere al aumento del peso corporal que un animal experimenta en un periodo determinado. Este indicador es fundamental para evaluar la eficiencia en la producción de carne. La ADG está influenciada por diversos factores, entre los que destacan la calidad y disponibilidad del forraje, la suplementación alimenticia y las condiciones generales de manejo del sistema productivo (Rodríguez et al., 2021).

3.2.5 Novillo de ceba

Según Fedegan (2024), el término *novillo de ceba* hace referencia a un bovino macho que ha superado la etapa de levante, y que entra en la fase de engorde final con el objetivo de alcanzar el peso óptimo para su sacrificio o comercialización. Generalmente, estos animales tienen entre 18 y 24 meses de edad y se busca que alcancen un peso vivo aproximado de entre 400 y 500 kilogramos, dependiendo del sistema de producción y las exigencias del mercado.

3.2.6 Recuperación del forraje

Es una etapa que ocurre luego del pastoreo y se conoce como recuperación del forraje, esta depende del tipo de pasto, la intensidad del pastoreo, la recuperación de la misma y las condiciones climáticas y ambientales en el caso del pastoreo rotacional este es el que determina los periodos de descanso de los potreros y por ende la recuperación y calidad nutricional de los mismos. (Matthews et al, 2010)

3.2.7 Sostenibilidad forrajera

Se refiere a las prácticas agrícolas y ganaderas, que buscan brindar un suministro continuo de forraje para la alimentación animal, estas incluyen pastoreo rotacional, siembra de especies forrajeras que se adapten a la zona y la conservación de las que ya se encuentran en el predio, para ello, también se busca hacer tipos de ensilaje para así garantizar una disponibilidad del forraje en todo el año, dado que se presente algún caso ya sea de sequía, u otros aspectos ambientales. (Fedegan, 2025)

4. Metodología

4.1 Localización

El experimento se llevó a cabo en la finca "**La Musanda**", ubicada en San Rafael de Lebrija, Santander. La zona geográfica presenta una latitud de $7,60744^\circ$ y una longitud de $-73,5764^\circ$. El sitio de estudio cuenta con un clima cálido, una temperatura media anual aproximada de 26°C y se encuentra a una altitud de 1.055 m.s.n.m. En la finca se maneja un sistema de pastoreo rotacional sobre praderas establecidas con la especie *Brachiaria humidicola*, caracterizada por su adaptación a condiciones de trópico bajo. Con el fin de conocer el estado de fertilidad del suelo de la finca, se realizó un análisis físico-químico, el cual incluyó variables como pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, textura, capacidad de retención de humedad y contenido de macro y micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Na, S, B, Fe, Mn, Cu y Zn). Este análisis permitió establecer un diagnóstico de las condiciones del suelo, y proponer un plan de fertilización y manejo para aumentar la producción de biomasa.

A continuación, se muestra una imagen satelital de la finca "La Musanda", en donde se muestra la respectiva organización de los potreros y su división con el cordón eléctrico.

Figura 1

Imagen satelital de la finca.



Nota. Adaptado de Google Maps.

4.2 Unidades experimentales.

La muestra del estudio estuvo conformada por 20 novillos en etapa de engorde, con edades entre 18 y 24 meses y pesos iniciales entre 280 y 320 kg, correspondientes a los biotipos raciales Brahman (n=10) y Gyr (n=10). Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos de 10 individuos, garantizando la presencia equitativa de ambas razas en cada tratamiento (5 animales por raza). Los tratamientos (pastoreo rotacional tradicional y pastoreo rotacional con cordón eléctrico) fueron aplicados a unidades de manejo representadas por los potreros, por lo que la unidad experimental correspondió al potrero, mientras que los animales constituyeron la unidad de observación para la medición de las variables productivas. Todos los animales se manejaron bajo condiciones similares de alimentación, disponibilidad de agua a voluntad, suplementación mineral y manejo sanitario, con el fin de minimizar fuentes de variación no controladas.

4.3 Variables de crecimiento.

Las variables evaluadas durante el periodo experimental fueron: Peso vivo (PV): registrado al inicio del experimento (día 0) y posteriormente cada 30 días (días 30, 60 y 90), utilizando cinta bovinométrica. Ganancia diaria de peso (GDP): calculada a partir de la diferencia entre el peso final e inicial, dividida entre el número de días del periodo evaluado. Condición corporal (CC): evaluada de forma periódica como indicador del estado nutricional de los animales. Adicionalmente, se consideraron aspectos relacionados con la disponibilidad y recuperación del forraje dentro del sistema de pastoreo, como factores complementarios en la interpretación de los resultados productivos.

4.4 Procesamiento y análisis estadístico.

El experimento se desarrolló bajo un diseño factorial 2×2 , considerando como factores el sistema de pastoreo (rotacional tradicional y rotacional con cordón eléctrico) y el biotipo racial (Brahman y Gyr). Debido a limitaciones logísticas en la disponibilidad de animales, se trabajó con un tamaño de muestra reducido, por lo que los resultados deben interpretarse como una aproximación exploratoria. Los datos obtenidos se organizaron en hojas de cálculo de Microsoft Excel y posteriormente se analizaron mediante el software InfoStat®. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de los factores y su interacción sobre las variables productivas, utilizando un nivel de significancia del 95% ($p < 0,05$). Cuando se identificaron diferencias significativas, se empleó la prueba de comparación de medias de Tukey para establecer diferencias entre tratamientos.

