



PROYECTO DE TITULACIÓN

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

**Implementación de un sistema de pastoreo de alta densidad con vacas lecheras en
periodo de lactancia**

Granda Rojas, Grace Emily y Romero Intriago, Luis Oswaldo

Ing. Mgs. Lucero Borja, Jorge Omar

Santo Domingo, 07 de marzo de 2024

Reporte de verificación de contenido



Granda Rojas Grace Emily_Romero In...

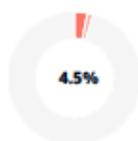
Scan details

Scan time:
March 4th, 2024 at 13:52 UTC

Total Pages:
40

Total Words:
9893

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	3.1%	305
Minor Changes	1.4%	135
Paraphrased	0%	0
Omitted Words	2%	201

AI Content Detection



Text coverage
AI text
Human text

Plagiarism Results: (8)

[25221275.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/30701/25221275.pdf?sequence=2&isallowed=y) 3.1%

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/30701/25221275.pdf?sequence=2&isallowed=y>

USUARIO

| Diseño de un Sistema de Pastoreo de Ultra alta Densidad (PUAD) en Ganadería Regenerativa Finca San Pedro Municipio de Victoria Caldas. ...

[171-Pastoreo_Racional_Voisin.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/171-pastoreo_...) 0.9%

https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/171-pastoreo_...

Guillermo Bavera

Sitio Argentino de Producción Animal PASTOREO RACIONAL VOISIN, LA SALVACIÓN DE TU GANADERÍA Ing. Daniel Suárez Castillo. 2013. Cultura E...

Firma:



Firmado digitalmente por:
JORGE OMAR LUCERO
BORJA

Ing. Mgs. Lucero Borja, Jorge Omar

C.C. 1711853190



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Implementación de un sistema de pastoreo de alta densidad con vacas lecheras en periodo de lactancia”** fue realizado por los señores: **Granda Rojas, Grace Emily y Romero Intriago, Luis Oswaldo** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo, 07 de marzo del 2024

Firma:



Firmado digitalmente por:
JORGE OMAR LUCERO
BORJA

.....
Ing. Mgs. Lucero Borja, Jorge Omar

C.C. 1711853190



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Granda Rojas, Grace Emily** y **Romero Intriago, Luis Oswaldo** con cédulas de ciudadanía n°2350310559 y n°1724855232, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Implementación de un sistema de pastoreo de alta densidad con vacas lecheras en periodo de lactancia”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo, 07 de marzo del 2024

Granda Rojas, Grace Emily

C.C: 2350310559

Romero Intriago, Luis Oswaldo

C.C.: 1724855232



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Autorización de Publicación

Nosotros, **Granda Rojas, Grace Emily** y **Romero Intriago, Luis Oswaldo** con cédulas de ciudadanía n°2350310559 y n°1724855232, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Implementación de un sistema de pastoreo de alta densidad con vacas lecheras en periodo de lactancia”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo, 07 de marzo del
2024

Granda Rojas, Grace Emily

C.C: 2350310559

Romero Intriago, Luis Oswaldo

C.C.: 1724855232

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, cuyo amor incondicional, apoyo constante y sacrificios incansables hicieron posible que alcanzara este logro. A mi familia y amigos, por su aliento y comprensión a lo largo de este arduo camino. A mis profesores y mentores, cuya sabiduría y orientación han sido fundamentales en mi formación académica. Y a todas las personas que, de una forma u otra, contribuyeron a hacer realidad este sueño. Este trabajo está dedicado con profundo agradecimiento y cariño a todos ustedes.

Grace Emily Granda Rojas.

Dedicatoria

A Dios, por haberme otorgado la capacidad y la determinación para culminar exitosamente mis estudios. A mis padres, cuyo infinito amor, motivación constante y su enorme apoyo incondicional, tanto emocional como económico, hicieron posible que alcanzara esta meta. A mi familia, mi novia y amigos, por brindarme apoyo y comprensión durante este demandante proceso. A mis docentes, ya que con sus vastos conocimientos y sabia orientación enriquecieron mi formación académica. Y a todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron para que pudiera cristalizar este anhelado logro profesional.

Este trabajo está dedicado con profundo agradecimiento y cariño a todos ustedes.

Luis Oswaldo Romero Intriago.

Agradecimiento

Agradezco infinitamente a Dios por darme la fuerza de voluntad, paciencia y perseverancia necesaria para culminar esta etapa educativa. A mis padres, por brindarme el apoyo, tanto económico como moral, en especial a mi madre Mercedes Rojas por estar siempre pendiente de mis necesidades, por no permitir que me rinda y aún con mis errores, ella ha sido incondicional, y a mi padre Dr. Emidio Granda por impartir sus conocimientos conmigo desde niña. A mis hermanas Jessy, Kelly, Denisse, Nayeli y Vanessa por ayudarme en cada situación y por su apoyo emocional indispensable para mí. A mi princesita Thais, por ser motivo de mi felicidad con tan solo verla. A mis padrinos Digna y Nelson Pozo por ser como mis segundos padres. A mis grandes amigos; Luis Alcívar, Luis Apolo, Xavier Paredes, Adrián Lapo y Dixon Vargas, por su amistad, aprecio y apoyo en todo momento. A mis bellas amistades con las que compartí esta etapa de mi vida; Nathaly Torres, Thalia Ramirez, Víctor Tufiño, Darwin Bermeo, Roberto Troya y Freddy Guaman por su ayuda y cariño, de igual manera a cada compañero de clase, por los momentos que compartimos en las aulas y en el campo. Al chico que se ganó mi corazón Jesús Velázquez, por su apoyo, atención y cariño, el cual me está enseñando ver el mundo de otro modo. Y finalmente, a cada docente, a mi estimado tutor de tesis Ing. Jorge Lucero por guiarme en este proyecto final. A mi compañero de tesis Luis Romero, por su paciencia y compromiso para culminar y obtener nuestro título de tercer nivel.

Agradecida con cada una de las personas que formaron parte de esta etapa, Dios los bendiga.

Grace Emily Granda Rojas

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitir mantenerme con buena salud y darme fortaleza para seguir y no rendirme en todos los años que tomó mi preparación profesional, para no declinar y culminar con éxito esta significativa etapa. A mis padres, por ser mi apoyo incondicional y brindarme su entera confianza, por motivarme cada día para completar esta fase de crecimiento personal y académico. A cada uno de los docentes que fueron parte importante en este proceso académico, por transmitir sus conocimientos con dedicación y paciencia. A mi tutor de tesis Ing. Jorge Lucero por todo el apoyo, orientación y atención que ha brindado para culminar satisfactoriamente este trabajo. A mi compañera de tesis, por su apoyo y contribución en la culminación de este, nuestro trabajo final.

Agradecido con cada una de las personas que formaron parte de esta etapa de mi vida.

Luis Oswaldo Romero Intriago.

Índice de Contenido

Dedicatoria	I
Agradecimiento	II
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Estado del arte	4
Objetivos	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
Hipótesis	7
Hipótesis nula	7
Hipótesis alternativa	7
Marco teórico	8
Impacto de la Ganadería	8
Condiciones ambientales.	9
Sistemas de Pastoreo y Alternativas de mitigación de Impacto Ambiental	9
Sistema de pastoreo Extensivo	9
Sistema de pastoreo semi-intensivo	10
Sistema de confinamiento	10
Ganadería Regenerativa	10
Niveles para la Regeneración	10
Nivel 1: Funcional.	11

Nivel 2: Integradora.	11
Nivel 3: Sistemática.	11
Nivel 4: Evolutiva.	12
Enfrentamiento al Cambio Climático Mediante la Ganadería	12
Manejo Holístico	13
Edafología	13
Fotosíntesis	13
Alternativas Otros Sistemas de Ganadería Regenerativa	15
Estándar de pastoreo regenerativo y sustentable.	15
Pastoreo racional Voisin.	15
Impacto ambiental	16
<i>PUAD</i>	19
Ventajas del PUAD	20
Aplicación	21
Eficiencia del sistema	21
Enfoque y finalidad del sistema	23
Beneficios al suelo	25
Leyes del sistema de Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD)	26
Ley del Reposo	26
Ley de la Ocupación	27
Ley de los Rendimientos Máximos	27
Ley de Rendimiento Regular	28
Metodología	29

Ubicación política	29
Ubicación geográfica	29
Ubicación ecológica	30
Materiales	31
Métodos	31
Técnicas	31
Manejo específico del experimento: fase de campo	31
Manejo específico del experimento: fase de laboratorio	33
Diseño	34
Análisis estadístico	34
Características de la unidad experimental	34
Croquis del ensayo	34
Análisis Funcional	35
Variables estudiadas	35
Resultados	38
Parámetros de la pastura	39
Altura de planta	39
Número de hojas por tallo	41
Porcentaje de hoja	42
Porcentaje de tejido muerto	43
Relación hoja-tallo	45
Porcentaje de materia seca	46
Producción de forraje (kg/MS/ha)	48

Parámetro de consumo	49
Tasa de bocado	49
Parámetro productivo	51
Producción lechera	51
Conclusiones	55
Recomendaciones	56
Referencias bibliográficas	57

Índice de figuras

Figura 1 Mapa de la ubicación geográfica del sector donde se realizó el estudio.	30
Figura 2 Croquis de distribución de los potreros utilizados para el ensayo.	34
Figura 3 Altura de planta en relación al número de pastoreo.	39
Figura 4 Número de hojas por tallo en relación al número de pastoreo.	41
Figura 5 Relación de porcentaje de hoja en relación al número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo	42
Figura 6 Relación de tejido muerto en relación al número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo.	43
Figura 7 Proporción hoja-tallo en relación con el número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo.	45
Figura 8 Relación de porcentaje de MS con el número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo.	46
Figura 9 Relación de producción de forraje (Kg/MS/ha) con el número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo.	48
Figura 10 Relación de tasa de bocado con el cambio (franja), de acuerdo al número de pastoreo.	49
Figura 11 Relación producción lechera con el manejo.	51
Figura 12 Relación producción lechera de acuerdo al manejo y días de ensayo.	52

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de los materiales empleados en el sitio de estudio donde se llevó a cabo la investigación.	31
---	----

Resumen

El presente trabajo se realizó con el objetivo de implementar un Sistema de Pastoreo de Alta Densidad con vacas lecheras en periodo de lactancia. El manejo se basó en ofrecer áreas reducidas de pasto, con ampliación progresiva a los animales, para así influir en la competencia de alimento y eficiencia de consumo. Para esto, se monitoreó parámetros de calidad de la pastura. Así mismo, se monitoreó el consumo, a través de la tasa de bocado y la producción diaria de leche. Se realizó tres pastoreos. Los parámetros de pastura como altura, número de hojas, tejido muerto, producción de forraje en materia seca; se redujeron a niveles óptimos. Bajó el porcentaje de hojas por consumo selectivo y subió relación hoja-tallo. La tasa de bocado se incrementó, por mayor adaptación. Por último, la producción de leche diaria no tuvo aumento significativo entre sistema convencional y PUAD, pero se vio una tendencia positiva.

Palabras claves: Pastoreo, MS, producción, bovino, leche.

Abstract

The present work was conducted with the aim of implementing a High-Density Grazing System with dairy cows in lactation. The management was based on offering reduced areas of pasture, with progressive expansion to the animals, in order to influence the competition of feed and consumption efficiency. For this, pasture quality parameters were monitored. Likewise, consumption was monitored, through the bite rate and the daily milk production. Three grazings were conducted. Pasture parameters such as height, number of leaves, dead tissue, and dry matter forage production; were reduced to optimal levels. The percentage of leaves due to selective consumption decreased and the leaf-to-stem ratio increased. The bite rate was increased, due to greater adaptation. Finally, daily milk production did not increase significantly between the conventional system and PUAD, but a positive trend was observed.

Key words: Grazing, DM, production, cattle, milk.

Introducción

La ganadería bovina es una actividad generalizada y desarrollada prácticamente en todo el país, considerada como un renglón socioeconómico de gran importancia para el desarrollo del campo, ha sido y es cuestionada fuertemente por su desempeño productivo y por su impacto ambiental (Ledesma, Gallego, & Peláez, 2002).

Con la finalidad de reducir el espacio y el tiempo de alimentación de los bovinos para hacerlos más voraces y que consuman todo lo que crece en el potrero sin hacer selección, se emplea el Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD) (Ramírez Jiménez, 2023).

El pastoreo de ultra alta densidad (PUAD) es una técnica intensiva de pastoreo rotativo utilizada en la ganadería de leche. Consiste en dividir el pastizal en parcelas muy pequeñas y rotar frecuentemente el ganado entre ellas. Esto permite un mayor aprovechamiento del forraje, optimizando la alimentación del ganado y mejorando la salud del pastizal. El PUAD busca maximizar la producción de leche por hectárea y reducir los costos de alimentación (Maldonado, 2021).

Estado del arte

El estudio de (Hernández, Arellano, & Solís Olguín, 2023) afirma que el Pastoreo de Ultra Alta Densidad ofrece numerosas ventajas para la gestión de pastizales. Además de revitalizar el suelo y restaurar los microclimas presentes en él, este enfoque fomenta la vitalidad del suelo. Económicamente, permite aumentar la carga animal por unidad de superficie, mientras se asegura un monitoreo constante de los animales por parte de un cuidador dedicado, quien supervisa las rotaciones diarias, observa el comportamiento de los animales y la condición del suelo. Este nivel de atención detallada facilita una gestión ganadera más precisa, con el objetivo de mejorar los índices de producción.

En el caso de (Serna & Duarte, 2023) al analizar el impacto de la ganadería regenerativa en comparación con la ganadería tradicional utilizando una matriz DOFA y un análisis CAME, se identificaron diversas ventajas asociadas con la ganadería regenerativa en términos tanto ambientales como económicos. Se encontró que esta práctica es más rentable para los ganaderos, ya que genera una tasa de natalidad aproximada del 70%, lo que promete una mayor rentabilidad a largo plazo al aumentar el inventario disponible para la actividad ganadera.

Así mismo (Serna & Duarte, 2023), afirma que la mayor ventaja de la ganadería regenerativa radica en su papel en la mitigación del cambio climático. Este enfoque se centra en la captura de carbono en el suelo, lo que contribuye a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además de esto, la ganadería regenerativa promueve el bienestar del suelo y la biodiversidad, fomentando así la preservación de los ecosistemas y protegiendo la calidad del agua y del aire.

En el trabajo de (Traslaviña, 2023), sobre la identificación y comparación de los diferentes sistemas de manejo de pastoreo afirma que el desafío que enfrenta la ganadería regenerativa consiste en superar los paradigmas que la rodean, ya que a menudo se percibe como inviable o difícil de implementar. Sin embargo, la clave para superar esta barrera radica

en la presentación de datos concretos que demuestren los resultados económicos, sociales y ecológicos. Estos datos deben ser monitoreados y comparados con los de la ganadería convencional.

