

Sistema de Pastoreo Racional Voisin para la Recuperación de Praderas en Clima Frio

Viviana Cáceres Castro

Mary Yaquelin Monroy Lozano

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Zootecnia

Bucaramanga

2021

Sistema de Pastoreo Racional Voisin para la Recuperación de Praderas en Clima Frio

Viviana Cáceres Castro y Mary Yaquelin Monroy Lozano

Trabajo de Grado para Optar al título de

Zootecnista

Directora:

Shirley Andrea Flórez Rodríguez

Profesora, MVZ, MSc, PhD en Reproducción Animal

Codirector:

Julián Mauricio Botero Londoño

Profesor, Z, MSc, PhD en Ciencias Agrarias

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Zootecnia

Bucaramanga

2021

SISTEMA DE PASTOREO RACIONAL VOISIN

Agradecimientos

Mi compañera Mary Yaquelin Monroy Lozano y yo Viviana Cáceres Castro estamos muy agradecidas con las personas que estuvieron con nosotras hombro a hombro durante todo este proceso, a pesar de todas las dificultades que se nos presentaron durante el camino siempre estuvieron hay para guiarnos y apoyarnos en todos los aspectos.

Un agradecimiento muy especial a nuestra directora de tesis Shirley Andrea Flórez Rodríguez Profesora, MVZ, MsC, PhD en Reproducción Animal. Fue una de las personas con más paciencia que estuvo con nosotras desde el principio, ayudándonos en la parte académica, económica y personal, también estamos agradecidas con el docente Julián Mauricio Botero Londoño, Profesor, Z, MsC, PhD en Ciencias Agrarias por ser nuestro codirector, por otro lado, agradecemos a la Universidad Industrial de Santander, sede Málaga por prestarnos los laboratorios correspondientes para el desarrollo del trabajo. También un agradecimiento a la docente María Stella Sandoval Rincón Profesor, Z, de la UIS, por permitirnos llevar a cabo el experimento de estudio en lote 1, por último y formalmente agradecemos al grupo de estudiantes de zootecnia que nos pudieron colaborar.

Agradecemos a nuestras familias, por parte de mi compañera Mary Monroy hace un agradecimiento muy especial a sus padres Raúl Monroy Lozano y Elva Lozano correa, así mismo a su hermana Edilma Yarithza Monroy Lozano. Yo Viviana Cáceres de manera muy especial también quiero agradecer a mis padres Ambrosio Cáceres Merchán, Rosalba Castro Bohórquez y a mis hermanas Jennifer Carolina Cáceres Castro e Ivonne Katherine Salgado Castro, por haber estado conmigo en todo este proceso, apoyándome en la parte económica y sobre todo dándome mucha fuerza emocional para salir adelante y cumplir mis objetivos.

También queremos dar un agradecimiento muy especial y con mucho cariño a don Hernando Castellanos Rosales, que fue un pilar muy importante para nosotras, porque estuvo en la buenas, en las malas y en las difíciles, ayudándonos siempre a escoger la mejor solución para enfrentar las dificultades que se nos presentaron en el transcurso del experimento, por eso y por muchas cosas más siempre estaremos agradecidas con este gran hombre y calidad de persona, del mismo modo estamos agradecidas con su familia, por su gran apoyo recibido durante este tiempo y por la gran paciencia que nos tuvieron, en tan poco tiempo se convirtieron en otra familia para nosotras. Por último, un agradecimiento a nuestra compañera, colega y amiga Nohemí Ortiz Barrera por habernos ayudado en esta última parte de este proceso y por estar ahí siempre. Nuevamente Muchísimas e infinitas gracias a todos por el apoyo recibido y gracias a Dios que pudimos culminar con esta etapa de nuestras vidas y poder crecer como profesionales.

Tabla de Contenido

Introducción.....	13
1. Objetivos	16
1.1 Objetivo General	16
1.2 Objetivos Específicos	16
2. Marco Referencial.....	17
2.1 Marco Teórico.....	17
2.1.1 Sistemas de Pastoreo más Implementados en el Trópico	17
2.1.2 Sistema de Pastoreo Rotacional Voisin.....	18
2.1.3 Implementación del PRV	23
2.1.4 Efecto de las heces bovinas sobre el suelo	24
2.1.5 Interpretación análisis de suelo	25
2.1.5.2. Materia orgánica.....	26
2.2 Método.....	29
2.2.1 Ubicación del Proyecto	29
2.2.2 Descripción Condiciones Agroecológicas.....	29
2.2.3 Área Experimental	30
2.2.4 Georreferenciación del área experimental:.....	31
2.2.5 Cálculo del número potreros:.....	31
2.2.6 Diagnóstico de las Parcelas Experimentales	31
2.2.7 Caracterización de la Cobertura Especies Forrajeras	32
2.2.8 Análisis de Suelo.....	32

2.2.9	Aforo	33
2.2.10	Determinación de la capacidad de carga	33
2.2.11	Sistema de Pastoreo Racional Voisin.....	34
2.3	Análisis Estadístico	35
2.4	Resultados y Discusión.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1	Características Fisicoquímicas del Suelo.....	36
2.4.2	Producción de Forraje y la Capacidad de Carga	44
2.4.3	Porcentaje de Cobertura de la Vegetación	49
3.	Conclusiones.....	63
4	Recomendaciones	65
	Referencias Bibliográficas.....	66
	Apéndices	73

Lista de Tablas

Tabla 1 Características químicas del suelo	38
Tabla 2 Características físicas del suelo	43
Tabla 3 Capacidad de carga de todo el lote 1.....	45
Tabla 4 Capacidad de Unidades gran ganado en el lote 1	45
Tabla 5 Determinación por lote de la producción de forraje verde.....	47
Tabla 6 Determinación por parcela de la producción de forraje y la capacidad de carga.....	48
Tabla 7 Evaluación del porcentaje de cobertura y relación tallo/hoja del pasto Kikuyo.....	53
Tabla 8 Evaluación del porcentaje de cobertura y relación tallo/hoja del Trébol rojo	54
Tabla 9 Evaluación del porcentaje de cobertura y relación tallo/hoja de la Falsa poa	55
Tabla 10 Evaluación del porcentaje de cobertura y relación tallo/hoja del Gramolote	56
Tabla 11 Evaluación del porcentaje de cobertura y relación hoja/tallo del Oloroso	57
Tabla 12 Comparación entre ciclos del porcentaje de cobertura y relación hoja/tallo del kikuyo	58
Tabla 13 Comparación entre ciclos del porcentaje de cobertura y relación hoja/tallo del Trébol rojo	58
Tabla 14 Comparación entre ciclos del porcentaje de cobertura y relación hoja/tallo del Oloroso	59
Tabla 15 Comparación entre ciclos del porcentaje de cobertura y relación hoja/tallo de la Falsa poa	60
Tabla 16 Comparación entre ciclos del porcentaje de cobertura y relación hoja/tallo del Gramalote.....	62