5. Resultados y discusiones.

Objetivo 1. Evaluar el peso vivo, la condición corporal y la ganancia diaria de peso (GDP) en novillos de dos biotipos raciales bajo pastoreo rotacional tradicional y pastoreo rotacional con cordón eléctrico.

Los valores promedio de las variables productivas evaluadas en los novillos se organizaron de acuerdo con el peso vivo registrado en los diferentes periodos de medición (días 0, 30, 60 y 90), así como la condición corporal y la ganancia diaria de peso (GDP). Estos resultados se presentan en la Tabla 1 y 2, incluyendo sus valores promedio, mínimos y máximos, con el fin de facilitar la comparación entre los biotipos raciales y los sistemas de manejo evaluados. Esta organización de la información permite analizar de manera integral el comportamiento productivo de los animales a lo largo del periodo experimental, considerando que el peso vivo y la ganancia diaria de peso son indicadores clave del desempeño en sistemas de engorde, mientras que la condición corporal refleja el estado nutricional de los animales y su respuesta a las condiciones de manejo y disponibilidad de forraje.

Tabla 1

Pesos en Kg de los novillos en el experimento.

Raza	Pastoreo tradicional				Cordón eléctrico			
	0	30	60	90	0	30	60	90
Brahman	455	462	470	476	375	384	407	412
	390	402	414	421	410	420	440	461
	465	470	480	488	450	462	486	495
	435	444	452	460	468	470	492	505
	420	431	439	444	380	393	418	432
Promedio	433.0 ± 28.9	441.8 ± 27.6	451.0 ± 26.6	457.8 ± 26.2	416.6 ± 41.5	425.8 ± 40.5	448.6 ± 38.6	461.0 ± 39.8
Gyr	386	400	412	428	425	436	457	475
	390	405	419	438	355	368	374	400
	405	415	434	446	395	410	434	458
	415	427	440	452	400	413	431	455
	395	406	428	435	448	458	481	500

Promedio	398.2 ± 11.5	410.6 ± 10.7	426.6 ± 11.2	439.8 ± 9.5	404.6 ± 35.1	417.0 ± 34.0	435.4 ± 39.9	457.5 ± 37.6
-----------------	--------------	--------------	--------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Nota: Pesos de los novillos tomados durante el experimento.

Como se observa en la Tabla 1, el peso vivo de los animales presentó un incremento progresivo a lo largo del periodo experimental, en todos los tratamientos evaluados. Este comportamiento evidencia una respuesta positiva de los novillos tanto al sistema de pastoreo tradicional como a las rotaciones con cordón eléctrico (Ver figura 1). Sin embargo, no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,6892$) para las razas, los tipos de pastoreo y su interacción.

En el caso del biotipo Brahman, los animales manejados bajo el sistema de pastoreo tradicional mostraron un mayor peso inicial en comparación con aquellos bajo cordón eléctrico. Sin embargo, ambos grupos presentaron una tendencia de crecimiento sostenida durante los 90 días. Es importante destacar que, aunque los animales en pastoreo tradicional partieron con pesos superiores, el incremento de peso en el sistema con cordón eléctrico fue igualmente constante, lo que sugiere una adecuada adaptación al sistema. Mientras que para el biotipo Gyr, se observa un comportamiento similar, con incrementos progresivos en todos los periodos de evaluación. No obstante, los animales bajo el sistema de cordón eléctrico alcanzaron valores finales de peso más altos en comparación con algunos individuos en pastoreo tradicional, lo que podría indicar una mejor eficiencia en el aprovechamiento del forraje bajo este sistema. Este comportamiento coincide con lo reportado por estudio, donde se ha demostrado que los sistemas de pastoreo rotacional con cerca eléctrica pueden mejorar la ganancia diaria de peso y el desempeño productivo de los bovinos, al favorecer una distribución más homogénea del consumo y un mejor acceso al forraje disponible. (Bozkurt, 2011).

En términos generales, el sistema de pastoreo rotacional asistido con cordón eléctrico parece favorecer una mejor distribución del forraje y un consumo más uniforme, lo cual puede influir positivamente en la ganancia de peso de los animales. Este resultado coincide con lo reportado en el estudio de la USDA (Agricultural Research Service) en él (2023), donde se menciona que los sistemas de pastoreo más controlados permiten optimizar el uso del recurso forrajero y mejorar el desempeño productivo.

La condición corporal es un indicador fundamental del estado nutricional y energético de los animales, ya que refleja el balance entre la ingesta de nutrientes y los requerimientos productivos. En sistemas de producción bovina, especialmente en condiciones de pastoreo, esta variable permite evaluar la eficiencia del manejo alimenticio y su relación con el desempeño productivo. (Razo, 2008).

En el presente estudio, la condición corporal fue evaluada en novillos de dos biotipos raciales bajo dos sistemas de manejo, utilizando una escala de 1 a 10 adaptada para razas índicas. Esta evaluación se realizó en los días 0, 30, 60 y 90 del periodo experimental, con el fin de analizar la evolución del estado corporal de los animales en función del sistema de pastoreo implementado y su relación con la disponibilidad de forraje.

Tabla 2.

Condición corporal.