Mientras que (Montoya, 2019), el Pastoreo Ultra Alta Densidad (PUAD) muestra signos de regeneración del suelo mediante la acumulación de materia orgánica, la revitalización de especies gramíneas en estado de latencia y el resurgimiento de especies arbóreas nativas, lo que ayuda a mitigar los impactos ambientales adversos.

Así mismo, la práctica de la ganadería regenerativa incrementa la retención de agua en el suelo, lo que a su vez reduce la necesidad de utilizar agroquímicos nocivos. Además, este enfoque también beneficia la calidad de las fuentes de agua no vinculadas a las precipitaciones.

En el trabajo de (Maldonado, 2021), sobre la implementación y el seguimiento de un modelo regenerativo bajo el sistema de pastoreo de ultra alta densidad PUAD en ganadería bovina de doble propósito ha generado beneficios para todas las partes involucradas. En lo que respecta al suelo, se ha observado un aumento en su fertilidad, lo que a su vez ha permitido un incremento en la carga ganadera. Además, se ha logrado mantener un equilibrio en la biocenosis del terreno, lo que ha contribuido a la rehabilitación de áreas anteriormente erosionadas.

El estudio de (Rojas, I., M.H. Baddi, A. Guillen,, M. García , & J.L. Abreu. , 2018) afirma que el Pastoreo Ultra Alta Densidad (PUAD) es una propuesta que ofrece la posibilidad de obtener beneficios económicos gracias al aumento en la capacidad de carga y a la preservación de los ecosistemas. Esta práctica también implica la conservación de las franjas protectoras alrededor de las diversas fuentes de agua, lo que favorece la conservación y el aumento de la fauna silvestre.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un Sistema de Pastoreo de Alta Densidad con vacas lecheras en periodo de lactancia.

Objetivos Específicos

Monitorear las variables: porcentaje de materia seca, número de hojas, altura, estado fenológico del pasto de los potreros destinados para el ganado de ordeño mecánico.

Analizar las variables en la producción de leche diaria.

Hipótesis

Hipótesis nula

H₀: La acción del PUAD en el ganado de leche no presenta diferencias significativas sobre la producción de leche diaria.

H₀: La acción del PUAD en las pasturas no presenta diferencias significativas sobre la calidad y estructura del pasto.

Hipótesis alternativa

H₁: La acción del PUAD en el ganado de leche presenta diferencias significativas sobre la producción de leche diaria.

H₂: La acción del PUAD en las pasturas presenta diferencias significativas sobre la calidad y estructura del pasto.

Marco teórico

Impacto de la Ganadería

Generalmente la ganadería en Colombia se desarrolla mediante el sistema tradicional extensivo, en grandes cantidades de tierra con baja carga animal (FINAGRO, 2009). Según el planteamiento de (Faria, 2017), “la ganadería extensiva es causante de cambios negativos debido a la aridez del suelo, por deforestación en ampliación de fronteras y pisoteo del ganado”. La ganadería ocupa un porcentaje importante de área en Colombia, según la Encuesta Nacional Agropecuaria ENA 2017, a nivel nacional el 78,2% del área se dedicó a la actividad pecuaria, el 7,3% a la actividad agrícola, el 11,9% a bosques y un 2,5% a otros usos.

Con frecuencia la ganadería se desarrolla en áreas en apropiados provocando deterioro ambiental, como ocurre en la Amazonia donde el 35% de las pasturas están abandonadas ante el fracaso económico y los suelos improductivos (Da Silva et al 1996). La ganadería está involucrada en la transformación de ecosistemas naturales, generalmente por tala y quema de bosques. La magnitud de este proceso en América Latina condujo en las décadas pasadas al señalamiento internacional de la ganadería como una gran amenaza ecológica del bosque tropical (Emmanouilidis, 1999).

El impacto ambiental de estos sistemas fluctúa entre el desgaste absoluto e irreversible de los suelos hasta la restauración parcial de ecosistemas degradados. la desecación de humedales; la construcción de vías de penetración; la contaminación del agua y el suelo por fertilizantes sintéticos y plaguicidas, así como las emisiones de gases producidas por la quema de combustibles en el transporte terrestre y fluvial de animales vivos o sus productos (Faria, 2017).

Condiciones ambientales.

Las praderas con deficiente vegetación a las que no se les proporcionen sombra, con mucho viento en algunas épocas del año tienen condiciones ambientales que pueden influir de manera negativa sobre la disponibilidad de alimento y el bienestar animal. El ganado disminuye el consumo de materia seca cuando es expuesto a cortos períodos de calor (Alonso, A, y otros, 2022).

En este sentido, (Gonzalez, 2019) destaca una relación inversa entre temperatura ambiental y consumo voluntario de alimento en bovinos de carne. Por otro lado, como protección del suelo a través de la ganadería. “Entre las más de 14000 especies de escarabajos que actúan en la bosta hay insectos desde 0,004 gr. (*Drepanocerus Parallelous*) hasta 19 gr (*Heliocropis dilloni*) que se distribuyen en especies coprófilas y coprófagas (Hernández, Arellano, & Solís Olguín, 2023).

Los escarabajos coprófagos con su actividad de incorporar la bosta bovina al suelo aceleran la tasa de reciclaje de minerales y contribuyen en la retención de nutrientes (N, P, K), en el sistema suelo planta animal aumenta la permeabilidad del suelo y la capacidad de absorción de agua por las plantas, incrementan la producción de MS, de las pasturas, reduce la población de diversos parásitos como moscas y helmintos, incrementan el área de pastoreo (García, 2018). Las dos condiciones ambientales descritas anteriormente influyen fuertemente en el desarrollo y conservación de los forrajes y su disponibilidad para el pastoreo de bovinos.

Sistemas de Pastoreo y Alternativas de mitigación de Impacto Ambiental

Sistema de pastoreo Extensivo

El pastoreo extensivo, consiste en dejar pastar al ganado en áreas grandes sin controlar o racionar su alimentación.

Los animales pueden elegir, seleccionar su dieta y, en consecuencia, consumen las plantas que les resultan más palatables. Según Peterson (1961) la presión de pisoteo de un bovino de 400 kg. es de 3,5 kg/m², y en el pastoreo extensivo esa presión se ejerce continuamente y permanentemente, pues el bovino deambula por la pastura en busca de pasto, agua y en lo que se llama en etología “vagabundeo o vagancia”.

Sistema de pastoreo semi-intensivo

Se caracteriza por la incorporación de prácticas culturales de manejo, tanto de la pradera como de los animales; dirigidas a preservar y a veces, potenciar las capacidades productivas del agro ecosistema ganadero.

Sistema de confinamiento

Se caracteriza por la eliminación total del pastoreo; este tipo de explotaciones en la ganadería colombiana es limitado, presentando más desarrollo para la producción de leche.

Ganadería Regenerativa

Es un tipo de práctica que se enfoca en el manejo de la tierra y el ecosistema, su principal misión es crear el ambiente propicio para que las plantas potencialicen sus procesos metabólicos, de esta forma se incrementa el contenido de materia orgánica en el suelo, mejorando la salud de éste al conseguir el cierre de los ciclos de carbono, esto contribuye a una mejora y aumento de la biodiversidad que se encuentra sobre el horizonte 0 y el horizonte B de las capas del suelo (Jiménez, 2020).

Niveles para la Regeneración

Cada uno de los niveles que se presenta a continuación son los eslabones para organizar la regeneración de los sistemas de producción ganadero, apuntando a un diseño consiente efectivo e individual para cada entorno al cual se desee aplicar, (Soloviev & Landua, 2016) describen cada uno de los 4 niveles que se plantean a continuación.

Nivel 1: Funcional.

La base de este nivel se centra en reconciliar las tensiones percibidas en los sistemas de producción ya que tradicionalmente se tienden a enlazar la innovación e inteligencia humana con el uso de agro insumos y combustibles fósiles que generan daños a los paisajes y terrenos donde se realizan las prácticas, es por esto que es necesario adoptar estas características para que así contribuya a mejorar funcionalmente ecosistemas y comunidades.

El objetivo principal de la ganadería regenerativa dista de aquellas sostenibles, las últimas se encargan de disminuir los daños que causan las producciones mientras que ésta se encarga de evitar el daño de los suelos, mitigando y adaptando la población al cambio climático. Uno de los objetivos es el secuestro del carbono por parte del suelo para disminuir la cantidad que en la atmósfera se encuentra.

La inmersión en estas prácticas también beneficia al productor brindando un manejo sostenible y rentable dependiendo de las características individuales de cada sistema.

Nivel 2: Integradora.

El objetivo de este nivel se enfoca en los demás factores que se benefician de la regeneración de los suelos, ya que este genera salud y vitalidad para los ecosistemas, aumenta la biodiversidad funcional, proporciona hábitat para la vida silvestre, mejora los ciclos del agua, repara daños, regenera bosques, así como todos los sistemas de vida de un paisaje agropecuario.

Nivel 3: Sistemática.

La ganadería regenerativa no es un conjunto de prácticas o consignas establecidas en un orden riguroso; para garantizar y realizar un diseño es importante que el ganadero tenga la capacidad de observar, entender y gestionar la capacidad de manejar un sistema vivo, por lo que los esfuerzos para trabajar solo "por diseño" fracasan frente a la aleatoriedad y la

volatilidad de la naturaleza; esto se hace mediante un sistema integrado para una correcta toma de decisiones que involucra la naturaleza, la mano de obra, la inversión y los costos.

Nivel 4: Evolutiva.

La importancia de este nivel se enfoca directamente en el contexto temporal de las producciones, sus antecedentes generan la información que permite la toma de decisiones que favorecen la naturaleza y la economía, obteniendo así datos que sustenten la calidad, eficiencia y regenerabilidad de cada uno de los procesos.

Enfrentamiento al Cambio Climático Mediante la Ganadería

La intervención del hombre en los procesos naturales ha hecho que se modifiquen los paisajes y la vida misma; con esto ha aumentado las emisiones de gases de efecto invernadero, generando un aumento paulatino de la temperatura del mundo. Estos cambios fomentan riesgos económicos y alimentarios desencadenando conflictos por los recursos naturales y problemas en la seguridad alimentaria (Emmanouilidis, 1999).

Con la puesta en marcha de la ganadería regenerativa sobre las producciones se desea obtener una mejora progresiva del suelo con ayuda de los fertilizadores orgánicos que desecha el animal en el momento del pastoreo.

Este cambio positivo se logra incrementando la actividad micro, meso y macro- orgánica del suelo, de allí se liberan elementos minerales como el fósforo, calcio, nitrógeno entre otros, fundamentales para los procesos metabólicos de las plantas que allí se encuentran, contrario a lo que se cree la pezuña de los rumiantes usada adecuadamente provee al suelo una remoción el cual genera un aumento de la porosidad y por ende más absorción de agua y materia orgánica (Faria, 2017).

Manejo Holístico

En el modelo de ganadería regenerativa el manejo holístico se basa en el planteamiento y cronograma de un pastoreo que se asemeje a aquel que se desarrollaba en la naturaleza. Es por esto que hay que tener en cuenta la planificación del tiempo de ocupación y recuperación de los pastizales. En función a la administración de los potreros en cuanto al tiempo y cantidad de animales se obtendrán valiosos resultados respectivamente a el aumento de la biomasa, es por esto que una toma de decisión equivocada en donde el vacuno sobre pastoree o el potrero descanse de más lleva hacia la desertificación del suelo (Villarán, 2016).

Edafología

Uno de los ciclos importantes para la regeneración de los suelos y el equilibrio de los ecosistemas es el hidrológico. (Shepard, 2013) menciona que estos se han visto alterados y se relaciona directamente con los cambios del suelo, por ende, la disminución de la transpiración de la humedad a la atmósfera genera inestabilidad climática y termina afectando la humanidad. Incluso se asocia los desastres climáticos con problemas como el deterioro y disminución de los recursos naturales, así como el impacto social y económico.

Según (Faria, 2017), la composición química de los suelos da la pauta como regulador de la actividad biológica de los mismos, esta a su vez modifica características físicas y de fijación de nutrientes, el equilibrio de los ciclos que allí se desarrollan promueve la regeneración y productividad de dichos terrenos.

Fotosíntesis

El hombre para subsistir depende directamente de la fotosíntesis ya que de este proceso obtiene no solo la conversión de energía solar en alimento, sino también la absorción de dióxido de carbono que es fijado en el suelo con las raíces así también provee oxígeno un componente vital para una porción de seres vivos que habitan el planeta (Agriculturers, 2017).

Este proceso se desarrolla mediante la captación de luz solar a través de pigmentos propios de las plantas (clorofila) que cumple con procesos de metabolización de productos inorgánicos en orgánicos.

El metabolismo de la planta se divide en dos procesos, el primero es de tipo permanente y hace referencia a la respiración de la planta y el segundo producto de la fotosíntesis es de tipo intermitente ya que está regida por la luminosidad convertida en construcción de los tejidos de las plantas (Gonzalez, 2020). Es por esto que cada planta interactúa con el contexto ecológico y ambiental de forma individual, por lo tanto, el manejo racional de las pasturas con los vacunos proporciona una optimización de la fotosíntesis.

Biocenosis

En el suelo se encuentra diversidad de organismos los cuales intervienen, modifican e interactúan con ciclos esenciales que benefician la vida, una cantidad considerable de organismos presentes son invisibles al ojo humano.

Una característica importante que poseen estos organismos son las funciones que cumplen, dentro de ellas la FAO (2015) destaca: El mantenimiento de la estructura del suelo, la regulación de los procesos hidrológicos del suelo, el intercambio de gases y captura de carbono, la detoxificación del suelo, los ciclos de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica, la erradicación de plagas, parásitos y enfermedades, es fuente de alimento y medicinas, las relaciones simbióticas y asimbióticas con las plantas y sus raíces y por último el control del crecimiento de las plantas (mejora y supresión).

Por lo tanto, la biota que habita los suelos son elementos clave para mantener el equilibrio de dicho terreno, favoreciendo el crecimiento de las plantas y por ende la alimentación de los vacunos.

Alternativas Otros Sistemas de Ganadería Regenerativa

La ganadería regenerativa se enfoca en la renovación de los ecosistemas que han sido agredidos por el hombre durante el tiempo, cambiando el concepto de destrucción que trasmite la ganadería tradicional y convirtiendo estos sistemas mediante manejo la regeneración de las plantas, los suelos y el ecosistema. En cuanto a los modelos de ganadería regenerativa encontramos los siguientes:

Estándar de pastoreo regenerativo y sustentable.