Lista de Figuras

Figura 1 Lote experimental y parcelas experimentales.....	30
Figura 2 Comparación del pH del suelo	40
Figura 3 Composición de materia orgánica.....	41
Figura 4 Composición de fósforo disponible (P, mg/Kg)	41
Figura 5 composición de los minerales presente en el suelo	42
Figura 6 Composición del Hierro presente en el suelo	43
Figura 7 Características físicas del suelo	44
Figura 8 Capacidad de carga requerida en futuros proyectos.....	45
Figura 9 UGG requeridos durante el experimento.....	46
Figura 10 producción de biomasa	47
Figura 11 Porcentaje de pastura y relación hoja- tallo del pasto Kikuyo.....	58
Figura 12 Porcentaje de pastura y relación hoja- tallo del pasto trébol rojo	59
Figura 13 Porcentaje de pastura y relación hoja- tallo del pasto oloroso.....	60
Figura 14 Porcentaje de pastura y relación hoja- tallo del pasto falsa poa	61
Figura 15 Porcentaje de pastura y relación hoja- tallo del pasto gramalote.....	62

Lista de apéndice

Apéndice A Lote 1 de la fina de la Universidad Industrial de Santander,	73
Apéndice B Ciclo 1, parcela uno (A), parcela 2 (B), parcela 3 (C).....	73
Apéndice C Ciclo 2, parcela uno (A), parcela 2 (B), parcela 3 (C).....	74
Apéndice D Ciclo 3, parcela uno (A), parcela 2 (B), parcela 3 (C).....	74
Apéndice E Cronograma de actividades	75

Glosario

Análisis bromatológico: ciencia que estudia el contenido nutricional de todos los alimentos, materia prima y demás elementos que hacen parte de la dieta bovina.

Análisis foliar: es un análisis químico del contenido de nutrientes en el tejido vegetal (planta)

Aforo de pasturas: consiste en medir o cuantificar la cantidad de pasto o forraje que un determinado terreno puede producir para este fin; En otras palabras, el aforo permite medir la productividad de un suelo en uso ganadero.

Capacidad de carga: es la cantidad de animales que se pueden mantener dicha hectárea.

Gramíneas forrajeras: son plantas angiospermas monocotiledóneas que tienen tallos cilíndricos, comúnmente huecos, interrumpidos de trecho en trecho por nudos llenos, hojas alternas que nacen de estos nudos y abrazan el tallo, flores muy sencillas, dispuestas en espigas o en panojas, y grano seco cubierto por las escamas de la flor. Estas son proveedoras de carbohidratos (energía) que es utilizada para la producción del animal.

Ganadería silvopastoril: es un arreglo agroforestal que combina el cultivo agroecológico de arbustos forrajeros en alta densidad (mayor a 8.000 por hectárea) para ramoneo directo del ganado, asociados siempre a pasturas mejoradas.

Pastoreo rotacional regenerativo (Pastoreo Racional Voisin (PRV): es una herramienta que permite cuidar el suelo y aumentar su capacidad productiva, este sistema planifica el uso del forraje durante el año, acorde a las condiciones climáticas, ajustando la carga animal a la biomasa disponible a través de las distintas épocas del año, así busca prevenir el sobrepastoreo y favorecer la recuperación de las plantas.

Periodo de descanso: tiempo en días en que el pasto solo se ocupa de su recuperación

Periodo de ocupación: es el tiempo en días que permanece el ganado en cada potrero.

Potrero: es un área delimitada, colonizada por plantas o pastos naturales, donde el ganado se alimenta y se relaciona con el suelo y el clima.

Unidad animal: hace referencia a un animal que pesa entre los 400-450 kg y se expresa en unidades gran ganado (U.G.G)

Resumen

Título: Sistema de pastoreo racional voisin para la recuperación de praderas en clima frío.

Autores: Viviana Cáceres Castro, Mary Yaquelin Monroy Lozano.

Palabras claves: Tierra de pastoreo, vegetación, suelo, Ganado.

Descripción

Para transformar las ganaderías colombianas tradicionales en producciones sustentables, rentables y ecológicas, que integren el sistema suelo, planta, animal y de esta manera se mejorare la capacidad de carga (CC) y la mala calidad de las praderas, se recomienda la implementación del sistema de rotacional Voisin (PRV). Este sistema trata de un manejo intensivo de pastos donde la rotación del ganado favorece la recuperación de los suelos, además prohíbe el uso de agroquímicos e insumos veterinarios tóxicos para el suelo, mitigando los impactos negativos sobre el ambiente. El objetivo de este trabajo fue la implementación de PRV para el mejoramiento de praderas degradadas destinadas a la producción de ganadería bovina. El experimento fue realizado en la finca de la Universidad Industrial de Santander, sede Málaga, donde se dividió el lote en 60 potreros, así mismo se establecieron 3 parcelas dependiendo el estado del crecimiento del forraje, buscando una rotación de 1 día de ocupación y 60 días de descanso durante 3 ciclos (tratamientos). Se utilizó el aforo para determinar la producción de biomasa, porcentaje de cobertura, crecimiento de hoja/tallo y Unidades gran ganado (UGG), buscando incrementar la Capacidad de Carga (CC) y productiva, además, se realizaron análisis fisicoquímicos del suelo. Se implementó un diseño de bloques completamente al azar con medidas repetitivas en el tiempo. Para el análisis de resultados se utilizó el test de Duncan por medio del programa InfoStat (versión 2007). La producción de biomasa no alcanzó diferencias estadísticas ($p < 0.05$), mientras que la CC y UGG si obtuvieron resultados favorables. Mientras que el % de cobertura varió entre los ciclos y parcelas. Como conclusión el sistema PRV es una alternativa de pastoreo, con resultados evidenciables como el aumento de CC de la pradera, la recuperación de los suelos y se logran evidenciar mejoras en los % de cobertura.