Biotipo racial	Sistema de manejo	Día 0	Día 30	Día 60	Día 90	Promedio
Brahman	Tradicional	5.5 ± 0.2	5.8 ± 0.2	6.2 ± 0.1	6.5 ± 0.2	6.0
Brahman	Cordón eléctrico	5.4 ± 0.1	5.9 ± 0.1	6.3 ± 0.2	6.7 ± 0.1	6.1
Gyr	Tradicional	5.2 ± 0.2	5.6 ± 0.1	6.0 ± 0.2	6.3 ± 0.2	5.8
Gyr	Cordón eléctrico	5.3 ± 0.1	5.8 ± 0.2	6.2 ± 0.1	6.6 ± 0.2	6.0

Nota: Datos obtenidos a través de la visualización en escala de 1 a 10 según (Editores., 2019).

Como se observa en la Tabla 2, la condición corporal de los novillos presentó un incremento progresivo a lo largo del periodo experimental en todos los tratamientos evaluados, lo que indica una respuesta positiva de los animales frente a las condiciones de manejo y alimentación. En el biotipo Brahman, los animales manejados bajo el sistema de cordón eléctrico alcanzaron una condición corporal final de 6,7, ligeramente superior a la obtenida en el sistema tradicional (6,5). Asimismo, el promedio general fue mayor en el sistema con cordón eléctrico (6,1) en comparación con el tradicional (6,0), lo que sugiere una mejor utilización del recurso forrajero bajo este sistema. En el biotipo Gyr, se evidenció un comportamiento similar, donde los animales bajo el sistema de cordón eléctrico presentaron una condición corporal final de 6,6, superior a la del sistema tradicional (6,3), así como un mayor promedio general (6,0 frente a 5,8). Estos resultados indican que este sistema de manejo favorece el mantenimiento de un adecuado estado nutricional.

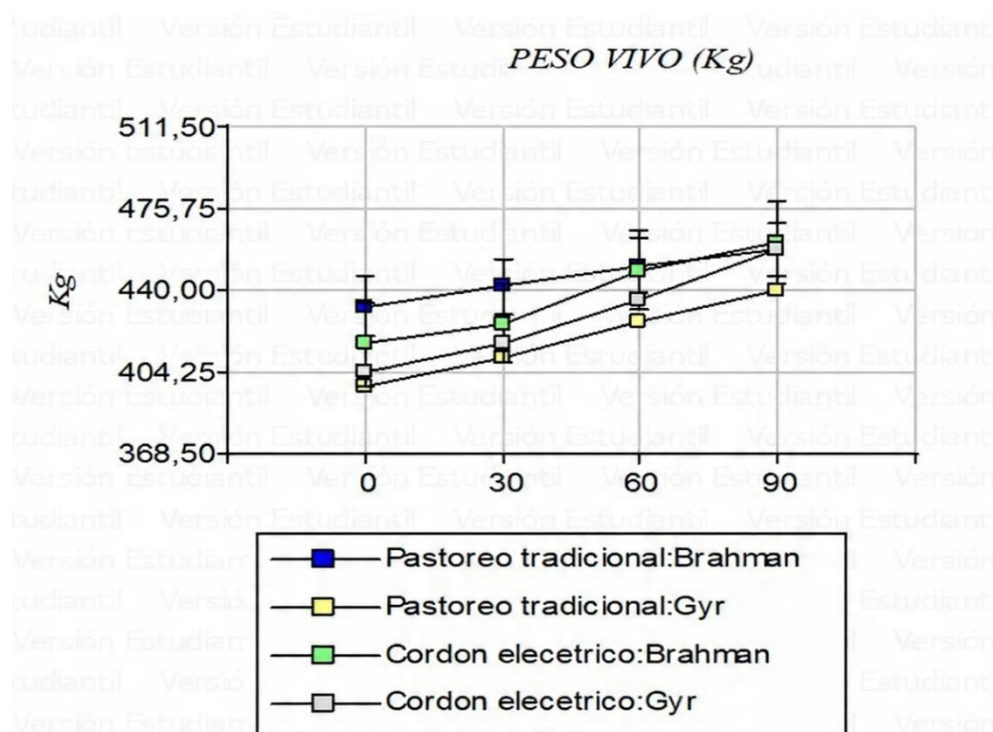
Así como lo determina un estudio realizado en condiciones tropicales, que evaluó el efecto del sistema de pastoreo sobre la ganancia de peso en bovinos, encontrando que los animales manejados bajo pastoreo continuo presentaron una mayor ganancia diaria en comparación con aquellos en pastoreo rotacional. Este resultado se atribuye principalmente a una mayor capacidad de selección del forraje en sistemas continuos, lo que permite a los animales consumir material de mejor calidad nutricional y, en consecuencia, mejorar su desempeño productivo (Molina, 2011).

La ganancia diaria de peso (GDP) es uno de los principales indicadores del desempeño productivo en sistemas de producción bovina, ya que refleja la eficiencia con la que los animales convierten el alimento consumido en incremento de masa corporal. En sistemas de pastoreo, esta variable está influenciada por factores como la calidad y disponibilidad del forraje, el sistema de manejo implementado y las características propias de cada biotipo racial. (Galina, 2006)

En este estudio, la GDP se evaluó de manera indirecta a partir de la evolución del peso vivo de los animales durante el periodo experimental, con el fin de comparar el efecto de dos sistemas de manejo (pastoreo tradicional y pastoreo con cordón eléctrico) en novillos de dos biotipos raciales.

Figura 2

Comportamiento del peso vivo promedio (kg) en novillos bajo los dos sistemas de pastoreo.