Este modelo fue desarrollado por Ovis 21 y The Nature Conservancy en la Patagonia. El uso de este sistema enfoca sus objetivos más que en los procesos, los resultados ambientales se rigen por 15 indicadores biológicos tales como: El índice de salud en los pastizales mediante la medición de la estabilidad del suelo, el ciclo del agua, ciclo de nutrientes y la dinámica con la comunidad; con el fin de producir de manera sustentable y así restaurar la salud de los pastizales con una base de ganado ovino productor de carne y lana (Cevallos O. , 2011).

Pastoreo racional Voisin.

Esta técnica de pastoreo fue diseñando en la primera mitad del siglo XX por el bioquímico y agricultor francés Adre Voisin creando un compendio de tecnología agroecológica respetuosa con el medio ambiente además de rentable, es complementado por uno de sus discípulos Luis Carlos Pinheiro quien ha sido un factor fundamental de innovación en los últimos 50 años para este tipo de manejo (Faria, 2017).

Los objetivos principales se enfocan en:

- No compactar los suelos, maximizar el proceso de fotosíntesis
- Disminuir las pérdidas de carbohidratos por respiración de las plantas (con el pastoreo rasante).
- Incrementar la cantidad de materia seca por hectárea.

- Favorecer la dominación de las especies forrajeras deseadas de acuerdo al clima y el suelo del lugar.
- Pastoreo con altas cargas y tiempos de reposo individuales.
- El depósito de excretas de máxima calidad para el desarrollo del estadio más elevado de la biocenosis (vida del suelo).

Impacto ambiental

En los últimos años ya hemos venido viendo los estragos que el cambio climático ha provocado implicaciones más profundas, tales como fenómenos meteorológicos extremos, alteraciones del ciclo del agua, acidificación de los océanos, cambios en la función y composición de los ecosistemas.

Todo este conjunto de drásticos cambios causa la formación de fenómenos naturales destructivos como huracanes, ciclones o tsunamis, las cuales provocan inundaciones. Sin contar el aumento de la temperatura las sequias prolongadas entre otros, esto a la vez está teniendo repercusiones en la disminución de productividad de la tierra debido a la sobreexplotación de los recursos naturales que afectan a la Agricultura y la Ganadería, estas dos a su vez tienen mucho que ver con el cambio climático ya que producen una gran cantidad de CO₂ al año eso sin hablar del deterioro del suelo que provocan, van erosionando las tierras, su calidad va disminuyendo haciendo que la producción disminuya.

Sin contar, “la acidificación del suelo cada día se hace mayor debido a las prácticas agrícolas, esto significa que le hemos sacado más carbono al suelo que del que debemos devolverle, por este motivo resulta muy importante saber que aún podemos aun hacerlo, retornar ese carbono al suelo.

La ganadería de carne a través de los años ha venido siendo una actividad de carácter extensivo con bajos niveles de inversión y deficiente manejo administrativo. La actividad ganadera es considerada como un renglón de suma importancia para el

desarrollo rural. Con frecuencia es cuestionada por considerarse generador de aspectos ambientales negativos (Klein, 1990).

La ganadería está involucrada en la transformación de ecosistemas naturales, generalmente por la tala y quema de bosques. La magnitud de este proceso en América Latina condujo en las décadas pasadas al señalamiento internacional de la ganadería como una gran amenaza ecológica del bosque tropical (Cevallos, y otros, 2008).

Los sistemas de producción en la actividad ganadera se enfrentan al desafío de producir combinando la rentabilidad con la protección al medioambiente, la salud humana y el bienestar animal; además, satisfacer las demandas de los transformadores y de los consumidores. En estas condiciones, los productores de leche han venido tomando una serie de medidas para adaptarse al cambio climático y producir en armonía con el medio ambiente (Zabala, 2021).

El impacto ambiental de estos sistemas fluctúa entre el desgaste absoluto e irreversible de los suelos hasta la restauración parcial de ecosistemas degradados, la desecación de humedales; la construcción de vías de penetración; la contaminación del agua y el suelo por fertilizantes sintéticos y plaguicidas, así como las emisiones de gases producidas por la quema de combustibles en el transporte terrestre y fluvial de animales vivos o sus productos (Traslaviña, 2023).

Los sistemas de producción en la actividad ganadera se enfrentan al desafío de producir combinando la rentabilidad con la protección al medio ambiente, la salud humana y el bienestar animal; además, satisfacer las demandas de los transformadores y de los consumidores. En estas condiciones, los productores de leche han venido tomando una serie de medidas para adaptarse al cambio climático y producir en armonía con el medio ambiente (Faria, 2017).

La ganadería regenerativa es un modelo de gestión sostenible, se centra en vigorizar la salud del suelo mediante la imitación del pastoreo salvaje que ejecutaban los animales, utilizándolos como biomáquinas que fertilizan y podan las plantas adecuadamente, renovando ecosistemas que han sido dañados por el mal manejo del hombre según (Savory, 2019); esta investigación se fundamenta en el seguimiento del pastoreo y como se pueden regenerar los suelos teniendo en cuenta la situación global sobre el deterioro acelerado de las praderas.

La ganadería regenerativa es una práctica holística, amigable con el medio ambiente, relativamente nueva y como su nombre lo dice, la intención es regenerar ese suelo que ha sido pastoreado de manera inadecuada por tantos años por desconocimiento del ganadero de establecer un manejo apropiado, esta práctica trae consigo múltiples beneficios, por ejemplo, ayuda a tener una producción más limpia, promueve un pastoreo adecuado con el fin de descompactar el suelo, el total aprovechamiento de la oferta forrajera, controlar las malezas sin agroquímicos, disminuir costos de inversión en insumos agrícolas y medicamentos, aumento de la capacidad de carga, mayor tiempo de recuperación y mejoramiento de la biomasa vegetal. Todo esto, traducido en un mayor aprovechamiento del suelo e incremento de la productividad y rentabilidad ganadera (Emmanouilidis, 1999).

Esta alteración del ecosistema generada por el hombre no solo afecta el suelo en su calidad o al animal en el aprovechamiento del forraje y demás recursos, sino que también se observan serias repercusiones en la salud humana tras la aplicación de herbicidas con el fin de combatir las mal llamadas “malezas” como lo es, por ejemplo, el Glifosato entre otros, que han demostrado a través de estudios científicos tener efectos cancerígenos a quienes tienen contacto directo o indirecto con este producto (Emmanouilidis, 1999).

Con el fin de proponer alternativas para un manejo ganadero que permita maximizar rendimiento sustentable por hectárea y bajo impacto ambiental se plantea el modelo

de ganadería regenerativa en sistemas de Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD) (Heckman et al., 2007).

PUAD

El PUAD se desarrolló en Zimbabue en 1995 y empezó a utilizarse en Estados Unidos en 2006 y en México en 2007. Es el resultado de una mezcla por parte de Johann Zietsman de dos manejos establecidos por Andre Voisin (pastoreo racional voisin) y por Allan Savory (manejo holístico), obteniendo esta práctica como una alternativa para el estímulo de voracidad por competencia y en consecuencia un consumo total del pasto (Gonzalez, 2019).

Este tipo de pastoreo maneja altas cargas instantáneas de ganado, las cuales pueden llegar a 500 vacas/ha, moviendo constantemente a los animales a espacios reducidos en un corto periodo de tiempo. Esto hace que el animal disminuya la selectividad e incremente el consumo forrajero, en donde al mismo tiempo disminuya la calidad del forraje consumido, este es compensado por el mayor consumo que realizan (Gonzalez, 2019).

En muchas ocasiones se ha usado para temporalmente limpiar los potreros de malezas o también, para romperlos ciclos biológicos de plagas como el salivazo en los pastos (Gonzalez, 2019).

Este sistema supone sus bases en el Pastoreo Racional Intensivo (PRI) y en las leyes universales de pastoreo Racional de Voisin. Westman (1990) Pimentel y colaboradores, han recopilado una serie de principios ecológicos que contribuyen a una producción agropecuaria y forestal más sostenible, al tiempo que mantienen cierta diversidad biológica (Montoya, 2019).

Ventajas del PUAD

1. Aumentar la forma en que se aprovechan los alimentos para el ganado.

2. Evitar la cantidad de pasto lignificado (antiguo) para el siguiente ciclo de pastoreo.
3. Extender los ciclos de rotación para que las plantas puedan alcanzar su máximo rendimiento.
4. Distribución de las excretas de manera más equitativa.
5. Optimización del flujo de nutrientes.

Conjuntamente aumentan la cantidad y calidad del forraje en pastoreos secuencial usando el ganado para producir más forraje año tras año obteniendo mayores utilidades/ha (Ramírez Jiménez, 2023).

Entre las ventajas del sistema de pastoreo de ultra alta densidad (PUAD) se encuentra el incremento en la eficiencia de utilización de los forrajes, la prevención de dejar forraje viejo para la próxima rotación, la posibilidad de tener rotaciones más largas que permiten a las plantas expresar su potencial, la uniformidad en la distribución de las excretas (que actúan como fertilizante), una mejor aireación del suelo, un mayor reciclaje de nutrientes y el aumento en la cantidad de microorganismos del suelo. La ganadería ecológica se basa en el desarrollo de sistemas productivos que sean respetuosos con el medio ambiente y el bienestar animal, utilizando de manera sostenible los recursos naturales (Younie et al., 2004, citado por Muñoz, 2014).

Aplicación

El PUAD se aplica por franjas (predios hasta de 19 franjas), lo cual va a depender de las condiciones de cada predio. En esta forma de pastoreo se pueden llegar hacer de dos hasta ocho cambios al día, pero se van a presentar variaciones por el clima, la topografía o al llenado de los animales. Estos cambios se obtienen mediante observación y de acuerdo al consumo tradicional del ganado (Maldonado, 2021).

En el PUAD se recomiendan hacer los cambios más pequeños en la mañana porque el consumo es menor, y a medida que avanza el día, se hacen más grandes. Cabe recalcar que todos los predios son diferentes tanto en condiciones físicas como químicas, por lo tanto, se deben manejar estos principios para la aplicación del PUAD. Donde la finalidad de la cerca eléctrica móvil imita el comportamiento de un depredador (Ramírez Jiménez, 2023).

Bajo el PUAD, el ganado siente la presión de la cerca que se cierra a su paso y que no hay opción más que alimentarse de los diversos forrajes que están frente a sus ojos. Cuando el ganado pastorea por poco tiempo en altas densidades deja de seleccionar lo que come, simplemente lo devora y corta a fondo las plantas que tiene delante. De esta manera se activa nuevamente el proceso fotosintético, de las plantas que es el sistema más eficiente de fijación de carbono en el suelo. Los ganaderos mueven los hatos de un potrero a otro utilizando cercas eléctricas móviles y emplean un sistema de mangueras y bebederos portátiles para garantizar una disponibilidad de agua constante (Maldonado, 2021).

Eficiencia del sistema

Este tipo de pastoreo incrementa la eficiencia de utilización, mejora el potencial del crecimiento de la planta y el ciclo de nutrientes del suelo donde se visualiza una regeneración del suelo por la acumulación de MO, generando la aparición de especies gramíneas en letargo y especies arbóreas del lugar disminuyendo los impactos negativos hacia el medio ambiente. Por otro lado, las plantas que no fueron consumidas serán pisoteadas por las vacas, con lo cual se logra una limpieza de forma natural que logra renovar la pastura o para aquellos potreros que necesitan eliminar la maleza (Ramírez Jiménez, 2023).

Este método se orienta hacia la adaptación de los animales al entorno, evitando comportamientos humanizados que puedan perturbar los ciclos naturales del ecosistema. Al implementar esta práctica, se logra una disminución progresiva en los gastos asociados a concentrados, maquinaria, fertilizantes e insumos agropecuarios, lo cual resulta beneficioso para los productores de tamaño pequeño y mediano (Emmanouilidis, 1999).

El trabajo de investigación de Esneda Montoya Quintero propone la implementación de un sistema conocido como PUAD (Pastoreo de Ultra Alta Densidad) como una alternativa de gestión ganadera que busca lograr el máximo rendimiento por hectárea con un impacto ambiental mínimo. Este modelo de ganadería regenerativa se basa en el sistema de pastoreo PUAD, el cual fue desarrollado por el biólogo zimbabuense Allan Zabory. Zabory identificó las causas de la degradación y desertificación de los ecosistemas de pradera (potreros de pastizales) y creó este sistema de pastoreo con el objetivo de que el ganado imite el comportamiento de los rebaños de animales salvajes que pastorean en la naturaleza (Montoya, 2019).

La investigación de Esneda Montoya Quintero titulada "Diseño de un Sistema de Pastoreo de Ultra Alta Densidad en Ganadería Regenerativa en la Finca San Pedro, Municipio de Victoria, Caldas" propone una alternativa a la ganadería extensiva que busca generar mayores beneficios económicos, reducir el impacto ambiental y aumentar la capacidad de carga de las fincas sin necesidad de ampliar el espacio o tamaño de los potreros existentes. Esta alternativa se basa en la ganadería regenerativa utilizando el sistema PUAD (Pastoreo de Ultra Alta Densidad) (Montoya, 2019).

El PUAD fue concebido en Zimbabue en el año 2001 y se introdujo por primera vez en Estados Unidos en 2006, extendiéndose luego a México en 2007. Este método se centra en maximizar la utilización de las áreas de pastoreo al fomentar la competencia entre el ganado, independientemente de su edad, lo que los vuelve más voraces y los impulsa a consumir toda

la vegetación disponible en el potrero. Como resultado, las plantas no consumidas son aplastadas por el pisoteo (Montoya, 2019).

Con el paso de los años, ha habido un incremento en la producción ganadera mediante la optimización del uso de las pasturas, lo que ha facilitado la transición de un sistema de pastoreo extensivo a uno más intensivo. Dentro de estas modalidades se encuentran el pastoreo rotacional Voisson y el Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD). En este último, se ejerce una intensa presión de pastoreo sobre los animales, con una elevada densidad de animales por hectárea durante períodos de tiempo muy breves, llegando incluso a 500 animales por hectárea en una carga instantánea (Medrano Galarza, Zuñiga Lopez, & García Castro, 2020).

Enfoque y finalidad del sistema

El enfoque del sistema PUAD y la ganadería regenerativa tiene como objetivo reducir la dependencia de agroquímicos como pesticidas, herbicidas, fungicidas y vermífugos, promoviendo así la sostenibilidad y el desarrollo saludable del suelo, así como su interacción con las plantas y los animales (Montoya, 2019). A pesar de que el sistema PUAD es relativamente nuevo en términos de gestión ganadera, ha sido adoptado en varios países del mundo, incluyendo México y Cuba, como una alternativa para mejorar la producción lechera de manera eficiente y competitiva a niveles moderados (Alonso, A, y otros, 2022).