Trabajo de grado: Sistema de pastoreo racional voisin para la recuperación de praderas en clima frío

Facultad de zootecnia. Universidad Industrial de Santander, Sede Málaga. Director: Shirley Andrea Flórez Rodríguez Profesora, MVZ, MSc, PhD en Reproducción Animal. Codirector: Julián Mauricio Botero Londoño Profesor, Z, MSc, PhD en Ciencias Agrarias

SISTEMA DE PASTOREO RACIONAL VOISIN

Summary

Title: Rational grazing system for the recovery of grasslands in cold weather

Authors: Viviana Cáceres Castro, Mary Monroy Lozano

Keywords: Grazing land, Vegetation, Soils, Livestock

Description

To transform traditional Colombian livestock into sustainable productions, profitable and ecological productions integrating the soil, plant, animal system; to improve the carrying capacity (CC) and poor quality of meadows. This transformation can be achieved by implementing the Voisin rotational system (PRV), which deals with an intensive management of pastures where livestock are rotated to favor soil recovery, as well as prohibits the use of agrochemicals and soil-toxic veterinary inputs, mitigating negative impacts on the environment. The objective of this work was the implementation of PRV for the improvement of degraded meadows for livestock production Bovine. Carried out on the estate of the Industrial University of Santander: Malaga headquarters: where the lot was divided into 60 paddocks: 3 plots were also established depending on the state growth of fodder, seeking a day-of-occupation rotation and 60 days of rest for 3 cycles (treatments). Capacity was used to determine the production of Biomass. percentage of coverage, leaf growth:stem and Large Cattle Units (UGG): increasing Load Capacity (CC) and productive capacity, in addition: Physicochemical soil analysis was carried out. A completely random block design was implemented with repetitive measurements over time. For the analysis of results, the Duncan test was used by means of the InfoStat program (version 2007). The biomass production did not reach statistical differences ($p < 0.05$), while the CC and UGG did obtain favorable results. While the% coverage varied between cycles and plots. In conclusion, the PRV system is a grazing alternative, with evident results such as the increase in the CC of the meadow, the recovery of the soils and improvements in the% of coverage are achieved

Degree work: Voisin rotational grazing system for the recovery of meadows in cold weather

Faculty of Zootechnics. Industrial University of Santander, Malaga Headquarters. Director: Shirley Andrea Flórez Rodríguez Professor, MVZ, MSc, PhD in Animal Reproduction. Co-director: Julián Mauricio Botero Londoño Professor, Z, MSc, PhD in Agricultural Science

Introducción

Transformar la ganadería hacia una ganadería más eficiente y ecológica, es la manera de resolver las necesidades de abastecer alimentos para la población (carne, leche, subproductos, etc.); al aumentar la población mundial, se va a incrementar el consumo per cápita, aumentando y/o duplicar la producción animal, la cual debe ir acompañado de una mayor eficiencia y sustentabilidad ambiental, económica y social. Por tanto, los sistemas de producción bovina deben encontrar un equilibrio entre ser más amigables con el medio ambiente y al mismo tiempo, ser más productivos y rentables para el beneficio social y económico de los productores (Ledesma et al., 2002).

Actualmente la ganadería refleja una baja productividad y una disminución en la capacidad de carga (animal/Ha) por deficiencias nutricionales, debidas principalmente por la mala calidad de las pasturas, ocasionada por el mal manejo que se les ha dado a estos ecosistemas y por predominio de la ganadería extensiva, causando praderas y suelos degradados, conduciendo a una baja sustentabilidad y una disminución en la eficiencia de los sistemas de explotación bovina (González y Rondón 2012).

En los últimos años la ganadería en Colombia viene enfrentando una difícil situación debido al alto costo de los insumos necesarios para llevar a cabo dicha actividad, al alto valor de las tierras, al costo del ganado y al incremento de los impuestos lo cual aumenta su costo de producción (Palacio, 2017), lo que conlleva a buscar alternativas productivas como el PRV el cual

disminuye los costos de producción, ayudando así a los productores a lograr una producción rentable. En Colombia existen proyectos como el de “Ganadería Colombiana Sostenible”, apoyados por el Banco Mundial, la Federación Nacional de Ganaderos (FEDEGAN) y el Centro de Investigación para la investigación de sistemas sostenibles de producción Agropecuarias (SIGLA), los cuales promueven sistemas silvopastoriles (SSP), que permiten incrementar la diversidad biológica y la prestación de servicios ambientales en el ámbito predial, local, regional y nacional. Lamentablemente según expertos, algunos de ellos han fracasado porque se han identificado factores como el mal manejo de la carga animal, uso de especies que no se adaptan y climas extremos, ataque de plagas y falta de capacitaciones. Sin embargo, existe otro modelo endógeno, ecológico, fácil de emprender y económico, es el sistema de producción ganadera intensiva limpia (SPGIL) que maneja buenas prácticas ganaderas, con Pastoreo Rotacional Intensivo o Pastoreo Racional Voisin (PRV), el cual consiste en un manejo de pastos en el que se va rotando el ganado para favorecer la recuperación de los suelos, además prohíbe el uso de arado, agroquímicos y/o uso de drogas veterinarias químicas al ganado. (Chaverra, 2018).

En el lote 1, donde se realizó el estudio se encontraron pasturas y suelos degradados, por el mal manejo histórico que se le ha dado, por el sobrepastoreo de la ganadería, generando suelos compactos y principalmente por la baja fertilidad que presentan los suelos y el bajo contenido de minerales importantes, por tanto, las pasturas son de baja calidad y con baja producción de biomasa. Por otro lado, el uso de agroquímicos y medicinas veterinarias pueden haber acabado la microbiota y macrofauna del suelo, disminuyendo aún más la capacidad de auto regeneración del suelo. Todos estos factores hacen evidente pensar que la biodiversidad y el equilibrio biológico de estas praderas están afectados. Para todos los sistemas de producción bovina es fundamental mejorar la calidad de las pasturas y la cantidad de forraje disponible y así poder aumentar la

capacidad de carga animal. Esto puede ser conseguido en periodos de un año según los estudios, a través de la implementación de estrategias para la renovación de praderas apoyado del mejoramiento del sistema de pastoreo. Por ende, el desarrollo del presente proyecto es una estrategia que implementa sistemas de producción ecológicos y regenerativos, que también se conoce como pastoreo racional Voisin (PRV) Tecnología Agroecológica para el Tercer Milenio. El PRV es mucho más que rotar potreros, es hacer un uso inteligente y estratégico (racional) del pasto que se ofrece como alimento al ganado, evitando a toda costa que la pastura se deteriore, se degrade, pierda su productividad y/o su calidad nutricional (Rúa, 2010). Este sistema tiene en común la preservación del ecosistema al cambiar los fertilizantes químicos por la fertilización orgánica (deyecciones del ganado). A través de este sistema PRV se puede regenerar la estructura físico química del suelo, incrementando la cobertura y calidad de las pasturas; volviéndola una pradera eficiente para ganadería y que en un futuro los sistemas de producción puedan aumentar sus índices productivos y reproductivos (Palacio, 2017).