Nota: La figura presenta la evolución del peso vivo promedio de los animales evaluados en el experimento.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis estadístico, no se evidenciaron diferencias significativas entre los sistemas de manejo evaluados ni entre los biotipos raciales en relación con las variables productivas analizadas, dado que el valor de p fue superior al nivel de significancia establecido ($p > 0,05$). Esto indica que, bajo las condiciones en las que se desarrolló

el estudio, tanto el sistema de pastoreo tradicional como el manejo con cordón eléctrico presentaron un comportamiento productivo similar en términos de peso vivo, condición corporal y ganancia diaria de peso.

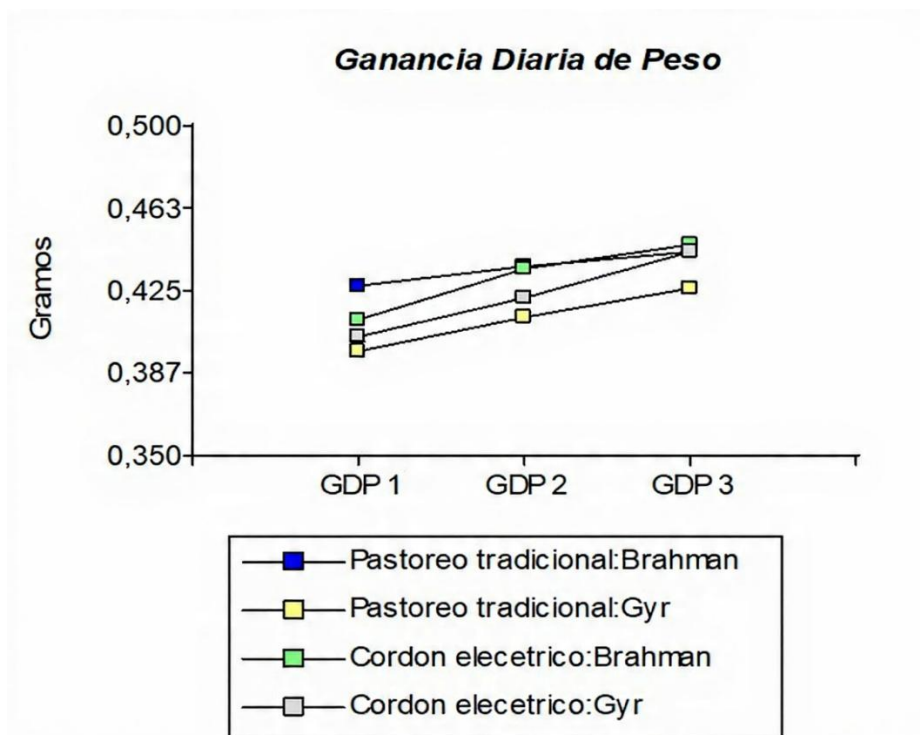
Aunque gráficamente se observó una tendencia de incremento en todos los tratamientos, estas variaciones no fueron estadísticamente suficientes para establecer diferencias reales entre los grupos. Lo anterior sugiere que ambos sistemas de manejo pueden considerarse funcionales y viables para la etapa de ceba en novillos de los biotipos raciales evaluados, siempre que se mantengan condiciones adecuadas de manejo, disponibilidad de forraje y carga animal.

Así como lo muestran los resultados obtenidos en el estudio de la revista Orinoquia en (2021). Se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de manejo evaluados ($p > 0,05$), coinciden con lo reportado por estudios previos en bovinos de ceba bajo pastoreo. En este sentido, investigaciones realizadas con diferentes métodos de rotación en especies del género *Brachiaria* reportaron que no existen diferencias significativas en la ganancia diaria de peso entre tratamientos, concluyendo que el tipo de rotación no afecta de manera significativa el desempeño productivo de los animales.

Para el análisis de la GDP se utilizó el mismo modelo y su comportamiento se presenta en la figura 2. Así mismo, para el análisis de esta variable no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,5454$)

Figura 3

Ganancia de peso diario en gramos.



Nota: Se muestran las ganancias de peso diaria que tuvieron los novillos en el experimento.

Al evaluar la Ganancia Diaria de Peso (GDP) a través de los periodos muestreados (GDP 1 a GDP 3), se observa un incremento progresivo en el desempeño ponderal de todos los grupos experimentales. No obstante, tras realizar el análisis de varianza, se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de pastoreo (tradicional vs. cordón eléctrico) ni entre los grupos raciales (Brahman vs. Gyr). A pesar de la ausencia de significancia estadística, es pertinente resaltar la tendencia numérica observada en la Figura 2. El grupo de novillos Brahman bajo el sistema de rotación con cordón eléctrico exhibió los valores absolutos más altos hacia el final del ciclo, aproximándose a los 0,463 kg/día. Esta superioridad numérica, aunque no validada estadísticamente como una diferencia contundente, podría sugerir una respuesta biológica favorable del biotipo Brahman a sistemas de pastoreo con mayor control de carga. Así como varios estudios indican que la ganancia diaria de peso (GDP) individual