Es esencial examinar el temperamento de los animales durante las actividades cotidianas, como el ordeño, vacunaciones y desparasitación, ya que esto está estrechamente relacionado con la calidad del manejo (Marçal-Pedroza, M. G., y otros, 2020). Por esta razón, se puede integrar la evaluación del temperamento durante las rotaciones diarias del sistema PUAD, para observar cómo responden al contacto directo y continuo con el cuidador (Cevallos O. , 2011).

El pastoreo de ultra alta densidad (PUAD) representa un sistema de ganadería regenerativa que implica que los animales pastorean en un nivel muy cercano al suelo. Aunque este enfoque puede resultar en una disminución de la calidad del alimento consumido, se observa un aumento en la cantidad debido a la competencia entre los animales. Este método de pastoreo se enfoca en garantizar la rentabilidad para el ganadero al fomentar la adaptación de los animales al entorno, evitando comportamientos antropomórficos que podrían interferir con los ciclos naturales del ecosistema. Además, con este enfoque se logra una reducción gradual de los costos asociados con concentrados, maquinaria, fertilizantes e insumos agropecuarios, lo cual beneficia especialmente a los productores pequeños y medianos. La implementación del PUAD tiene como objetivo detener la industrialización de las producciones ganaderas para mejorar la reputación del ganado vacuno en relación con el calentamiento global. Al seguir cerca la implementación del PUAD, se establece una base para que el sector ganadero se aleje del sistema de producción tradicional y se centre en mejorar la rentabilidad y reducir el impacto ecológico negativo, definiendo criterios evaluables para la implementación individualizada de este sistema (Faria, 2017).

Dependiendo de las características específicas de las zonas rurales, esta técnica puede recibir diversos nombres, como, por ejemplo: Pastoreo Intensivo no selectivo (PINS), Pastoreo Total, Pastoreo de Ultra Alta Densidad y Pastoreo No Selectivo. El Pastoreo Rotacional suele estar asociado con condiciones de explotación intensivas, pudiendo incluir un elevado número de subdivisiones, lo que se denomina pastoreo de "alta densidad" o "corta duración". Esto se debe a que las áreas más reducidas de cada subdivisión determinen una alta densidad de animales por unidad de área, con períodos cortos de ocupación de cada subdivisión y cargas instantáneas elevadas, definidas como el número de Unidades de Ganado Mayor (UGM) por hectárea en un día (UGM/ha/d) (Rojas, I., M.H. Baddi, A. Guillen,, M. García , & J.L. Abreu. , 2018).

Mediante el PUAD, se busca reproducir el efecto manada observado en África, donde los animales se desplazan en grupo constantemente en busca de nuevas pasturas. Este

enfoque se asemeja al comportamiento natural de las manadas africanas, que se mueven en respuesta a la presión de los depredadores. En el PUAD, esta dinámica se emula utilizando cercos eléctricos, y el pastor desempeña el papel de dirigir el rebaño, imitando así la función del depredador. Esta estrategia garantiza que los animales se muevan de manera constante, ya que están confinados en lotes, y requieren la supervisión activa de un pastor, cuya cantidad dependerá del tamaño del rebaño. El pastor estará encargado de realizar los ajustes necesarios a lo largo del día para mantener el flujo constante del rebaño (Traslaviña, 2023).

El excremento y la orina de los animales contribuyen a la regeneración del suelo. Por ejemplo, si asignamos 10 metros cuadrados por animal, en una hectárea con 100 animales, tendríamos aproximadamente 2000 kg de estiércol por día, considerando que un animal adulto produce entre 20 y 25 kilogramos de estiércol diariamente. Esta cantidad de estiércol actúa como abono para el terreno. Además, teniendo en cuenta que un animal adulto puede producir entre 10 y 15 litros de orina al día, la cantidad de orina también es significativa. Con 100 animales en una hectárea, se genera una gran cantidad de orina, lo que elimina la necesidad de agentes externos, como una biofábrica, para fertilizar los lotes. En resumen, el terreno se fertiliza naturalmente con las excretas de los animales, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles (Serna & Duarte, 2023).

Beneficios al suelo

La incorporación de una gran cantidad de materia orgánica al suelo puede ayudar a reducir e incluso detener los impactos ocasionados por los gases de efecto invernadero. El suelo desempeña un papel fundamental en la regulación del clima del planeta y, después de los océanos, constituye el segundo depósito más grande de carbono. Durante el proceso de retención de dióxido de carbono, se utiliza una parte considerable de la materia orgánica presente en el suelo. De esta manera, el carbono orgánico, que hace referencia a la materia orgánica disponible en el suelo, representa aproximadamente dos tercios del carbono almacenado en los ecosistemas (Traslaviña, 2023).

La agricultura y la ganadería pueden provocar la compactación del suelo, pero mediante la implementación del Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD), se busca mejorar la estructura del suelo favoreciendo la agregación de partículas. Este proceso de rompimiento del suelo facilita que recupere su capacidad de retener agua, creando una estructura similar a una esponja, con una composición sólida, pero con espacios porosos que permiten la absorción de nutrientes, agua y la actividad de microorganismos e insectos beneficiosos para el ecosistema. . Por ejemplo, escarabajos, ciempiés y lombrices desempeñan un papel crucial en este proceso, contribuyendo así a mejorar la fertilidad del suelo (Traslaviña, 2023).

Los animales, al estar juntos en el Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD), desarrollan una mayor eficiencia en el aprovechamiento del forraje, evitando el desperdicio. Esta eficiencia surge de la competencia entre ellos, lo que les impulsa a consumir el forraje disponible antes de que lo haga otro animal. Esta dinámica reduce la selectividad de los animales y se traduce en un aumento de peso, lo que resulta beneficioso tanto para vacas lecheras como para aquellas de doble propósito. El objetivo es maximizar la rentabilidad al reducir los insumos y seleccionar animales que se adaptan bien al pastoreo, minimizando así el uso de productos químicos y haciendo que la producción sea más rentable para los productores (Hernández, Arellano, & Solís Olguín, 2023).

Leyes del sistema de Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD)

Ley del Reposo

Para que el pasto cortado por el animal de su máximo de productividad es necesario que haya pasado el tiempo suficiente que permita al pasto almacenar en sus raíces las reservas necesarias para un inicio de rebrote vigoroso.

Ley de la Ocupación

El tiempo de ocupación de una parcela debe ser lo suficientemente corto como para que un pasto cortado a diente el primer día no sea cortado nuevamente por el diente del animal antes que este deje la parcela. Se evidencian áreas con largos periodos de ocupación (15 días) y periodos cortos de descanso para el estado de las pasturas (50 días). El diseño de PUAD en ganadería regenerativa propone un pastoreo rotacional teniendo en cuenta técnicas eficientes del manejo de pasturas basados en principios de fisiología vegetal y las necesidades nutricionales de los animales como el consumo de forraje y otros aspectos contemplados en las leyes universales del pastoreo creadas por André Marcel Voisin. Considerando el acto de hacer pastar como el de satisfacer plenamente las necesidades del pasto y del vacuno con el fin de posibilitar el máximo rendimiento entre ambos. Se establece una relación entre el vacuno y el pasto. En PUAD permite carga instantánea con periodos muy cortos de ocupación y mayores días de reposo lo que permite recuperación de las praderas para ser aprovechadas en su tiempo óptimo, permitiendo que se exprese su máximo desarrollo y perennidad (Vageon, 2022).

Ley de los Rendimientos Máximos

Es necesario ayudar a los animales con exigencias alimenticias más elevadas para que puedan cosechar la mayor cantidad de pasto y para que este sea de la mejor calidad posible. Es necesario como ganaderos decidir donde pastorean los animales pues nosotros sabremos donde estará la mejor parte y teniendo en cuenta que el pasto en cada potrero no se recuperará todo al mismo tiempo de igual manera. De esta tercera ley se desprende una famosa práctica que se llama despunte y repaso donde el 30% del lote con mayores nutricionales pasan a despuntar y el otro 70% pasaría a repasar (Vageon, 2022).

Ley de Rendimiento Regular

Para que una vaca pueda dar rendimientos regulares es necesario que no permanezca más de tres días una misma parcela. Los rendimientos serán máximos, si la vaca no permanece más de un día en una misma parcela. Es lógico que el rendimiento sea en leche o en ganancia de peso se verá disminuido conforme pasen los días pastoreando en un mismo potrero. Para obtener un mayor rendimiento, estas leyes deberían ser implementadas en cualquier tipo de producción ganadera (Vageon, 2022).

Metodología

Ubicación del lugar de la investigación

Ubicación política

País: Ecuador

Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas

Cantón: Santo Domingo de los Colorados

Parroquia: Luz de América

Sector: Hacienda Zoila Luz (Km 24 vía a Quevedo)

Ubicación geográfica

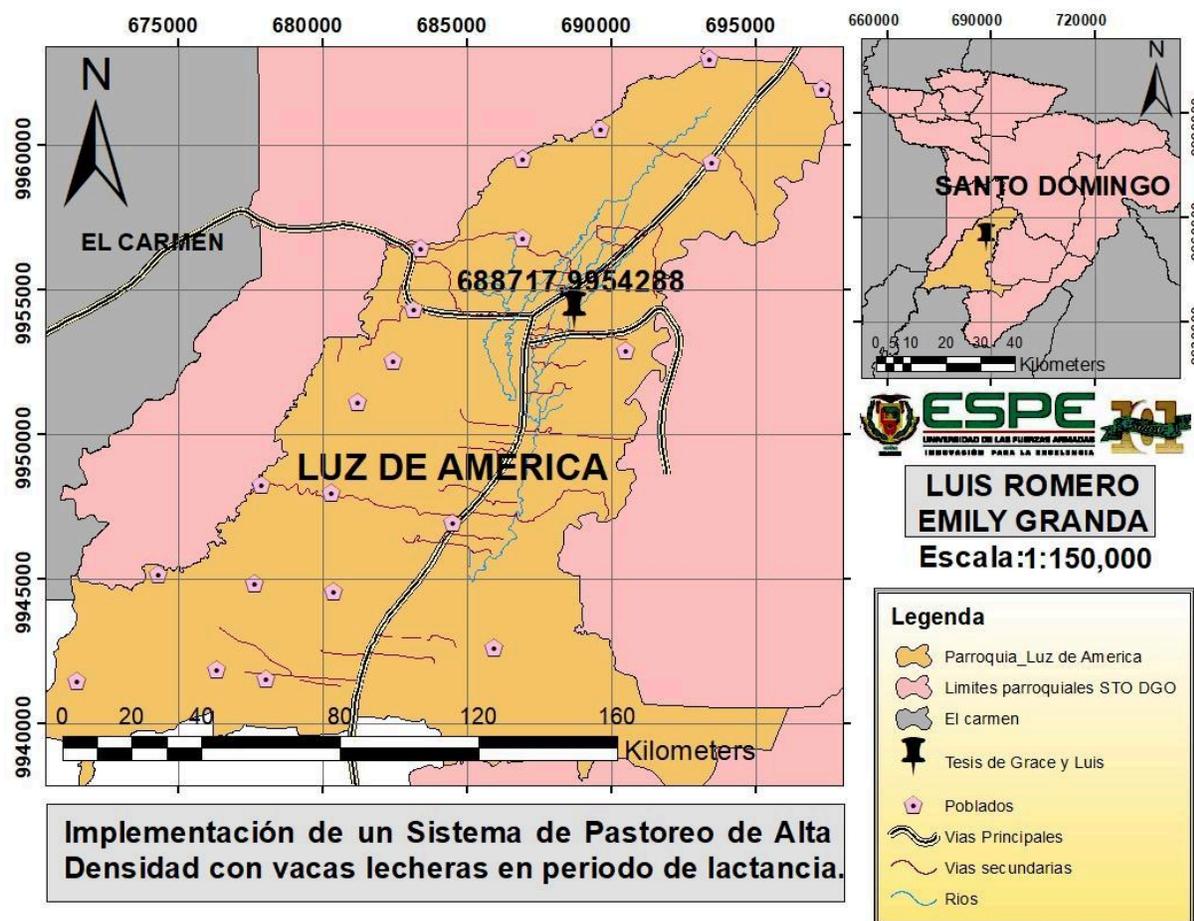
La presente investigación se llevó a cabo en la Hacienda Zoila Luz, en el área de Ganadería de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE, ubicada en el km 24 de la vía a Quevedo, parroquia Luz de América, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas.

Latitud: 00°24'57"

Longitud: 79°18'38"

Figura 1

Mapa de la ubicación geográfica del sector donde se realizó el estudio.



Nota: Ubicación geográfica del lugar donde se realizó el estudio.

Ubicación ecológica

Zona de vida: Bosque húmedo Tropical (bh-T)

Altitud: 271 m.s.n.m.

Temperatura: 24,6 ° C

Precipitación: 2870 mm/año

Humedad relativa: 89%

Heliofanía: 660 horas luz/año

Materiales

Tabla 1

Descripción de los materiales empleados en el sitio de estudio donde se llevó a cabo la investigación.

Equipos	Insumos	Muestras
Balanza gramera	Machete	Pasto
Cuadrante 50x50 cm	Fundas de papel cartón	
Panel solar	Rollo de cinta eléctrica	
Computadora	Libreta de campo	
Cámara fotográfica	Cita métrica	

Fuente: Elaboración propia.

Métodos

En el presente ensayo se empleó un sistema PUAD en la ganadería de la Hacienda Zoila Luz, con la finalidad de verificar la eficiencia que efectúa sobre el manejo de las pasturas. El cual inició el 23 de noviembre de 2023 y finalizó el 2 de febrero de 2024, con un total de 72 días, de los cuales 52 días de manejo con el sistema PUAD.

Técnicas

Manejo específico del experimento: fase de campo

Colocación de cerca eléctrica. Se instaló un panel solar con la capacidad de ejercer energía eléctrica hasta 30 km de distancia. También, a dos metros de altura se colocó un alambre alrededor de los potreros, con la finalidad de conectar la cinta eléctrica y transmitir la energía. La cinta eléctrica fue colocada en un dispositivo que enrolla para facilitar su uso.

Áreas de Pastoreo. La Hacienda Zoila Luz tiene varias hectáreas de terreno ondulado, dedicadas a la ganadería, que están subdivididas en 28 áreas delimitadas por cercas de púa

perimetrales de tres a cuatro cuerdas con diferente área cada una. Estas áreas están cubiertas en mayor parte por pasto *Brachiaria decumbens* y en menor parte por pasto Saboya (*Panicum máximum*).