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Establecer un sistema de pastoreo racional Voisin (PRV) en la Finca de la Universidad Industrial de Santander, sede Málaga. para la recuperación de praderas degradadas en clima frío.

1.2 Objetivos Específicos

Identificar las transformaciones de las características fisicoquímicas del suelo bajo un sistema rotacional PRV.

Determinar el impacto del PRV en la producción de forraje verde y la capacidad de carga de pasturas buenas, regulares y malas.

Evaluar el porcentaje de cobertura de la vegetación y características foliares de diferentes pastos presentes en el lote.

2. Marco Referencial

1.1 Marco Teórico

1.1.1 Sistemas de Pastoreo más Implementados en el Trópico

2.1.1.1. Pastoreo continuo. Este sistema es uno de los más predominantes, gracias a sus bajos costos de implementación y operación. Consiste en la mantención de una determinada cantidad de ganado en forma permanente, en un potrero a lo largo de toda la temporada. Normalmente se trata de potreros de gran superficie y en donde no se logra la máxima producción de forraje ni de leche y/o carne. Está relacionado a producciones de tipo extensivas con carga animal 0.5-1 UA/ha/año (Triminio, 2020).

2.1.1.2 Pastoreo alterno. Consiste en dividir un potrero en dos partes de dimensiones similares. Una vez realizado esto, los animales pastorean en una parte del potrero, mientras la otra permanece en descanso. En comparación al pastoreo continuo, este sistema permite ajustar la carga animal y tener un mejor manejo de los animales. Sin embargo, este sistema presenta algunas desventajas serias. El hecho de que todos los animales están en el mismo potrero causa que el pasto sea consumido demasiado joven, lo que hace que la pastura sea menos productiva, reduciendo la capacidad de carga que esta puede soportar. Esto, a su vez, causa alteraciones digestivas en el animal e incluso intoxicaciones por acumulación de nitritos y nitratos (Triminio, 2020).

2.1.1.3 Pastoreo rotacional. En la práctica, el pastoreo rotativo consiste en subdividir un campo o potrero en varias parcelas que serán pastoreadas sistemáticamente, de modo que mientras una parcela es pastoreada las demás descansan. Se busca una mayor eficiencia de las pasturas, con sus días de ocupación y días de descanso previamente calculados de acuerdo al tipo de animal, a la especie de pasto y la época (Triminio, 2020).

1.1.2 Sistema de Pastoreo Rotacional Voisin

El Pastoreo Racional Voisin (PRV) es una tecnología agroecológica para la producción intensiva de alimentos limpios que tiene como base las leyes universales del pastoreo (Villalobos y Arce, 2013). El manejo integral agroecológico prohíbe el uso de agro tóxicos, de fertilizantes solubles y los pases de arado. El sistema de pastoreo PRV, es un sistema que está recién empezando a ser utilizado en distintos lugares alrededor del mundo a pesar que este fue establecido por el brasilero Luiz Carlos Pinheiro siguiendo las investigaciones hechas por su profesor francés André Voisin.

Es una herramienta que permite cuidar el suelo y aumentar su capacidad productiva. Con este sistema se planifica el uso del forraje durante el año, acorde a las condiciones climáticas, ajustando la carga animal a la biomasa disponible a través de las distintas épocas del año, permitiendo el pastoreo solo cuando las plantas han alcanzado su punto óptimo de reposo, es decir, cuando han crecido y acumulado reservas para recuperarse adecuadamente del próximo pastoreo. La ocupación de los potreros se hace en periodos cortos (1 a 3 días) para prevenir el sobrepastoreo, favorecer la recuperación de las plantas y dar prioridad a los animales con mayores necesidades de nutrientes para favorecer los rendimientos máximos (Halffter et al, 2018).

El impacto para el suelo que se generan con la implementación de un sistema con pastoreo racional Voisin (PRV), donde la calidad del suelo cobra importancia dentro de los aspectos a medir, identificando propiedades biológicas, químicas y en algunos casos microbiológicas que se traduce en el beneficio ambiental para la biodiversidad y fertilidad del mismo. (Chaverra, 2018).

Con el paso del tiempo, el sistema PRV recupera suelos degradados por efecto de la acumulación de heces y orina y por la disminución del pisoteo (porque los periodos de ocupación son cortos), así mismo aumenta la productividad y permite el manejo de más cabezas de ganado

en la misma superficie. Otras ventajas de este sistema son: la disminución gradual de control de arvenses, porque al manejar altas cargas en periodos cortos de tiempo, el pastoreo selectivo cambia a un consumo voraz debido a la competencia y el pastoreo se hace a fondo, es decir, casi al ras del suelo, entonces la mayor parte de las plantas asociadas pasan a constituir la base forrajera (Halfiter et al, 2018).

Con el manejo sustentable del Pastoreo Racional Voisin, hay una mejor eficiencia para la producción y aprovechamiento de factores fundamentales como: energía solar, fotosíntesis y biocenosis. Esto evidencia una mayor productividad general y en si en el forraje (Pitton, 2013).

El sistema PRV debe cumplir con 4 leyes importante para mejorar la productividad de las praderas, aumentar la fertilidad de los suelos, disminuir costos y mejorar la calidad nutritiva de los forrajes para incrementar los parámetros productivos en los animales. Las leyes son:

2.1.2.1. Ley de reposo. se tiene que dejar descansar el potrero el tiempo suficiente, para que el pasto llegue a su crecimiento óptimo y pueda ser nuevamente consumida por el animal.

2.1.2.2. Ley de ocupación. retirar los animales del pastoreo, para evitar que los animales se consuman los rebrotes, debe ser fundamental para el crecimiento de las pasturas.

2.1.2.3. Ley del rendimiento máximo. ayudar a los animales que requieran de mayores exigencias nutricionales a que consuman una mayor cantidad de pasto de buena calidad.