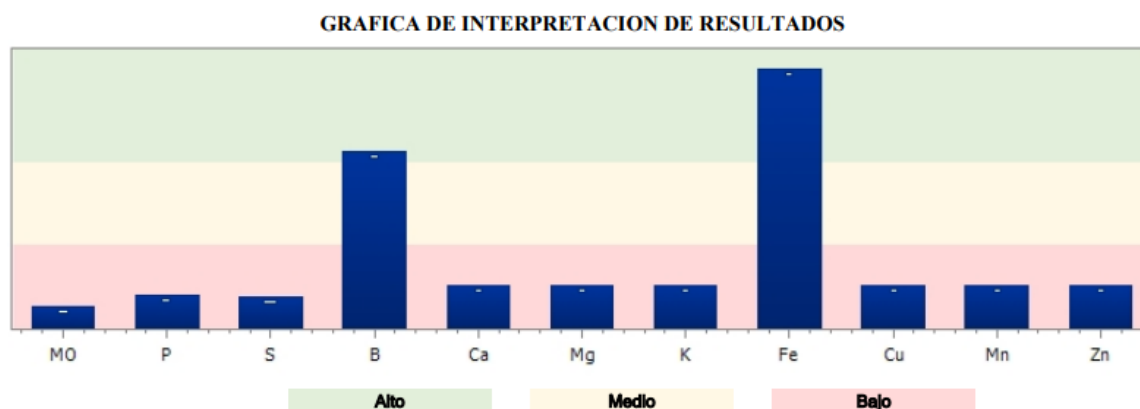
depende más de la calidad del forraje consumido que del método de división del potrero. Autores como Poppi y McLennan (2010) señalan que, si la oferta de materia seca es óptima en ambos sistemas, la respuesta animal individual tiende a ser similar.

Objetivo 2. Estimar la producción de biomasa y la capacidad de recuperación de los potreros manejados bajo pastoreo rotacional tradicional y pastoreo rotacional con cordón eléctrico.

El suelo constituye un factor fundamental en los sistemas de producción ganadera, ya que de sus características depende en gran medida la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento del forraje. Por esta razón, su evaluación permite orientar adecuadamente las prácticas de manejo y mejorar la eficiencia del sistema productivo. (FEDEGAN, 2020) En la figura 3, se presentan los resultados para el análisis de suelo desarrollado en el predio donde se evaluaron 11 macro y micronutrientes.

Figura 4

Resultados del Análisis de suelos



Nota: Resultados del análisis de suelos realizados por AGROSAVIA.

Este estudio permitió identificar las principales deficiencias de nutrientes presentes en el suelo, lo cual resulta fundamental para la toma de decisiones en el manejo del sistema productivo. A partir de esta información, se podrán establecer en el futuro estrategias de fertilización más adecuadas, orientadas a mejorar la producción de biomasa y la calidad del forraje.

La producción de biomasa y la capacidad de recuperación del forraje son factores determinantes en la eficiencia de los sistemas de pastoreo, ya que influyen directamente en la disponibilidad de alimento para los animales y, por ende, en su desempeño productivo. En sistemas de pastoreo rotacional, estos aspectos dependen del manejo de los tiempos de ocupación y descanso, así como de las condiciones del suelo y la carga animal. Esto coincide con lo reportado en la literatura. Un estudio realizado en Colombia sobre bovinos en pastoreo rotacional encontró que el rendimiento de materia seca presentó diferencias significativas según la carga animal y los días de descanso, registrándose mayores producciones con cargas bajas y periodos de recuperación de 20 a 28 días. Además, los autores señalan que el área foliar residual posterior al pastoreo es fundamental para mantener la fotosíntesis y favorecer la recuperación del pasto. (Kerguelén, 2020)

En el presente estudio, la estimación de la producción de biomasa y la recuperación del forraje se realizó de manera indirecta, a partir del comportamiento productivo de los animales y del análisis de las condiciones del suelo, considerando que estos factores reflejan la disponibilidad y calidad del recurso forrajero en los potreros evaluados.

Durante el desarrollo del experimento, se realizaron observaciones de campo relacionadas con la disponibilidad y aprovechamiento del forraje en los potreros bajo los dos

sistemas de manejo. Se evidenció que, en los potreros manejados con cordón eléctrico, el pasto presentaba una altura residual más baja, lo que indica un mayor aprovechamiento por parte de los animales. Por el contrario, en los potreros bajo pastoreo rotacional tradicional, se observó una mayor cantidad de forraje remanente sin consumir, lo que sugiere una menor eficiencia en el aprovechamiento del recurso. Este material residual puede afectar la calidad del rebrote y disminuir la capacidad de recuperación del pasto en los ciclos siguientes. Así como lo indica el artículo técnico de Intagri (2018), explica que la eficiencia de utilización de la pradera depende directamente de la oferta de forraje y de la altura residual después del pastoreo. Señala que, cuando existe mayor disponibilidad de pasto, los animales tienden a ser más selectivos, dejando tallos y hojas más lignificadas como remanente, lo que incrementa el desperdicio y puede afectar la velocidad de recuperación del rebrote. Además, indica que restringir la oferta mejora el aprovechamiento del forraje y disminuye las pérdidas por selectividad y pisoteo.

Estas observaciones permiten inferir que el sistema con cordón eléctrico favorece un consumo más uniforme del forraje, mientras que en el sistema tradicional se presenta mayor selectividad por parte de los animales, generando desperdicio y posibles efectos negativos sobre la regeneración del pasto. Este comportamiento coincide con lo reportado en el (2010) por el Instituto Nacional Tecnológico, donde se menciona que el pastoreo en franjas mediante cerca eléctrica disminuye la selectividad del animal, promueve un aprovechamiento más homogéneo del recurso forrajero y permite un tiempo suficiente de reposo para la recuperación del pasto entre ciclos de pastoreo. Asimismo, el manual destaca que este sistema contribuye a estimular el rebrote de nuevas hojas y mejorar la capacidad de carga del potrero.