Hato Bovino. El estudio inició con 29 vacas mestizas y 1 toro Gyr, el mismo que finalizó con 21 vacas en ordeño, 1 toro Gyr y 1 torete Gyr. Los animales faltantes pasaron al área de secado (reposo). Reciben dos ordeños diarios, el primero a las 7:00 am y el segundo a las 2:00 pm.

Manejo del hato bovino. Todos los días las vacas eran recibidas a las 8:00 am, después del primer ordeño. Luego, fueron destinadas al primer potrero (P9), donde se comenzó suministrando $10\text{ m}^2/\text{animal}$, con tres cambios de cinta eléctrica, es decir, $30\text{ m}^2/\text{animal/día}$. Al día 11 de manejo, se incrementó el área a $12\text{ m}^2/\text{animal}$, con tres cambios, es decir, $36\text{ m}^2/\text{animal/día}$. Al día 19 de manejo, se incrementó el área a $25\text{ m}^2/\text{animal}$ y disminuyó el número de cambios a dos por día, es decir, se suministró, $50\text{ m}^2/\text{animal/día}$. Los animales pastoreaban 5 horas al día. Después de este periodo de tiempo, el ganado bovino es trasladado a la sala de ordeño. Finalmente, después del ordeño el hato es ubicado en potreros cercanos por motivo de inseguridad de la zona.

Toma de muestras del pasto. Se realizaron tomas de muestras del pasto de cada potrero, tanto a la entrada de los animales (Pre-pastoreo), como a la salida de estos (Post-pastoreo), con ayuda de un cuadrante de 50x50 cm, se realizaron cinco lanzamientos al azar, obteniendo una muestra homogénea de pasto del potrero correspondiente, donde se midió la altura de la pastura, se contó el número de hojas y, con una gramera se pesó la muestra de pasto en fresco, la cual fue introducida en la funda de papel y, finalmente, trasladada a laboratorio para su respectivo secado.

Fase de Diagnóstico. El diagnóstico del hato ganadero se llevó a cabo mediante recorridos de observación del comportamiento de los animales cuando se les fraccionaba el

área de pastoreo y, a su vez, se contaron las veces que las vacas realizaban bocados durante un minuto.

Manejo específico del experimento: fase de laboratorio

Secado de muestras de pasto. Las muestras de pasto recolectadas fueron secadas en la estufa de laboratorio. Una vez seca, se pesan por separado las hojas, los tallos, el tejido necrosado y la maleza presente.

Materia seca. Se determinó el porcentaje de materia seca de las muestras de pasto en el laboratorio. Se procedió a pesar la muestra inicialmente, luego se llevó a cabo el secado de la muestra a una temperatura constante y predefinida. Una vez que la muestra estuvo completamente deshidratada, se permitió que se enfriara en un desecador para prevenir la absorción de humedad del entorno, y posteriormente se realizó una segunda medición de su peso. La materia seca se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\%MS = 100 - HT$$

Donde:

HT = Humedad total

MS = Materia seca

Diseño

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis descriptivo para resumir y describir los datos mediante medidas de tendencia central, dispersión y distribución. Con la finalidad de comprender, resumir y visualizar los datos de manera clara y concisa.

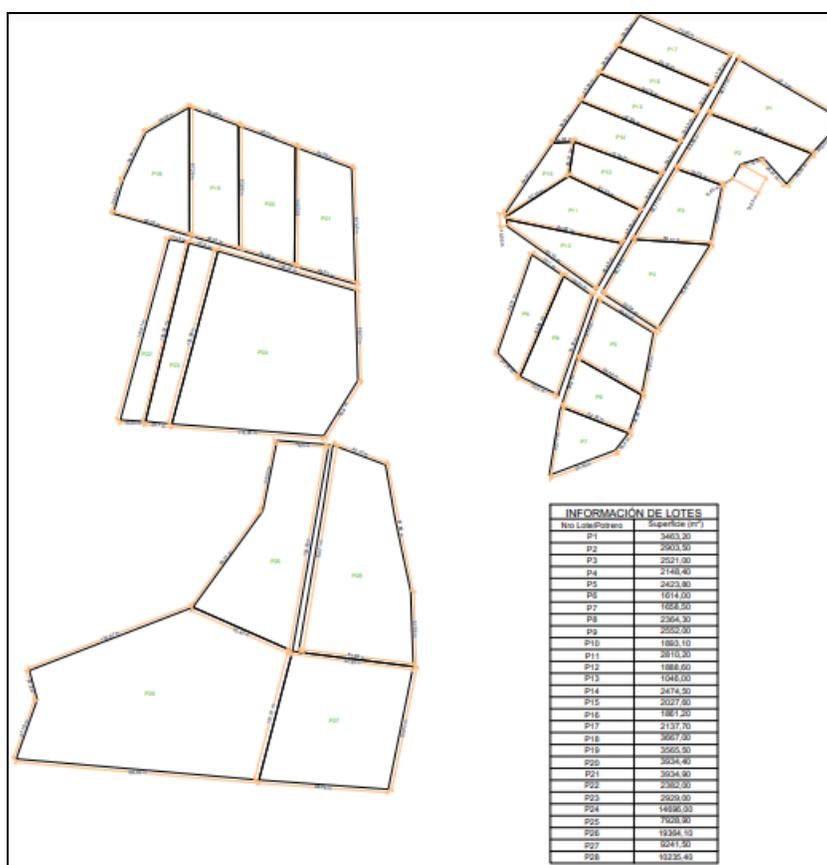
Características de la unidad experimental

En el presente estudio se manejaron 28 potreros delimitados, los cuales tenían áreas desde 1046 m^2 hasta $10235,40 \text{ m}^2$.

Croquis del ensayo

Figura 2

Croquis de distribución de los potreros utilizados para el ensayo.



Nota: Distribución de los 28 potreros, con su respectiva área (elaboración propia).

Análisis Funcional

Se empleó la prueba de Fisher, con un nivel de significancia del 5%, para realizar la comparación de las discrepancias significativas entre las variables investigadas.

VARIABLES ESTUDIADAS

Altura de planta. Se registró la altura inicial en centímetros de diez plantas seleccionadas al azar en cada lanzamiento del cuadrante, se midió desde la base del tallo hasta el extremo de la última hoja del pasto, utilizando una cinta métrica. Estas mediciones se efectuaron diariamente del potrero correspondiente.

Número de hojas. Se llevó a cabo el control del número de hojas en 10 plantas, junto con la medición de la altura, del potrero utilizado en el día.

Porcentaje de hojas. Una vez obtenida la muestra representativa, en laboratorio se separan las hojas de los tallos en cada muestra recolectada. Luego se pesa por separado las hojas y los tallos obtenidos de cada muestra. Finalmente, se realizó el cálculo del porcentaje de hojas aplicando la siguiente fórmula:

$$\%hojas = \frac{\text{Peso total de las hojas}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

Se repitió el mismo cálculo para cada muestra obtenida en campo.

Porcentaje de tejido muerto. Una vez obtenida la muestra representativa, en laboratorio se separa todo el tejido muerto en cada muestra recolectada. Luego se pesa por separado el tejido vivo y el tejido muerto obtenido de cada muestra. Finalmente, se realizó el cálculo del porcentaje de tejido muerto en cada muestra aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{tejido muerto} = \frac{\text{Peso del tejido muerto}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

Relación hoja/tallo. Una vez seleccionada al azar una muestra representativa de los potreros correspondientes, en laboratorio, se separó cuidadosamente las hojas de los tallos en cada muestra recolectada. Seguidamente, se pesaron ambas partes y finalmente, se calculó la relación hoja/tallo en cada muestra, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Hoja/Tallo} = \frac{\text{Peso total de las hojas}}{\text{Peso total de los tallos}}$$

Porcentaje de materia seca. Una vez selecciona la muestra representativa de interés, se registró el peso fresco inmediatamente después de cortarla. Una vez seca se dejó enfriar en un desecador para evitar la absorción de humedad, seguidamente se registró nuevamente su peso. Finalmente, se calculó el porcentaje de materia seca en cada muestra, con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia seca} = \frac{\text{Peso seco de la muestra}}{\text{Peso fresco de la muestra}} * 100$$

Producción de materia seca. La muestra representativa de pasto fresco obtenida fue pesada inmediatamente después de cortarla. Después, se colocó cada muestra diaria en la estufa a una temperatura constante y conocida, generalmente alrededor de 60-70°C hasta que estuvieron completamente secas. Luego, se registró el peso de cada muestra nuevamente para obtener su peso seco. Finalmente, se aplicó la siguiente fórmula para calcular la producción de materia seca por hectárea:

$$\text{Materia seca} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Peso seco total de las muestras}}{\text{Número total de las muestras}} * \text{área total (ha)}$$

Tasa de bocado. Al momento de ingresar las vacas al potrero con el área delimitada anteriormente, se observaron a diez vacas durante un minuto cada una, con la finalidad de contabilizar el número de bocados que realizaban al pasto en el tiempo determinado. De la

misma forma, al momento de realizar los cambios de cinta eléctrica donde se les suministraba más pastura.

Producción de leche diaria. Esta variable fue consultada directamente de los responsables del ordeño mecánico, se registró la producción de la mañana y de la tarde, con su respectivo número de vacas ordeñadas al día.

Resultados

El desarrollo del ensayo cumplió de manera parcial lo sugerido por Johann Zietsman, el cual supone sus bases en las teorías universales del Pastoreo Racional.

Durante el desarrollo del ensayo se realizaron ajustes de acuerdo a las necesidades y oportunidades que proveía el ambiente de pastoreo PUAD. Tal como menciona (Maldonado, 2021) es evidente la regeneración de las praderas por la acumulación de materia orgánica y la acción de microorganismos, minimizando impactos ambientales negativos y maximizando aspectos productivos. Así, el aumento en la oferta forrajera resulta en un incremento de la carga animal y los días de consumo por área de pastoreo.

(Montoya, 2019) menciona que el enfoque principal de este sistema se centra en evitar la compactación del suelo. También busca optimizar el proceso de fotosíntesis y con ello reducir la pérdida de carbohidratos por respiración de las plantas, mediante un pastoreo más rasante. Uno de los objetivos de este sistema es el aumentar la cantidad de materia seca por hectárea, tomando en cuenta que en un sistema de producción de leche a pastoreo se debe optimizar al máximo su producción. Sin embargo, en el presente ensayo se redujo la cantidad de materia seca (a 4200-4000 Kg/MS/ha) disponible en los potreros establecidos, ya que estos evidenciaban niveles que alcanzaban 7000 kg MS/ha. Según lo documentado por Klein (1990), esta acumulación superaba sustancialmente el rango óptimo de biomasa al pastoreo, establecido en un intervalo de 2,200 a 2,500 kg MS/ha, necesario para sostener una producción láctea elevada en sistemas de explotación ganadera basados exclusivamente en el consumo de forraje directo, sin la complementación de concentrados o suplementos. Así mismo, este sistema permitió realizar un pastoreo con altas cargas animales y tiempos de descanso suficientes entre potreros, lo que supuso la deposición de excretas de alta calidad que estimulan la vida del suelo y el desarrollo de su biocenosis, es decir, la comunidad de organismos vivos que lo habitan.

Ahora bien, la implementación del sistema PUAD también influyó positivamente en parámetros de la pastura, como la altura de planta y número de hojas, los cuales se redujeron a niveles óptimos para aprovechar la calidad nutricional del pasto oportunamente. Con esto, los porcentajes de hoja y tejido muerto y la relación hoja-tallo, también alcanzaron niveles adecuados para el consumo animal eficiente.

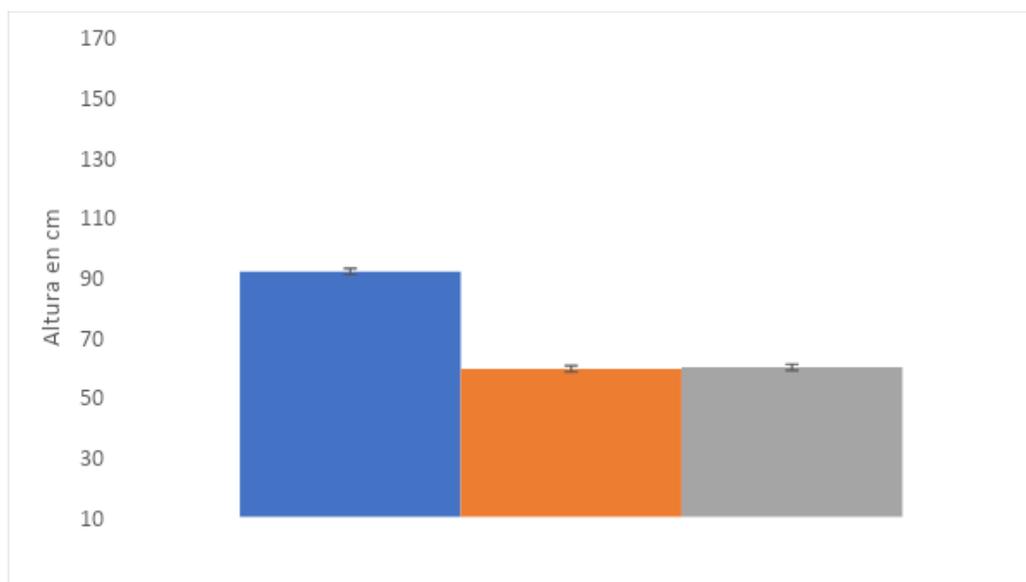
De esta manera se presenta a continuación los resultados obtenidos en variables de interés productivo, bajo el sistema PUAD.

Parámetros de la pastura

Altura de planta

Figura 3

Altura de planta en relación al número de pastoreo.



Nota: ADEVA de altura de planta en relación al número de pastoreo. Factor Pastoreo ($p < 0,0001$), $R^2 = 0,57$; $CV = 20,52\%$.