2.1.2.4. Ley de los rendimientos regulares. permanecía de los animales, no pasar los 3 días, porque entre mayor tiempo permanecen en el potrero habrá menos cantidad y calidad del forraje.

El Pastoreo Racional Voisin, es un sistema de producción que se enfoca en las prácticas agroecológicas y se caracteriza por propiciar un equilibrio entre los tres elementos: Suelo – Pastizal – Ganado. Según Pitton, (2013) dice lo siguiente:

2.1.2.5. Interacción suelo – pastizal. El suelo provee al pastizal el soporte y los nutrientes necesarios para su desarrollo y logro productivo. El pastizal brinda al suelo la cobertura que protege de erosión por el agua de la lluvia y demás factores climáticos, aportando así nutrientes y materia orgánica.

2.1.2.6 Interacción ganado – pasto. El ganado brinda con el pastaje el momento oportuno para estimular el crecimiento, a través del efecto poda y efecto saliva. El pasto cuando ya es obtenido (pasteado) en el momento adecuado de su ciclo de crecimiento, ya ha almacenado las reservas nutritivas necesarias para un inicio vigoroso de su rebrote. Según Pinheiro (2011), a través del “efecto saliva”, las plantas pastoreadas por bovinos, ovinos y caprinos tienen el rendimiento del rebrote aumentado en hasta el 44%. El agente encargado de ese aumento de producción es la tiamina de la saliva.

2.1.2.7. Interacción ganado – suelo. El suelo brinda al ganado a través de los forrajes los nutrientes necesarios para su desarrollo y logro productivo. Y el ganado fertiliza el suelo directamente a través de sus desechos (heces y orina), si se utiliza de manera adecuada este tendrá un gran poder en la transformación del suelo desarrollando la biocenosis (vida en el suelo) y favoreciendo la disponibilidad de nutrientes.

2.1.2.8. Enfoque agroecológico. El enfoque agroecológico consiste en sistemas sostenibles de producción, donde se respeta el conocimiento del productor en concordancia con los desarrollos de la tecnología para la producción de alimentos sanos y de máxima calidad, evitando el uso de sustancias químicas y organismos modificados genéticamente (conocidos como transgénicos), así como procurar la conservación del ambiente y del entorno natural, manteniendo el medio físico y la atmósfera sin contaminación, la fertilidad natural del suelo y la biodiversidad; en el caso de sistemas de producción pecuarios ecológicos se adiciona el proporcionar bienestar animal,

brindando las condiciones que son necesarias para el desarrollo adecuado, evitando el maltrato e incomodidades a lo largo de la vida de los animales: alimentación, manejo, transporte y criterios éticos previos al sacrificio. Los niveles ecológicos y sociales de la coevaluación, la estructura y funcionamiento de los sistemas, en la que alienta a los investigadores a conocer de la sabiduría y habilidades de los campesinos y a identificar el potencial sin límite que doten a los agro-ecosistemas con la capacidad de mantenerse o volver a un estado innato de estabilidad natural; este rendimiento sustentable de los agro-ecosistemas proviene del equilibrio óptimo de cultivos, suelos, nutrientes, luz solar, humedad y otros organismos coexistentes. (Chaverra, 2018).

Pinheiro, (2011) considera que las razones principales por las cuales se debe implementar el PRV son las siguientes:

Aumento de producción por hectárea: una división racional (en cuanto cantidad, formas, uso y equipamientos), lo que da la posibilidad de optimizar el aprovechamiento de las praderas, que se evidencia en un aumento en la producción de leche y/o carne por hectárea.

Disminución del costo por unidad de producto: se lograr el máximo aprovechamiento de la energía solar como insumo, cuyo valor es cero (0), se aumentará la producción de pasto como materia prima.

Aumento en la fertilidad del suelo: al logra una estimulación de los factores bióticos del suelo que produce como resultado la recuperación, la mejora y el aumento de la fertilidad del mismo.

Protege el ambiente, promueve una alta tasa de secuestro de carbono y controla la erosión: en el sistema PRV no se usan fertilizantes químicos ni agro-tóxicos y se evita el arado del suelo, lo que promueve mantener una alta calidad ambiental por medio de la utilización de procedimientos armónicos con la naturaleza.

Bienestar animal: Además de ser una imposición de orden moral, obtiene mayores niveles de eficiencia productiva, los cuales se reflejan en la disminución de costos o aumentos de beneficios. Para ello el bienestar animal debe ser rigurosamente respetado, se les debe proporcionar el pasto con el punto óptimo de reposo y suficiente agua, cada parcela debe tener su propia sombra y los animales deben ser manejados sin ningún tipo de violencia que incentive el estrés y/o enfermedad de estos.

Mantenimiento del balance energético positivo: el proceso de producción de la carne se basa en un consumo energético, que, en lo fundamental, se obtiene del pasto y el mismo constituye una fuente de energía renovable.

Se producen alimentos limpios y la producción es orgánica: no se usan fertilizantes químicos ni agro-tóxicos; además, como la carne se produce a base de pasto tiene un menor contenido de colesterol y un mayor nivel de CLA (ácido láctico conjugado). De acuerdo con lo anterior, el sistema PRV no solo ayuda a que el animal ingiera una mejor calidad de alimento, sino también a producir alimentos de alta calidad biológica para el consumo humano.

Se torna viable la integración de factores: para la implementación del PRV se deben integrar todos los factores disponibles en la unidad de producción y en la región en la que se llevará a cabo, lo que se conoce como “atención a la cultura local”, puesto que se exige que la misma sea naturalmente respetada desde todo punto de vista.

Es esencial para la agricultura sostenible y la agroecología: la agricultura sostenible implica la optimización del empleo de los recursos naturales y socio económicos disponibles, para lograr una producción de alimentos limpios, materias primas, bienes y utilidades de forma sustentable en el tiempo y en el mismo espacio físico con eficiencia social, económica, técnica, energética, ambiental y culturalmente. Además, implica la sustentabilidad del ser humano, es decir, la atención

a las condiciones mínimas requeridas (salud, vivienda, trabajo, educación y cultura) para el bienestar de las personas y de esta manera lograr maximizar el beneficio social y económico para conseguir la auto-sustentabilidad del proceso productivo.

Se logra una mayor ganancia económica real: el PRV genera un retorno de inversión competitivo con respecto a otras actividades agrícolas; además, disminuye los costos unitarios y protege y mejora el capital básico constituido por el suelo y los recursos naturales.