Con el fin de complementar la interpretación del análisis de suelos y relacionarlo con la capacidad de producción de biomasa y recuperación de los potreros, se realizó una comparación entre los valores obtenidos en la muestra analizada y los valores de referencia recomendados para suelos destinados a pasturas. Esta comparación permite identificar con mayor precisión las deficiencias nutricionales del suelo y orientar futuras estrategias de fertilización y manejo.

Tabla 3

Comparación entre los valores obtenidos en el análisis de suelos y los valores de referencia.

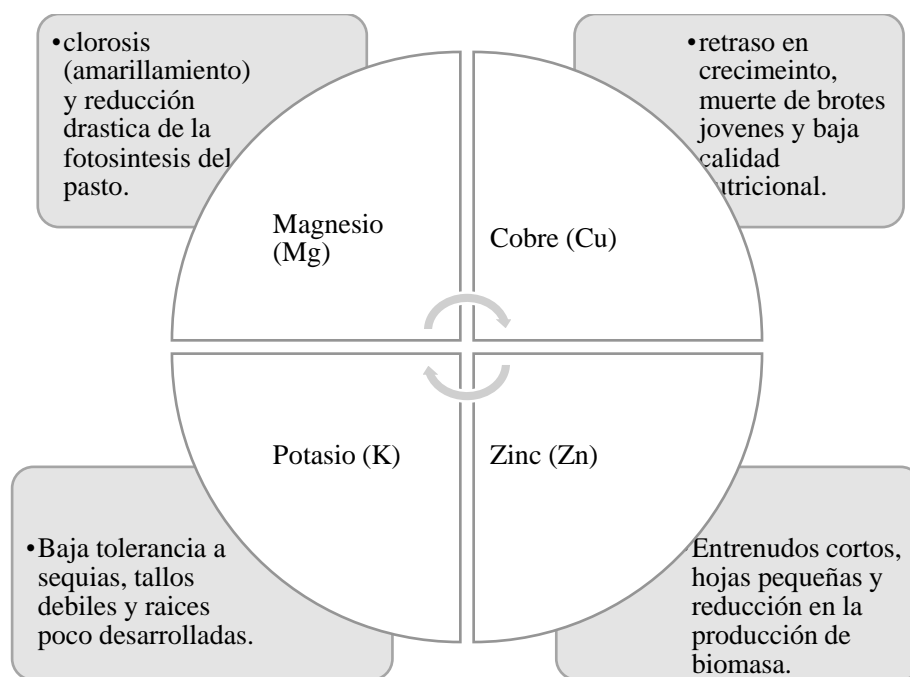
DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACIÓN
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50	<0.09	Bajo -
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	Bases intercambiables en suelos GA-R-50	<0.14	Normal
Hierro (Fe) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2024 Método D.	157.94	Alto +
+Cobre (Cu) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2024 Método D.	<1.00	Bajo -
Manganeso (Mn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2024 Método D.	<1.00	Bajo -
Zinc (Zn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2024 Método D.	<1.00	Bajo -
Saturación de Calcio	%	Cálculo	28	Bajo -
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	6	Bajo -
Saturación de Potasio	%	Cálculo	3	Medio
Saturación de Sodio	%	Cálculo	2	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	52	Restringido

Nota: Esta tabla combina los parámetros de disponibilidad de nutrientes y los cálculos de saturación.

El análisis químico de la muestra de suelo revela un desequilibrio nutricional marcado por deficiencias generalizadas de cationes básicos y una presencia elevada de elementos metálicos. Los niveles de Potasio (K), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn) y Zinc (Zn) se encuentran en rangos considerados "Bajos" ($K < 0.09 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$ y microelementos $< 1.00 \text{ mg/kg}$). En contraste, el Hierro (Fe) presenta una disponibilidad "Alta" con 157.94 mg/kg . Respecto al complejo de cambio, la Saturación de Calcio (28%) y Magnesio (6%) son deficientes, mientras que la Saturación de Aluminio alcanza un nivel crítico y "Restrictivo" del 52%. El Sodio (Na) se mantiene en niveles "Normales" de seguridad (2%).

Figura 5

Nutrientes bajos del análisis de suelos



Nota: La tabla muestra la problemática que genera la deficiencia de estos nutrientes en el suelo

Se evidencia una limitación severa de la fertilidad para el establecimiento de pasturas productivas. El suelo se caracteriza por una reacción fuertemente ácida y una saturación de aluminio crítica (52%), condición que, según Sánchez (1981) restringe el desarrollo radicular y bloquea la disponibilidad de nutrientes esenciales como el fósforo y el calcio.

A partir de la comparación entre los valores obtenidos en el análisis de suelos y los valores de referencia para pasturas, se evidenció la presencia de deficiencias en algunos nutrientes esenciales. Estas variaciones pueden influir directamente sobre la producción de biomasa y la capacidad de recuperación del forraje, ya que la disponibilidad de nutrientes en el suelo condiciona el crecimiento vegetal y la calidad de las pasturas. De acuerdo con la literatura, nutrientes como el fósforo se consideran uno de los principales factores limitantes en la producción de pastos tropicales, debido a su papel en el desarrollo radicular, la transferencia de energía y la formación de biomasa vegetal (Romero, 2003). En este sentido, los resultados obtenidos justifican la necesidad de implementar un plan de fertilización orientado a corregir las deficiencias identificadas y mejorar la productividad de los potreros.

6. Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre el pastoreo rotacional tradicional y el pastoreo rotacional con cordón eléctrico en cuanto a las variables productivas evaluadas (peso vivo, condición corporal y ganancia diaria de peso) en novillos de ceba de los biotipos Brahman y Gyr durante el periodo experimental. En este sentido, no se rechaza la hipótesis nula, indicando que ambos sistemas generan un desempeño productivo similar bajo las condiciones evaluadas. No obstante, desde el punto de vista práctico, el sistema con cordón eléctrico mostró ventajas

operativas, evidenciadas en un aprovechamiento más uniforme del forraje y una menor pérdida por desperdicio, lo que sugiere un potencial para mejorar la eficiencia del uso del recurso forrajero, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

En relación con la producción de biomasa y la recuperación de los potreros, ambos sistemas permitieron sostener una oferta forrajera adecuada; sin embargo, el sistema con cordón eléctrico favoreció una recuperación más homogénea del potrero, lo que podría traducirse en una mejor eficiencia productiva a mediano plazo. Adicionalmente, el análisis de suelos evidenció deficiencias en nutrientes esenciales, lo cual limita el potencial productivo de *Brachiaria humidicola* y afecta tanto la producción de biomasa como el desempeño animal, confirmando la importancia de un manejo integral que incluya fertilización. Como limitaciones del estudio, se reconoce el tamaño reducido de la muestra y el número limitado de unidades experimentales, lo que restringe el alcance inferencial de los resultados. Asimismo, la duración del periodo experimental (90 días) puede no ser suficiente para evidenciar diferencias más marcadas entre los sistemas evaluados. Por tanto, se recomienda realizar estudios con mayor número de repeticiones y periodos de evaluación más prolongados para validar los resultados obtenidos.

7. Recomendaciones

Se recomienda implementar un plan de fertilización basado en análisis de suelos, enfocado en la corrección de nutrientes limitantes con aplicaciones periódicas de mantenimiento que permitan mejorar la productividad y persistencia de *Brachiaria humidicola*.

Desde el punto de vista del manejo, se sugiere la adopción del pastoreo rotacional con cordón eléctrico, ya que, aunque no presentó diferencias estadísticas significativas, evidenció ventajas prácticas en la distribución del pastoreo, reducción del desperdicio de forraje y mejor

uniformidad en la utilización del potrero. Se recomienda ajustar la carga animal y los periodos de ocupación y descanso en función de la oferta forrajera, con el fin de evitar el sobrepastoreo y favorecer la recuperación de la pradera, optimizando tanto la ganancia individual como la producción por hectárea. Para futuras investigaciones, se sugiere incrementar el número de unidades experimentales y el tamaño de muestra, así como ampliar el periodo de evaluación, con el propósito de mejorar la capacidad de inferencia estadística y detectar posibles efectos significativos entre tratamientos.

Adicionalmente, se recomienda incluir mediciones directas de disponibilidad de forraje (aforos), junto con análisis bromatológicos, que permitan establecer relaciones más precisas entre calidad nutricional, producción de biomasa y respuesta animal.

Finalmente, se propone integrar evaluaciones económicas de los sistemas de pastoreo, con el fin de determinar la viabilidad productiva del uso de cordón eléctrico frente al sistema tradicional, considerando costos de implementación, mano de obra y retorno productivo.

Referencias Bibliografías

- Alvarez, c. (01 de junio de 2017). *manejo de pastizales en sistemas de producción ganaderos de nueva guinea, costa caribe sur de nicaragua*. <https://doi.org/10.5377/rci.v20i1.4858>
- Bozkurt, y. &. (2011). *effect of two different grazing systems on the performance of beef cattle grazing on hilly rangeland conditions*. <https://doi.org/10.1080/09712119.2011.558613>
- Ceva. (2022). *ceva*. obtenido de ceva: <https://ruminants.ceva.pro/es/forraje-para-ganado>
- Costa. (2021). *intensidad de pastoreo como estrategia de manejo en pastos tropicales para la producción de ganado vacuno: un metaanálisis*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33637442/>
- Costa, c. (2021). *grazing intensity as a management strategy in tropical grasses for beef cattle production*. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100192>
- Editores., b. (2019). *condición corporal en bovinos productores de carne*.
- Escobar londoño, g. r. (1971). *ceba intensiva de novillos jóvenes cebú cruzados en pasto pará bajo condiciones de pastoreo en rotación y fertilización nitrogenada estacional*. <https://repository.agrosavia.co/items/163de31a-af0f-4ded-835e-7c9201e6e74e>
- Fabián cruz, a. h. (2023). *caracterización de los sistemas de producción ganadera en el departamento de cundinamarca (colombia), propuestas para su sostenibilidad*. 22.
- Fassbender, h. w. (1987). *química de suelos, con énfasis en suelos de américa latina*.
- Fedegan. (21 de 10 de 2013). *contextoganadero*. obtenido de contextoganadero: <https://www.contextoganadero.com/blog/conozca-un-poco-mas-sobre-el-pastoreo-rotacional>