Como se observa en la figura 3, la altura en cm del pasto fue mayor en el primer pastoreo, ya que al inicio del ensayo los potreros fueron muestreados en las condiciones que

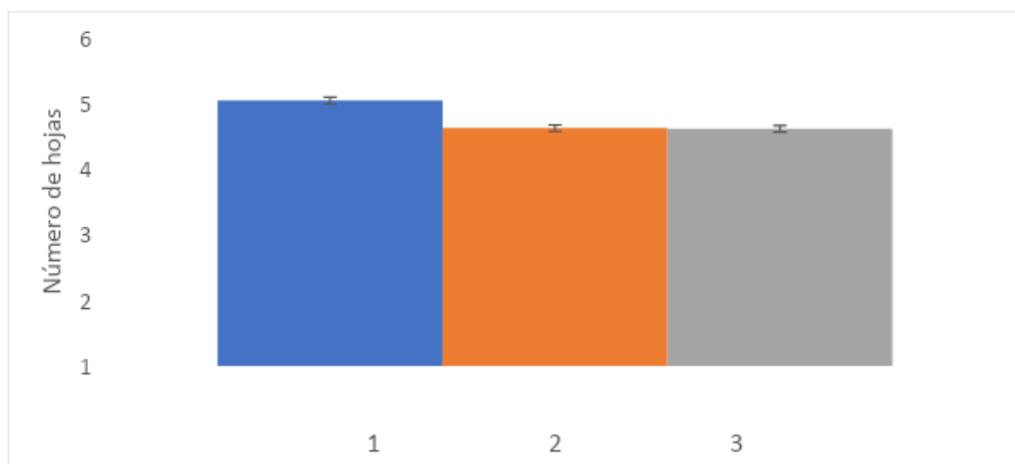
se mantenían bajo el manejo convencional. Estos potreros alcanzaban alturas de más de 90 cm, pastura en estado moderado de lignificación. En esta altura el pasto se encuentra por encima del rango óptimo para el consumo animal, ya que según (Gonzalez, 2019), este pasto se utiliza con una altura de 30-40 centímetros ya que con esas características se considera una pastura tierna y de excelente calidad. Ya en el segundo y tercer pastoreo, se redujo la altura del pasto lo que es deseable para mejorar el consumo de los animales, ya que, como indica (García, 2018), la altura del pasto resuelve el problema que tienen los bovinos por no tener dientes superiores, ya que les permite recolectar más cantidad de forraje y por lo tanto alimentarse mejor.

Por esta razón, no es recomendable que los animales coman pasto con una altura inferior a los 20 cm, como suele ser común en muchos sistemas productivos. De esta manera en el segundo y tercer pastoreo, se logró reducir la altura de pasto a la entrada de los animales, obteniendo valores de 59 y 60 cm respectivamente, lo cual no refleja una diferencia estadística significativa entre esas alturas, pero si al compararla con la del primer pastoreo. Aunque las alturas obtenidas en este ensayo están por encima del rango óptimo, se pudo mantener el pasto con una buena densidad, teniendo más cantidad de forraje que el obtenido en pasturas ofrecidas a una altura más baja.

Número de hojas por tallo

Figura 4

Número de hojas por tallo en relación al número de pastoreo.



Nota: ADEVA de número de hojas en relación al número de pastoreo. Factor Pastoreo ($p < 0,0001$), $R^2 = 0,19$; CV = 14,44%

Del mismo modo, en el primer pastoreo se tuvo mayor número de hoja ya que se evaluó esta variable bajo las condiciones de manejo convencional. Así, bajo el mismo criterio que menciona (Gonzalez, 2019), se consideró para el segundo y tercer pastoreo, pastorear a menor número de hojas, ya que como sugiere (CONtextoganadero, 2014), el conteo de hojas permite el máximo aprovechamiento de nutrientes, ya que este varía según el forraje. Del mismo modo (Luna, 2018), afirma que cada tallo o rebrote de un pasto forrajero tiene un número fijo de hojas verdes que puede mantener. Cuando brota una hoja nueva, comienza a morir la hoja más vieja. Conocer cuántas hojas verdes puede tener un tallo de determinada especie de pasto ayuda a definir el mejor momento para cortarlo o pastorearlo.

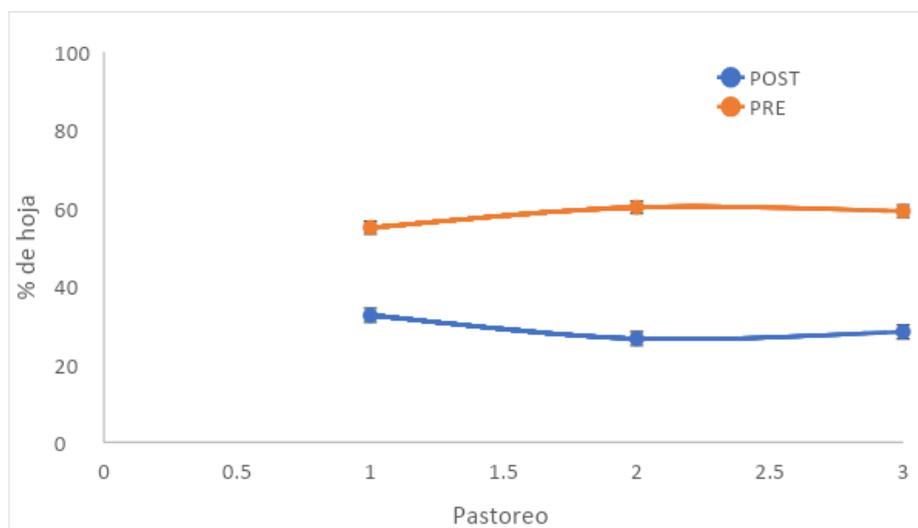
Sin embargo, el ambiente, como las condiciones climáticas, también puede influir en ese número de hojas por tallo. Así, (Luna, 2018) concluyó en cultivar del mismo género, el momento óptimo de cosecha está entre 3 y 4 hojas por tallo. Estos valores sitúan el resultado obtenido en este ensayo, por encima del rango óptimo para el consumo de los animales. Sin embargo, en el

mismo estudio se reporta que la mayoría de los macollos mantienen sus hojas verdes o vivas hasta la quinta hoja.

Porcentaje de hoja

Figura 5

Relación de porcentaje de hoja en relación al número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo



Nota: ADEVA de porcentaje de hoja en relación al número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo. Factor Pre/Post ($p < 0,0001$), $R^2 = 0.84$; CV = 14,70%.

De acuerdo al ADEVA, existe un efecto altamente significativo entre el porcentaje de hoja post-pastoreo, ya que es significativamente menor que el porcentaje de hoja pre-pastoreo. Es decir, previo al ingreso de los bovinos al potrero el porcentaje de hoja fue mayor, debido al rebrote del pasto. Mientras que posterior al pastoreo, el porcentaje de hoja disminuyó, debido al consumo animal. Esta variación en la proporción de componente foliar obedece a que la fracción preferentemente consumida por los ruminantes durante el pastoreo corresponde al área foliar. Como consecuencia de la conducta alimenticia selectiva, posterior a la remoción del forraje mediante el pastoreo, se produce una disminución significativa del porcentaje de biomasa foliar remanente, ya que en el residuo post-pastoreo prevalece la porción de tallo, la

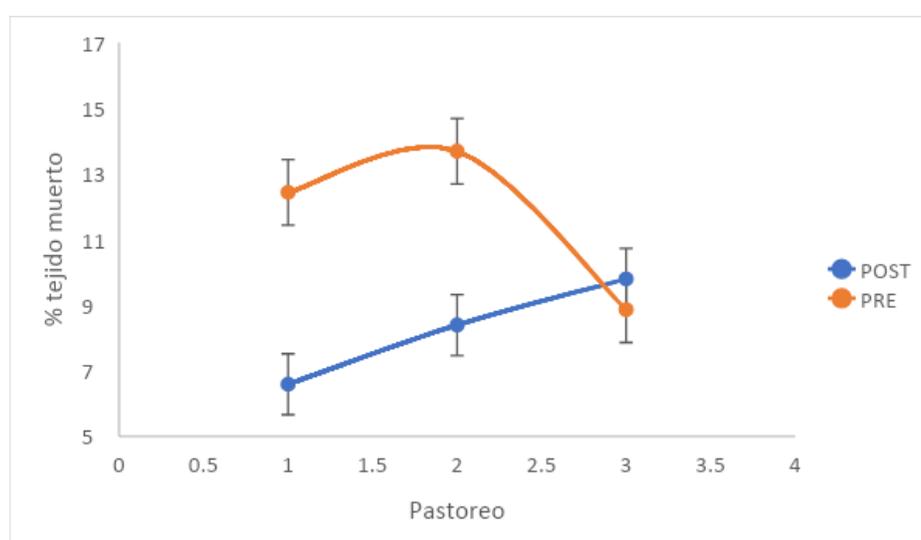
cual resulta útil para propiciar un rebrote vigoroso en el siguiente ciclo de crecimiento. Aunque estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre los porcentajes de hoja entre pastoreo, es importante señalar que, al primer pastoreo, el porcentaje de hoja fue menor (54,9%) que en el segundo y tercer pastoreo (60,18% y 59,18% respectivamente).

En esta ligera diferencia numérica, más no estadística, se puede evidenciar que el pasto al primer pastoreo presentaba mayor madurez y por ende mayor crecimiento de tallo. Así mismo, esta madurez se ve reflejada en el porcentaje post-pastoreo, el cual también fue mayor numéricamente. Otros autores, como (Ramírez, Herrera, Leonard, Verdecia, & Álvarez, 2010) reportaron porcentajes similares a los obtenidos en este ensayo, con 60 a 80% de hoja a los 30 días de rebrote, en condiciones de periodo lluvioso.

Porcentaje de tejido muerto

Figura 6

Relación de tejido muerto en relación al número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo.



Nota: ADEVA de relación de tejido muerto en relación al número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo. Factor Pre/Post ($p=0,0118$), $R^2= 0.58$; CV= 48,85%.

Con base al ADEVA, se afirma que el porcentaje de tejido muerto tiene diferencia significativa en el post y pre-pastoreo, ya que las medias de tejido muerto pre-pastoreo son

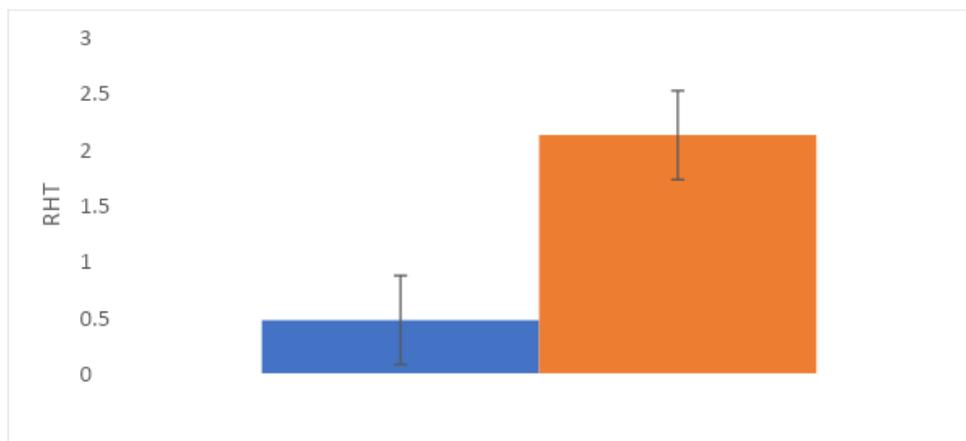
mayores que la media post-pastoreo. En el primer pastoreo, las medias de tejido muerto post-pastoreo son menores que el tejido muerto pre-pastoreo. Mientras que en el segundo y tercer pastoreo no hay diferencias significativas. En resumen, en el pre y post-pastoreo se tiene una reducción significativa en el porcentaje de tejido muerto. Esto se confirma con lo mencionado por (Reategui, Aguirre, Oliva, & Aguirre, 2019), quienes reportaron que con mayor disponibilidad inicial se tendrá mayor porcentaje de área foliar y tallos, pero menor porcentaje de material muerto.

Así mismo, (Luna, 2018) menciona que las gramíneas tropicales tienden a acumular material muerto cuando se manejan periodos largos de descanso, esto debido a que, a cierta edad de rebrote, iniciaba la senescencia de las hojas, donde reportó mayor proporción de tejido muerto en pasto de 5 hojas por tallo, tal como se presentó en el presente ensayo. No obstante, es importante destacar que, al realizar el muestreo a ras de piso, es probable que el porcentaje de tejido muerto se haya visto afectado por material muerto de cosechas anteriores.

Relación hoja-tallo

Figura 7

Relación hoja-tallo en relación con el número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo.



Nota: ADEVA de proporción hoja-tallo en relación con el número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo. Factor Pre/Post ($p < 0,0001$), $R^2 = 0.80$; CV= 55,33%.

Aunque según el ADEVA, la relación hoja-tallo fue diferente significativamente en el pre y post-pastoreo, este efecto no difiere entre los pastoreos en el post-pastoreo. La proporción hoja-tallo al primer pastoreo fue menor, numéricamente, ya que según avance la edad de rebrote envejece la planta, tal como menciona (Ramírez, Herrera, Leonard, Verdecia, & Álvarez, 2010), cuando la defoliación es tardía, se incrementa el grosor y longitud del tallo. Así, en el desarrollo del ensayo, se buscó mejorar los tiempos de descanso y con ello mejorar esta proporción. Es así que, al segundo y tercer pastoreo, la proporción hoja-tallo vio un ligero aumento en el pre-pastoreo (2,4 y 2,11 respectivamente), ya que se controló un retorno oportuno de los animales.

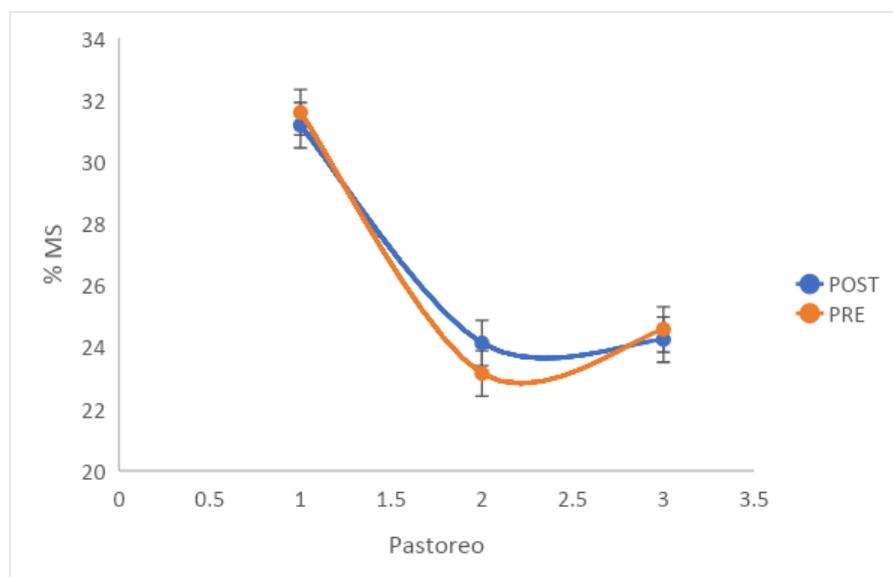
Los valores obtenidos en este ensayo se asemejan a los reportados por (Cevallos, y otros, 2008), de 2,09 a los 28 días de rebrote. Además, es importante acotar que en este ensayo se manejó una presión de pastoreo alta (PUAD), lo cual fue tan severa que promovió significativamente un mayor aporte de hojas y una mejor proporción hoja-tallo. Por otro lado, post pastoreo, la proporción hoja-tallo al primer pastoreo fue mayor, ya que en este periodo los animales se estaban adaptando al sistema implementado, por lo que aún existía un consumo ineficiente. Ya en el segundo y tercer pastoreo, se obtuvieron proporciones hoja-tallo menores

(0,41 y 0,47 respectivamente) en comparación al primer pastoreo, esto dada la competencia de consumo, y por ende un consumo más eficiente.