2.1.3 Implementación del PRV

Se ha determinado que con este sistema se puede incrementar el número de cabezas por hectárea, habiendo registros de hasta 7 a 8 animales adultos por hectárea (Pinheiro, 2011).

Según Pinheiro (2011) al ser un sistema que no usa fertilización químicos, los pastos requieren de más tiempo de reposo para su rebrote. Estudios reportan que el reposo para el trébol blanco no puede ser inferior a los 45 días, el Kikuyo requiere de 33 días y el Ryegrass necesita 43 días (Villalobos y Arce, 2013). Aunque esto que varía de acuerdo a las condiciones climáticas y ambientales de la región.

Terán (2015) estableció 60 días de reposo a los potreros bajo el sistema de manejo PRV y obtuvieron mayor producción de materia seca por hectárea con los tratamientos bajo el sistema PRV. Esto se debe a que los tratamientos bajo el sistema PRV tenían un tiempo de reposo de 60 días, mientras que los tratamientos bajo el sistema convencional tenían tan solo 30 días de reposo. El rendimiento de materia seca de los pastos, se determinó que existe mayor rendimiento en los tratamientos bajo el sistema de PRV (4.00 ton/ha) frente a los tratamientos bajo el sistema convencional (2.71 ton/ha). Por el contrario, obtuvo que los tratamientos que presentaron un mayor porcentaje de proteína cruda fueran aquellos bajo el sistema convencional frente a los que se encontraban bajo la influencia del sistema PRV. Esto se debe a que los tratamientos bajo el sistema

convencional recibieron fertilización química cada vez que los animales salían de los potreros. Sobre los costos, los autores concluyen que los costos de establecimiento y mantenimiento, en el sistema PRV estos fueron 24.8% más bajos que en el sistema convencional.

El PRV tiene efectos sobre la biocenosis del suelo. Según un estudio comparando el pastoreo Rotacional Intensivo Racional y en el Rotacional Tradicional, en el primero, se informan valores superiores en N ($P < 0.001$) y MO ($P < 0.001$) y un ligero incremento en el pH ($P < 0.05$), mientras que en el segundo no se registraron incrementos en los indicadores evaluados. Estos autores plantean que al someter un potrero a un sistema de manejo intensivo se incrementa, marcadamente, la fauna presente en el mismo, así como la biota edáfica, principalmente poblaciones de coleópteros y oligoquetos, lo que beneficia la fertilidad del suelo por los aportes que realizan estos organismos al descomponer e incorporar la materia orgánica (Feria et al. , 2002).

Sugieren también, que el método de Pastoreo Rotacional Intensivo Racional en pastizales naturales, sin riego ni fertilización, permite alcanzar ganancias de peso adecuadas para sistemas de bajos insumos y mejorar los indicadores de estructura y calidad del pasto y los principales de fertilidad del suelo (Feria et al. , 2002).

Además, el sistema PRV empleado adecuadamente incrementa la fertilidad de los suelos dando incremento en los niveles de fósforo, potasio y materia orgánica. Al no existir muerte de los microorganismos benéficos del suelo; al no utilizar químicos que afecten su desarrollo ni existir agresión contra ellos; al no utilizar maquinaria pesada dentro de dichos campos y al ser un sistema intensivo con más carga animal (Feria et al. ,2002).

2.1.4 Efecto de las heces bovinas sobre el suelo

Las excreciones de los animales mejoran la estructura del suelo, aportan elementos minerales y orgánicos y modifican la vida de la micro flora y micro fauna, aumenta así el contenido

de materia orgánica del suelo, lo que mejora el pH e incrementa la capacidad de intercambio catiónico (Feria et al. ,2002).

Según, Del pino et al (2008) reportan que la aplicación de estiércol incrementa la actividad y cantidad de biomasa microbiana del suelo y, son una alternativa para reducir el uso de agroquímicos, entre ellos los fertilizantes.

En promedio un bovino aporta con 25 kg de excremento y 14 litros de orina al día. Tomando en cuenta solo el estiércol se ha calculado que un bovino de 500 kg regresa al suelo 82,08 kg de N, 12.80 kg de P₂O₅, 35,6 kg de K₂O y 31,90 kg de Ca al año. En consecuencia, con una alta carga animal por hectárea el estiércol aportará una cantidad anual sumamente alta de nutrientes al suelo sin requerir de químicos (Pinheiro, 2011). Según Sosa (2005), al incorporar 20.000 kg/ha de estiércol fresco de vacuno con 80 % de humedad se aporta al suelo con 50.8 kg de nitrógeno, 33.6 kg potasio y 32.4 kg de fósforo asimilable.

Según exiagricola (2021), la cal dolomita es un mineral compuesto por carbono de calcio y magnesio, la cual está destinada a corregir la acidez del suelo y es un fertilizante simple por su alto contenido de magnesio y calcio los cuales incrementan la disponibilidad de nitrógeno, potasio y fosforo, además neutraliza la toxicidad de manganeso, hierro y aluminio; favoreciendo la estructura del suelo y acelerando la descomposición de la materia orgánica, optimizando el crecimiento, rendimiento y calidad de los pastos..

2.1.5 Interpretación análisis de suelo

Es un aspecto importante que se debe tener en cuenta, no solo para conocer los niveles críticos, si no para poder interpretar la interdependencia de los elementos y las propiedades del suelo y así mismo medir el efecto de las condiciones climáticas.

Enseguida se presentan algunos elementos relacionados con la interpretación de resultados de análisis de suelo. (Baquero, 2018)

2.1.5.1. El pH reacción en el suelo y sus efectos. Menor de 5.5, muy ácido. Posible toxicidad del aluminio y del manganeso, puede presentar deficiencia de P, Ca, Mg y MO.

De 5.5 a 5.9. Moderadamente ácido, baja solubilidad del P y regular disponibilidad del Ca y Mg. De 6.0 a 6.5. Ligeramente ácido, condición adecuada para el crecimiento de los cultivos. Menor de 6.3 y 7.3 Casi neutro o neutro buena disponibilidad de Ca y Mg; moderna disponibilidad del P y baja disponibilidad de micronutrientes a excepción de la MO. De 7.4 a 8.0 alcalino, posible exceso de carbonatos, baja solubilidad del P y micronutrientes a excepción de la MO. Se inhibe el crecimiento de varios cultivos o plantas.