- Fedegan. (16 de septiembre de 2020). *contextoganadero*. obtenido de contextoganadero: https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/aspectos-de-la-pastura-que-determinan-la-productividad-del-hato-ganadero?utm_source
- Fedegan. (2024). *contextoganadero*. obtenido de contextoganadero: <https://www.contextoganadero.com/blog/la-importancia-de-evaluar-la-condicion-corporal-en-ganado-de-carne>
- Fedegan. (2025). *contextoganadero*. obtenido de contextoganadero: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/8-claves-sobre-pastoreo-rotacional-para-mejorar-la-produccion-y-la-salud-del-ganado>
- Galina, m. v. (2006). *predicción de la ganancia diaria de peso mediante el uso del modelo nrc en novillas suplementadas en el trópico húmedo de costa rica*.
- García, r. j. (2024). *un modelo de optimización multiobjetivo para maximizar la ganancia de peso del ganado en pastoreo rotacional*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s41870-024-02226-w>
- Gliessman, s. r. (2002). *procesos ecológicos en agricultura sostenible*.
- González, q. r.-r.-v.-l.-p. (7 de septiembre de 2020). *caracterización técnica y ambiental de fincas ganaderas de doble propósito y formas de mejorar la producción: un estudio de caso en colombia*.
- Hernandez, o. r. (2020). *rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con leucaena leucocephala y megathyrsus maximus cv. tanzania*. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4565>

- Intagri, e. e. (octubre de 2018). *intagri*. obtenido de intagri:
https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/factores-fundamentales-a-considerar-en-el-manejo-del-pastoreo?utm_source
- Kerguelén, p. s. (2020). *productive performance of weaner cattle in rotational grazing of bothriochloa pertusa (l) a. camus in colombia*.
- Lopez. (2020). *efecto del periodo de recuperación en la producción y calidad nutricional de algunas especies forrajeras*. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(18\)135-144](https://doi.org/10.18684/bsaa(18)135-144)
- Boval, n. e. (20 de enero de 2015). *national library of medicine*. obtenido de national library of medicine: <https://doi.org/10.1017/s1751731114003279>
- Martínez. (2020). *desempeño productivo de bovinos de levante en pastoreo rotacional*.
https://www.redalyc.org/journal/2691/269167438010/html/?utm_source
- Mayulu, h. (enero de 2021). evaluación del consumo de materia seca y la ganancia diaria promedio de peso del ganado vacuno en la ciudad de samarinda. *evaluación del consumo de materia seca y la ganancia diaria promedio de peso del ganado vacuno en la ciudad de samarinda*, pág. 56.
- Mcdonald, s. e. (2019). *ecological, biophysical and production effects of incorporating rest into grazing regimes: a global meta-analysis*. [10.1111/1365-2664.13496](https://doi.org/10.1111/1365-2664.13496)
- Medina, j. f.-n.-m. (16 de junio de 2021). *orinoquia*. obtenido de orinoquia:
<https://doi.org/10.22579/20112629.652>
- Medina, v. l.-n.-m. (2021). *evaluación de tres especies de brachiaria spp con pastoreo rotacional para ceba bovina*.
- Molina, f. (20 de junio de 2011). *revista politecnica*. obtenido de revista politecnica:
https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/185?utm_source

Montgomery, d. c. (2017). *anova para diseño 2k*.

Muñoz Araque, r. d. (2020). *analisis de suelo y su interpretacion*.

<http://hdl.handle.net/20.500.12324/22521>

Orozco aj, a. l. (2012). *aspectos fisiológicos y bromatológicos de brachiaria*

humidicola.[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s190096072012000100008&script=](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s190096072012000100008&script=sci_arttext)

[sci_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s190096072012000100008&script=sci_arttext)

Poppi, d. a. (2010). *nutritional research to meet future challenges. animal production science*.

Portugal, l. s. (2021). *low-intensity, high-frequency grazing strategy increases herbage production*

and beef cattle performance on sorghum pastures.

Razo, g. (2008). *condiccion corporal* . michuacan mexico .

Rincón, h. f. (2018). *efectos de la fertilización en la productividad de una pastura de brachiaria*

humidicola cv. llanero en el piedemonte de los llanos orientales de colombia.

[https://doi.org/10.17138/tgft\(6\)158-168](https://doi.org/10.17138/tgft(6)158-168)

Romero, a. m. (2003). *evaluación inicial de la fertilización con roca fosfórica en tres especies del*

género brachiaria.

Sanchez. (2026). *unimeta*. obtenido de unimeta:

<https://repositorio.unimeta.edu.co/handle/unimeta/1315>

Sánchez, p. a. (1981). *suelos del trópico: características y manejo*.

Service, a. r. (0 de marzo de 2023). *agceonline*. obtenido de agceonline:

[https://www.beefmagazine.com/market-news/study-reveals-how-grazing-management-](https://www.beefmagazine.com/market-news/study-reveals-how-grazing-management-affects-cattle-weight-gain?utm_source=chatgpt.com)

[affects-cattle-weight-gain?utm_source=chatgpt.com](https://www.beefmagazine.com/market-news/study-reveals-how-grazing-management-affects-cattle-weight-gain?utm_source=chatgpt.com)

Tambara, c. j. (2021). *effects of supplementation on production of beef cattle grazing tropical pastures in brazil during the wet and dry seasons: a meta-analysis.*

<https://doi.org/10.37496/rbz5020210020>

Tecnológico, I. N. (2010). *SCRIBD*. Obtenido de SCRIBD:

[https://es.scribd.com/document/589622350/Manual-de-Pastos-y-Forrajes-](https://es.scribd.com/document/589622350/Manual-de-Pastos-y-Forrajes-INTA?utm_source)

[INTA?utm_source](https://es.scribd.com/document/589622350/Manual-de-Pastos-y-Forrajes-INTA?utm_source)