Porcentaje de materia seca

Figura 8

Relación de porcentaje de MS con el número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo.



Nota: ADEVA de relación de porcentaje de MS con el pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo. Factor Pastoreo ($p < 0,0001$), $R^2 = 0,98$; CV= 3,15%.

De acuerdo al ADEVA, el porcentaje de materia seca es diferente significativamente en cada pastoreo. La materia seca se mantuvo igual antes y después del pastoreo, en todos los pastoreos (pasadas). Los niveles de materia seca al inicio del ensayo eran superiores al 30%. Es por esto que, para reducir este alto nivel de MS, se consideró un consumo del 3% del peso vivo (482,23 kg), por lo que se requería un total de 14,47 Kg MS/día, con un volumen total de 30 animales pastoreando, da un total de 434 Kg MS/día. Tomando en cuenta, la biomasa pre-pastoreo de 0,61 kg/m², disponible al primer pastoreo, y con potreros con áreas promedio de 2530,45 m², se tenía 1543,57 Kg MS/día. Esta cantidad de materia seca era 3,5 veces mayor a la demanda requerida, por lo que se buscó reducir estos valores de materia seca a un óptimo de 20 a 24%.

Esto se logró al segundo y tercer pastoreo, donde se alcanzaron niveles de materia seca del 23 y 24% respectivamente. (Valdivia, 2014) sugiere que un menor porcentaje de materia seca implica una menor cantidad de nutrientes que potencialmente pueden ser aprovechados. Sin embargo, es importante resaltar que la pastura acorde avanza la edad de rebrote, aumenta la cantidad de materia seca, la cual tiene un límite, que si bien, al alcanzar este punto, no decrece en cantidad, lo hace progresivamente en calidad del mismo, debido entre otros factores a la disminución en la actividad metabólica en los pastos al incrementar su edad.

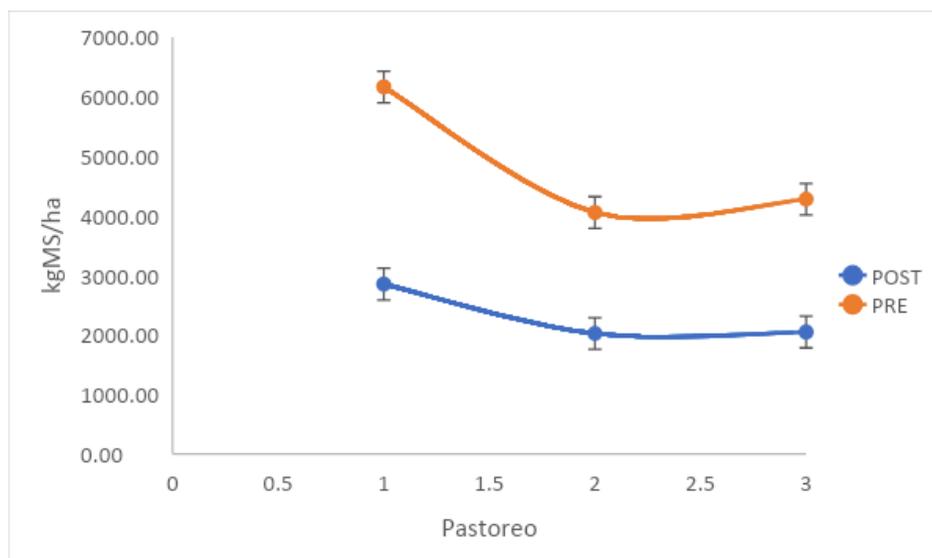
Con esto, resalta la importancia en conocer los niveles de materia seca en la pastura a una edad de rebrote adecuada, la cual sea proporcional en cantidad y calidad para el consumo animal. Así, se tuvo una oferta de pasto óptima, evitando el sobrealimento y con ello el consumo ineficiente, reduciendo en gran medida el sobre-residuaje. La importancia de evitar el sobrealimento radica en que se desperdicia pastura disponible, debido al pisoteo del animal.

Otro punto para resaltar es que, al existir mayor disponibilidad de lo necesario, existirá un pastoreo más selectivo, lo que lleva también al desperdicio. Con esto se puede afirmar que, al tener exceso de alimento, el animal es menos eficiente al consumo de pasto comparado a si la pastura es limitada a la demanda requerida. (Izquierdo & Uchuari, 2023) reportaron valores de materia seca del 23% a los 25 días de rebrote, valores similares a los obtenidos en este ensayo. La diferencia de días en alcanzar estos valores de MS es debido probablemente a que los estudiados por (Izquierdo & Uchuari, 2023) se refieren a después de un corte de igualación. Los valores de materia seca residual (post-pastoreo) no reflejaron diferencia significativa a la materia seca inicial (pre-pastoreo).

Producción de forraje (kg/MS/ha)

Figura 9

Relación de producción de forraje (Kg/MS/ha) con el número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo.



Nota: ADEVA de relación de producción de forraje (Kg/MS/ha) con el número de pastoreo, de acuerdo al pre y post-pastoreo. Interacción Pre/Post*Pastoreo ($p < 0,0001$), $R^2 = 0,98$; CV= 8,48%.

La variable Kg/MS/ha tanto en pre y post pastoreo, presenta interacción significativa con el pastoreo. Los Kg MS/ha al inicio del ensayo mostraron valores superiores a 6000 Kg MS/ha, esto debido al manejo convencional que se realizaba antes del manejo PUAD, con un tiempo de descanso inadecuado, por lo que se tenía una acumulación de MS mayor. Sin embargo, (Klein, 1990) sugiere que para mantener una alta producción de leche alimentando al ganado únicamente con pasto, es fundamental manejar adecuadamente el pastoreo, esto implica que las vacas ingresen a los potreros cuando la cantidad de pasto disponible esté entre 2.200 y 2.500 Kg MS/ha, y que después del pastoreo quede un residuo de entre 1.500 y 1.800 Kg MS/ha. Considerando esto, al pastoreo 2 y 3 se buscó reducir la sobreproducción de materia seca, logrando valores de 4000 a 4200 Kg MS/ha entre 28 y 34 días de rebrote. Si bien es cierto que los valores obtenidos en este ensayo están por encima del rango óptimo mencionado, hay que señalar que una reducción de 2000 Kg MS/ha influyó positivamente a mermar el sobre-residuaje, lo que se caracteriza por la baja utilización y aprovechamiento del pasto disponible, lo que provocaría una disminución en la eficiencia de cosecha y consumo por parte de los animales en pastoreo. Otros estudios, como (Ramírez, Herrera, Leonard, Verdecia,

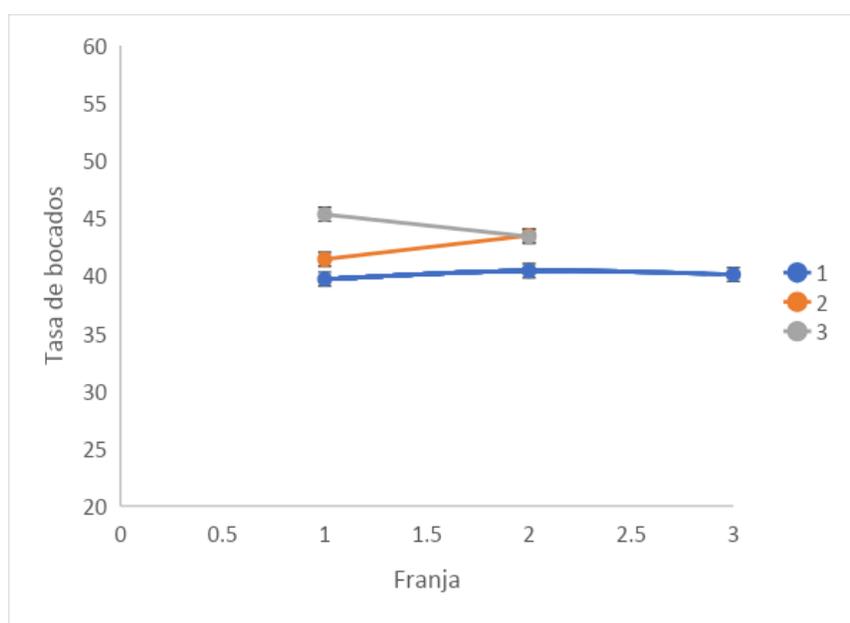
& Álvarez, 2010), reportan valores menores a los mostrados en este ensayo, con rangos 2000 a 4000 Kg MS/ha a los 30 días.

Parámetro de consumo

Tasa de bocado

Figura 10

Relación de tasa de bocado con el cambio (franja), de acuerdo al número de pastoreo.



Nota: Relación de tasa de bocado de con el cambio (franja), de acuerdo al número de pastoreo. Interacción Franja*Pastoreo ($p=0,0086$), $R^2= 0.15$; CV= 19,82%.

El factor pastoreo tiene un efecto altamente significativo ($p<0.0001$) en la variable tasa de bocado. Las medias del pastoreo 1 y 2 difieren del pastoreo 3. Es decir, el mayor incremento de la tasa de bocado se manifestó en la última pasada.

Existe una interacción significativa entre el pastoreo y la franja de cambio ($p=0.0086$). En el pastoreo 1 no hay diferencias entre los tres cambios. Mientras que en el pastoreo 2 y 3 se observa un efecto diferencial de la tasa de bocado en cada cambio. En resumen, la tasa de bocado fue en aumento en cada pastoreo. Esta diferencia en la tasa de bocados pudo haberse

influenciado por la adaptabilidad de los animales al sistema PUAD, por lo que, al segundo y tercer pastoreo, la competencia y consumo animal fue mayor, tal como sugiere (Suárez P., Reza G., García C., Pastrana V., & Díaz A., 2011), los animales que se alimentan en pasturas tienen la capacidad de cambiar su comportamiento en respuesta a los cambios en el ambiente. Esto determina el grado de bienestar que experimentan al buscar su alimento. Así mismo, reporta valores similares a los obtenidos en este ensayo, con valores de 37,6 a 38 bocados/minuto.

Cabe destacar que la tasa de consumo está influenciada por la estructura y disponibilidad de la pastura, ya que, con pasturas de mayor altura y densidad, los animales pueden tomar bocados más grandes y por lo tanto se reducirá el número de bocados por minuto. Así, (Zabala, 2021) sugiere que la tasa de bocado en baja oferta es significativamente mayor que las de alta oferta, reportando 43 vs. 56 bocados por minuto. Esto se asemeja a los resultados obtenidos en este ensayo, puesto que los valores mostrados tienen un ligero aumento en cuanto se redujo a niveles adecuados la pastura disponible en el segundo y tercer pastoreo, por lo que (García, 2018) plantea que una mayor tasa de bocado puede estar asociado con una menor selectividad por parte del animal al pastorear, evento que se precisa en este sistema de no selectividad y mayor consumo.

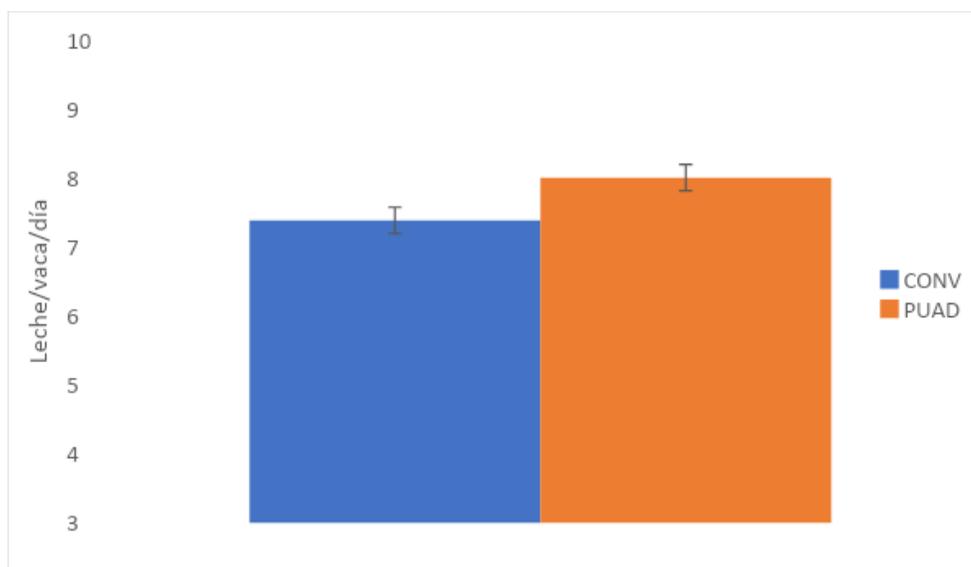
Además, (García, 2018), plantea que la situación ideal para alimentar al ganado en pastoreo es aquella donde los animales puedan consumir la mayor cantidad posible del pasto disponible. Esto implica que el pasto debe tener una buena calidad nutricional para satisfacer los requerimientos del ganado y que puedan expresar su máximo potencial productivo. Además, se busca que los animales no sean muy selectivos al tomar los bocados, evitando que dejen porciones del pasto sin consumir.

Parámetro productivo

Producción lechera

Figura 11

Relación de la producción lechera por animal con el manejo.