En la mayoría de las plantas se puede observar visualmente el efecto negativo cuando el pH está por debajo de 4.8. Las recomendaciones de cal para neutralizar la acidez en el suelo son mayores en suelos arcillosos y requieren mayor cantidad de cal que los suelos con textura arenosa. El azufre (S) elemental o sulfato de aluminio (Al_2SO_4) se recomiendan para acidificar el suelo (bajar el pH del suelo) para plantas que requieren suelos ácidos. Los valores de pH del suelo (medidos en agua) pueden variar hasta por 1.0 unidades de pH o más durante la temporada de crecimiento. En general, los valores de pH son más altos en los meses fríos y húmedos de invierno y menores durante los días calientes y secos del verano.

2.1.5.2. Materia orgánica Es una fuente principalmente de N, P, S y de algunos elementos menores, además mejora las propiedades físicas y tiene gran influencia en la capacidad de intercambio catiónico.

Cuadro 1*Estimativo de materia orgánica en el suelo*

CLIMA	BAJO	MEDIO	ALTO
Frio	< 5	5-10	>10
Templado	< 3	3-5	>5
Cálido	< 2	2-3	>3

Nota: Información adquirida Baquero, (2018)

Cuadro 2.*Estimativo conceptual de las bases del suelo*

CLIMA	UNIDADES	BAJO	MEDIO	ALTO
Calcio	meq/100g	< 3	3-6	>6
Magnesio	meq/100g	< 1.5	1.5-2.5	>2.5
Potasio	meq/100g	< 0.20	0.20-0.40	>0.40
Aluminio	meq/100g	<0.25	0.25-0.5	>0.5
Fosforo	mg/kg	< 10		>200
Zinc	mg/kg	< 1.5	1.5-3	>3
Cobre	mg/kg	< 1	1-3	>3
Manganeso	mg/kg	< 5	5-10	>10
Hierro	mg/kg	< 10	15-50	>50

Nota: Información adquirida Baquero, (2018).

Un análisis de suelos de rutina es una guía que describe la disponibilidad de nutrientes, estos análisis convencionales solo miden una porción del total de nutrientes disponibles en el suelo; los suelos tienen grandes cantidades de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas,

pero solo una pequeña parte se encuentra en forma absorbible por las raíces. Según Espinoza; L. Slaton (2012) da la siguiente descripción para interpretar un análisis de suelos.

2.1.5.3. Fósforo (P) y Potasio (K) Estos dos son de los tres macronutrientes (el otro es nitrógeno) requeridos por las plantas para un crecimiento óptimo. Estos nutrientes son requeridos en cantidades grandes en comparación con los micronutrientes (Zinc, Hierro, Boro, Manganeso, etc.). La respuesta a la fertilización con P no es común cuando los niveles P en el suelo son ≥ 36 ppm para cultivos agronómicos y pastos. Las respuestas a la fertilización con potasio no se observan comúnmente cuando los análisis de suelos dan resultados arriba de 175 para vegetales, cultivos agronómicos y pastos.

2.1.5.4. Calcio (Ca) y Magnesio (Mg): La mayoría de los suelos arenosos tienen concentraciones menores de 400 a 500 ppm de Ca, los suelos arcillosos usualmente contienen arriba de 2,500 ppm. Normalmente, el contenido de arcilla incrementa con altos contenidos de Ca. Aplicaciones recientes de cal pueden resultar en niveles más altos de calcio. Si el pH del suelo es mantenido en los rangos recomendados para el crecimiento óptimo de los cultivos, las deficiencias de Ca no son muy comunes. En general, los suelos arcillosos necesitan más cal que los suelos de textura media para subir el pH del suelo a los niveles deseados. Existe poca información disponible sobre la respuesta de los cultivos a aplicaciones con Mg, pero si el análisis de suelo es menor de 31 ppm, los reportes de suelo sugerirán aplicaciones de magnesio. La mayoría de suelos bajos en magnesio son usualmente ácidos y bajos en Ca.

2.1.5.5. Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Boro (B): Los niveles extraíbles de estos micronutrientes aparecen en los reportes de análisis de suelo. Sin embargo, con la excepción del zinc, los niveles de estos no afectan las recomendaciones de fertilización. Los análisis de suelos con niveles de zinc por debajo de 4 ppm y con pH arriba de 6.0 generaran una

recomendación para la aplicación de zinc. Niveles muy altos de micronutrientes no indican necesariamente que una planta será afectada por toxicidad del micronutriente específico. Mostrando, análisis de suelos con niveles de hierro arriba de 200 ppm y niveles de zinc arriba de 40 ppm son algunas veces observados, pero dichos niveles no son tóxicos para una planta en la mayoría de los casos. Por otra parte, niveles de manganeso que excedan 200 ppm, acompañado con pH de suelos de 5.2, podrían resultar en toxicidad de Mn. Este problema en particular es fácilmente corregido aplicando las cantidades recomendadas de cal al suelo. Un análisis de suelo con niveles de pH 6.5 y niveles de Mn menores de 20 ppm, posiblemente requieran fertilizantes con Mn.

2.2 Método

2.2.1 Ubicación del Proyecto

El proyecto se realizó en la finca UIS, ubicada en la vereda Pescaderito en el kilómetro 5 vía Bucaramanga y en los laboratorios de la Universidad Industrial de Santander sede Málaga.

2.2.2 Descripción Condiciones Agroecológicas

A Continuación, se describieron los datos agros meteorológicos tomados por la estación meteorológica más cercana al área experimental, en la ciudad de Málaga.

Georreferenciación 6°43'20.67''N, 72°45'06.36''OE con una elevación de 2782 metros.

Presión atmosférica: 1009.6 mbar

Humedad: 60-96%

Temperatura: 11.2 a 28 °C

Radiación máxima: 1225 W/m²

viento: 7-24 km/hora

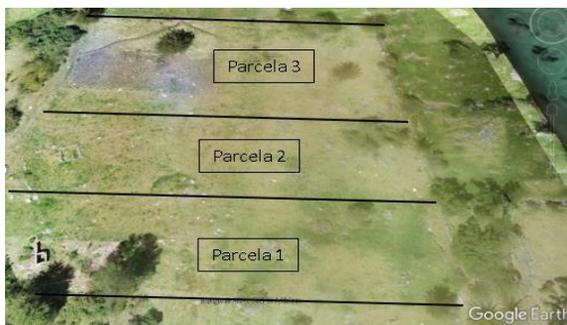
2.2.3 Área Experimental

El experimento se realizó en el Lote 1 de la Finca UIS, utilizando un área de 0,081 ha actualmente, en este potrero se manejaba un sistema doble propósito con pastoreo rotacional tradicional. Las pasturas presentes son: Kikuyo (*Penicetum clandestinum*), Falsa poa (*Holcus lannatus*), Trébol rojo (*Trifolium patrense*). Oloroso (*Anthomxanthum odoratum*) y Gramalote (*Paspalum fasciculatum*). Estas pasturas se establecieron desde muchos años atrás y fueron manejadas intensivamente, sin fertilización, lo cual conllevó a la propagación de malezas. Estos potreros no fueron sometidos a ningún tipo de labranza, debido a las condiciones de accesibilidad del terreno.