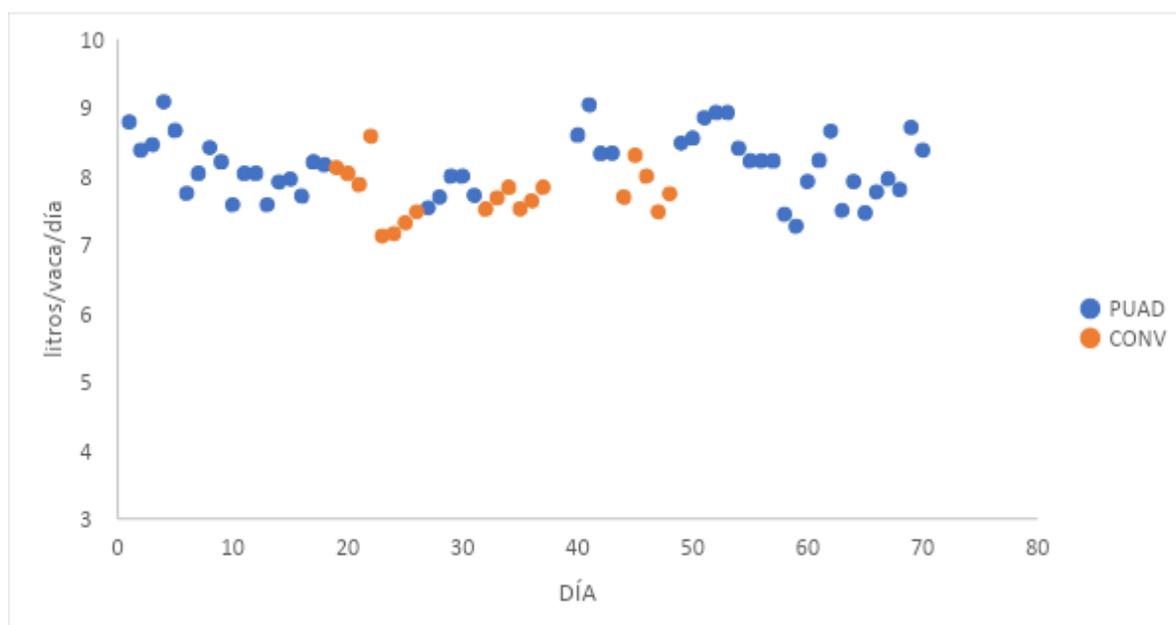
Nota: ADEVA de relación producción lechera con el manejo. Tendencia Factor Manejo ($p=0,000902$), $R^2= 0,09$; $CV= 17,59\%$.

El tipo de manejo no causó diferencia significativa en la variable. Aunque el aumento de 0,62 L/día no resultó en significancia, pero si en tendencia al nivel de decisión del 10%, este podría impactar positivamente a la producción de leche, ya que el análisis estadístico evidenció una tendencia en el factor Manejo, por lo que se supondría que, si el ensayo tendría mayor número de datos, resultaría en una significancia. No obstante, se debe acotar varios factores externos al manejo; potreros lejos de la sala de ordeño, condiciones lluviosas y a la disponibilidad de agua, como factores que posiblemente limitaron la producción óptima de leche, ya que según menciona (Klein, 1990) la energía utilizada para caminar y pastar equivale a 3,7kg de leche por vaca al día, y el costo energético de convertir el exceso de nitrógeno de la hierba en urea demanda otros 1,8kg de leche por vaca al día. Además, se destaca que, para lograr la producción óptima, además de tener la capacidad genética, las vacas deben encontrarse en buena condición corporal y en una etapa de la lactancia que le permita expresar estos niveles productivos. Así mismo, (García, 2018) destaca que se necesita que los animales tengan agua fresca siempre disponible y lugares con sombra adecuados donde puedan

descansar cómodamente entre los períodos de alimentación, para evitar el estrés por calor en las horas más calurosas. Solo con la combinación de un buen pasto, agua suficiente y sombra para descansar, se puede alcanzar las condiciones óptimas de alimentación y manejo para el bienestar y productividad del ganado en sistemas de pastoreo.

Figura 12

Relación producción lechera por animal de acuerdo al manejo y días de ensayo.



Como se puede observar en la figura 12, los días donde se implementó el sistema PUAD no reflejan mayor dispersión de datos, lo que implica que se mantiene un rango de producción menos variable. Así, se pudo evidenciar que en los días de manejo PUAD se tuvieron mayores producciones, teniendo en su día de mayor producción 9,08 L/vaca/día, mientras que el día de mayor producción en el manejo convencional fue de 8,58 L/vaca/día (0,50 L menos). También se debe señalar que el manejo convencional tuvo el día con menor producción en el ensayo, con 7,13 L/vaca/día.

Implicaciones

Tomando en cuenta los resultados de este ensayo, el sistema PUAD implementado influyó en parámetros de la pastura. Tanto la altura como número de hojas de los

potreros fueron reducidas para mantener el pasto en condiciones óptimas de consumo, ya que estos son parámetros que proporcionan información clave del estado fenológico y nutricional de la pastura. Así también, el porcentaje de hojas disminuyó post-pastoreo, debido al consumo selectivo de las hojas por parte de los animales. El porcentaje de tejido muerto se redujo entre el pre y post-pastoreo, ya que se tiende a acumular material muerto cuando se manejan periodos largos de descanso, esto debido a que, a cierta edad de rebrote, se inicia la senescencia de las hojas.

Con el manejo PUAD, se manejó mejor los periodos de descanso disminuyendo la senescencia de hojas por la edad de rebrote. La relación hoja-tallo pre-pastoreo aumentaron en los últimos dos pastoreos, ya que, con un pastoreo más rasante, se da una disminución del porcentaje hoja post-pastoreo, y esto se debe a que los rumiantes consumen preferentemente las hojas. Así, debido al consumo preferente de hoja, luego del pastoreo predomina el tallo en el forraje residual, lo cual favorece el rebrote vigoroso en la siguiente etapa de crecimiento.

Aunque el sistema PUAD plantea un aumento sustancial en la producción de forraje, en este ensayo, se priorizó la reducción de este, así el porcentaje de materia seca se redujo de 30% a niveles óptimos de 20-24% en los últimos dos pastoreos y la producción de forraje disminuyó de más de 6000 kg MS/ha iniciales a 4000-4200 kg MS/ha en los últimos pastoreos, reduciendo el exceso de biomasa y el desperdicio de pasto no consumido por pisoteo. Por otro lado, en el parámetro de consumo, tasa de bocado, se incrementó progresivamente en los tres pastoreos, posiblemente por una mayor adaptación de los animales al sistema de pastoreo, donde la competencia de consumo fue mayor. Por último, en el parámetro productivo de leche, el manejo PUAD no reflejó aumento importante en la producción de leche diaria. Sin embargo, puede tener un impacto positivo, considerando altos volúmenes de animales en producción.

El manejo de un buen sistema de pastoreo es un factor importante a tener en cuenta si se desea cantidades y calidades de pasto óptimas para alcanzar producciones de leche idóneas al tipo de animal que se tiene. Quedó en evidencia, que la situación óptima para alimentar al ganado en régimen de pastoreo es aquella donde los animales logran consumir la

mayor cantidad del pasto ofrecido. La implementación de este sistema PUAD mejoró las características del pasto, con parámetros adecuados de calidad nutricional y cantidad suficiente para el consumo efectivo, lo que permitió satisfacer los requerimientos del ganado, y con ello permitir la expresión de su máximo potencial productivo. Sumándole a esto, en sistema exclusivos de pastoreo, es de suma importancia que los animales no sean muy selectivos al tomar los bocados, evitando que dejen porciones del pasto sin consumir, siendo más eficientes con la cantidad de pasto consumido.

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye:

La implementación del sistema de pastoreo de alta densidad mejoró las condiciones de las pasturas en términos de proporción de hojas, se redujo el rendimiento de materia seca y producción de forraje, pero se los mantuvo a niveles adecuados para el consumo y la tasa de bocado de los animales en pastoreo aumentó, manteniendo estos parámetros productivos cerca de rangos óptimos para maximizar producción de leche y minimizar impactos negativos del pastoreo inadecuado.

Los parámetros de la pastura mejoraron en los últimos dos pastoreos al reducirse la altura y número de hojas a valores óptimos. Disminuyó el porcentaje de hojas post-pastoreo porque el consumo fue menos selectivo. Así también, se redujo el tejido muerto y aumentó la relación hoja-tallo pre pastoreo. El porcentaje de materia seca se redujo con la implementación de PUAD, lo que se traduciría en una pastura más tierna y de mayor calidad. La producción de forraje disminuyó, reduciendo el exceso de biomasa. La tasa de bocado incrementó en los siguientes pastoreos.

No hubo diferencias significativas en la producción de leche entre el sistema convencional y el sistema PUAD implementado, pero se observó una tendencia a incrementarse la producción en los periodos que fue aplicado el sistema de pastoreo de ultra alta densidad.

Recomendaciones

Aunque el trabajo presentado muestra un sistema de pastoreo con resultados positivos en términos de rendimiento del forraje ofrecido, es necesario realizar mediciones secuenciales a lo largo del tiempo que permitan corroborar que ese impacto positivo obtenido se mantenga. Asimismo, es importante hacer un análisis económico periódico para determinar la relación costo-beneficio del sistema y así constatar que los beneficios superen los costos más allá del corto plazo.

El presente ensayo se llevó a cabo en un periodo lluvioso, donde esto dificultó el movimiento de los animales entre potreros. Con esto, es recomendable llevar a cabo el ensayo en épocas donde las lluvias no comprometan el movimiento del animal.

Referencias bibliográficas

- Alonso, A, Díaz, A, Iriban, T, Vázquez, R. , Ruíz, L , & Rodríguez, J. (2022). *Presión de pastoreo en áreas subdividas destinadas a la producción de leche bovina* *Grazing pressure in subdivided areas destined for bovine milk production.*
- Cevallos, J. A., Guerrero, F. C., Zamora, G. Q., Murillo, R. L., Valdez, O. M., Guerra, I. E., . . . Mendoza, E. P. (2008). *Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de Brachiaria en diferentes edades de cosecha.* Quevedo: Ciencia y Tecnología.
- Cevallos, O. (2011). *Caracterización morfoestructural y faneróptico del bovino criollo en la provincia de Manabí.*
- CONtextoganadero. (2014). *CONtextoganadero.* Obtenido de Número de hojas en forrajes indica cantidad de nutrientes para el ganado:
<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/numero-de-hojas-en-forrajes-indica-cantidad-de-nutrientes-para-el-ganado>
- Emmanouilidis, P. H. (1999). *La ganadería de leche y su importancia en el desarrollo económico del país.* Obtenido de Repositorio de la Universidad Internacional SEK Ecuador: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2033>
- Faria, J. (2017). *Ganadería regenerativa eficiente.* Sao Paulo: Beta.
- García, H. (2018). *Importancia de la altura del pasto para el bovino.* Obtenido de Agroveter Market:
<https://www.agrovetermarket.com/noticias-salud-animal/detalle/importancia-de-la-altura-de-l-pasto-para-el-bovino#:~:text=Es%20importante%20que%20su%20altura,con%20el%20tiempo%20de%20pastoreo.>

- Gonzalez, K. (20 de enero de 2019). *¿Que es el pastoreo de ultra densidad?* Obtenido de ZooVet:
<https://zoovetesmpasion.com/pastos-y-forrajes/que-es-el-pastoreo-de-ultra-densidad>
- Gonzalez, K. (2019). *Info Pastos y Forrajes*. Obtenido de Ficha Técnica del Pasto Brachiaria:
<https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-dulce/>
- Hernández, A. P., Arellano, A. M., & Solís Olgún, T. R. (2023). *Sistema de pastoreo de ultra alta densidad como alternativa en la mejora de los sistemas productivos*. Brazilian Journal of Development.
- Izquierdo, M., & Uchuari, L. (2023). *Determinar la preferencia de pastoreo en relación a la altura de la pastura*. Santo Domingo: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura.
- Klein, F. (1990). UTILIZACIÓN DE PRADERAS Y NUTRICIÓN DE VACAS A PASTOREO. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Centro Regional de Investigación Remehue*.
- Ledesma, L. M., Gallego, L. A., & Peláez, F. J. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 213-225.
- Luna, D. L. (2018). *Número de hojas verdes por macollo como criterio para determinar el momento óptimo de cosecha en pasturas de Brachiaria decumbens del piedemonte Araucano*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Departamento de Producción Animal.
- Maldonado, J. D. (2021). IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DE UN MODELO REGENERATIVO BAJO EL SISTEMA DE PASTOREO DE ULTRA ALTA DENSIDAD PUAD EN GANADERÍA BOVINA DE DOBLE PROPÓSITO. *Universidad de Pamplona*.

- Marçal-Pedroza, M. G., M. M. Campos, L. G. R. Pereira, F. S. Machado, T. R. Tomich, & A. C. Sant'Anna. (2020). *Consistency of temperament traits and their relationships with milk yield in lactating primiparous F1 Holstein-Gyr cows. Applied Animal Behaviour Science* 222:104881.
- Medrano Galarza, C. A., Zuñiga Lopez, & García Castro. (2020). *Evaluación de bienestar animal en fincas bovinas lecheras basadas en pastoreo en la Sabana de Bogotá*. Bogotá, Colombia: Revista MVZ Cordoba 25(2):14. doi: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1708>.
- Montoya, Q. E. (2019). *Diseño de un Sistema de Pastoreo de Ultra alta Densidad (PUAD) en Ganadería Regenerativa Finca San Pedro Municipio de Victoria Caldas*. Tolima: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente.
- Ramírez Jiménez, L. P. (2023). *Evaluación del impacto sobre el suelo de un sistema ganadero en pastoreo de ultra alta densidad*. Manizales: UNIVERSIDAD DE CALDAS.
- Ramírez, J. L., Herrera, R. S., Leonard, I., Verdecia, D., & Álvarez, Y. (2010). Rendimiento de materia seca y calidad nutritiva del pasto *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis* vc. Mulato en el Valle del Caucho, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 65_72.
- Reategui, K., Aguirre, N., Oliva, R., & Aguirre, E. (2019). Presión de pastoreo sobre la disponibilidad de forraje *Brachiaria decumbens*. *Scientia Agropecuaria*.
- Rojas, I., M.H. Baddi, A. Guillen,, M. García , & J.L. Abreu. . (2018). *La ganadería y el desarrollo sustentable*. México: ISSN.
- Serna, S., & Duarte, J. (2023). *MODELO DE PRODUCCION GANADERA SOSTENIBLE A TRAVES DE PRACTICAS DE GANADERIA REGENERATIVA COMO ESTRATEGIA DE*

PRODUCTIVIDAD EN UNA GRANJA DE LA VEREDA EL GOBERNADOR DE MESETAS, DEL DEPARTAMENTO DEL META. UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS.

Suárez P., E., Reza G., S., García C., F., Pastrana V., I., & Díaz A., E. (2011). Comportamiento ingestivo diurno de bovinos de ceba en praderas del pasto Guinea (*Panicum maximum* cv. Mombasa). *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 167-174.

Traslaviña, Z. F. (2023). *Ganadería regenerativa como una alternativa productiva sostenible a través del pastoreo ultra alta densidad*. Antioquia : Corporación Universitaria Lasallista.

Vageon, R. F. (2022). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN EMPRESARIAL PARA UN SISTEMA BOVINO A PASTOREO EN LA EMPRESA AGUANTACALLAO DEL MUNICIPIO DE TAME – ARAUCA* . Universidad El Bosque .

Zabala, M. G. (2021). ¿Cuánto incide la actividad de pastoreo en la producción de vacunos de carne? *Plan Agropecuario*.