El lote fue dividido en 3 parcelas (Figura 1), debido a la variación visual que había en el porcentaje de cobertura, siendo que la primera tenía mayor cantidad de forraje, con predominio de pasto kikuyo (40%) y menor proporción de las otras pasturas, la segunda, con menor porcentaje de pasto kikuyo (24%) y con presencia de malezas y montículos de piedras y la tercera presentaba menor porcentaje de pasto kikuyo (14%) y predominio de pasturas de menor calidad y montículos de piedra.

Figura 1

Lote experimental y parcelas experimentales



Nota: La figura representa la división del lote en tres parcelas experimentales.

2.2.4 Georreferenciación del área experimental:

Se elaboró el mapa de la pradera utilizando un equipo de GPS Garmin y se procesara la información a través de sistema Google Earth Pro, en el cual se calcularán las medidas de cada potrero para determinar la división de potreros.

2.2.5 Cálculo del número potreros:

El lote 1 fue dividido en 60 potreros, donde cada potrero tuvo un área de 182 m² (13, 5 cm largo x 13, 5 cm de ancho), de acuerdo a la homogeneidad encontrada en las condiciones de las pasturas, esta área no toma en consideración las piedras presentes. Para la división de los potreros en los tamaños requeridos se utilizaron postes de madera fijos y cercas eléctricas.

2.2.6 Diagnóstico de las Parcelas Experimentales

Se realizó un diagnóstico al comienzo del experimento de la situación actual del lote (Día 0) y durante cada ciclo de 60 días (Día 60, Día 120 y Día 180), se tomaron muestras al azar de 4 unidades experimentales por cada parcela, teniendo en cuenta las siguientes variables de estudio:

Cuadro 2

Variables de estudio

SISTEMA	SUBSISTEMA	VARIABLES	MÉTODOS
Físico	Suelo	Características químicas del suelo.	físico- Análisis de suelo
Biótico	Flora	Biomasa disponible. Capacidad de carga.	Aforos % de cobertura de la vegetación

Nota: En el cuadro se representa las variables de estudio que se trabajaron en el experimento.

2.2.7 Caracterización de la Cobertura Especies Forrajeras

Para evaluar la composición de la cobertura de las pasturas se identificarán visualmente áreas con pasturas altas y pastura bajas en cada una de las unidades experimentales, por medio de un marco de PVC con medidas de 1m x 1m, donde se identificaron las especies vegetales, calculando el porcentaje de cada pastura.

2.2.8 Análisis de Suelo

Se realizarán los análisis de suelo a cada una de las parcelas, siguiendo las recomendaciones de AGROSAVIA:

Seleccionar un área homogénea dentro de la finca.

Realizar un recorrido en el campo para seleccionar la muestra, los recorridos son comúnmente en diagonal, tipo zeta o en zigzag y tomar varias muestras del terreno recorrido.

En el sitio donde se tomó las sub-muestras, limpiar la capa vegetal para evitar contaminación de la muestra del suelo.

Realizar un hoyo con la pala a una profundidad de 20-30 cm.

Tomar la muestra de la pared del hoyo.

Con un bisturí retire los bordes de la sub-muestra de suelo para evitar contaminación de la muestra.

Colocar la muestra dentro del balde limpio.

Después de tomar las sub-muestras mezclar hasta que quede homogeneizar todo el suelo.

En una bolsa colocar aproximadamente 1 kg de suelo y cierre muy bien.

La muestra se llevar a laboratorio de conversión ganadera de la Universidad Industrial de Santander sede Málaga.

2.2.9 Aforo

Se utilizará un marco de PVC de 1m x1m. Igualmente, en 4 unidades experimentales por parcela se determinará de la siguiente manera:

Se realiza una evaluación cualitativa, donde se califica subjetivamente donde está creciendo el pasto más alto, el medio y el bajo (Martínez, 2010)

Se otorga una calificación cuantitativa, otorgando un valor a cada nivel de crecimiento (Rúa Franco, 2009).

Se coloca el cuadro del aforo para delimitar el área completamente al azar (zigzag).

Se corta la sub-muestra, se pesa y se saca una ponderación de la producción de forraje verde que se obtuvo.

2.2.10 Determinación de la capacidad de carga

Para calcular la capacidad de carga (CC), se debe calcular primero la producción de forraje por metro cuadrado (AFORO). Se estima la producción total de la pradera, según Delgado (2017):

Donde **D**: Producción total pradera---- **E**: Área de la pradera---**A**: Pcc/m²

$$\mathbf{D: E \times A}$$

Se calcula la cantidad de pasto que el animal aprovecha teniendo en cuenta que su desperdicio oscila entre 20%.

$$\mathbf{G: D \times H\%}$$

Donde **G**: perdida—**D**: Produccion total--- **H**: %Perdida.

Se estima la cantidad de forraje que consume el animal, tomando como base el consumo diario, equivale al 12% de su peso vivo. En el experimento de estudio se tomó las U.A (300kg), porque

cada animal con que se trabajo tuvo un peso muy homogéneo de aproximadamente 300 kg y a base de este peso se estimó la cantidad de forraje que estaban consumiendo

$$\mathbf{O:} \text{ Consumo en kg x L}$$

O: Consumo diario del lote--- **L:** Total U.A del lote.

Se calcula el periodo de permanecía, es decir los días que durarán en el potrero.

$$\mathbf{H:} J \text{ kg/O kg por día.}$$

Luego se calcula en consumo total de todo el predio de rotación (Q).

$$\mathbf{Q:} O \times P \text{ (días de rotación)}$$

Después se calcula el área de pastoreo para el lote de animales (R).

$$\mathbf{R:} Q/K \text{ (pasto aprovechable).}$$

Finalmente, se calcula la capacidad de carga (S)

$$\mathbf{S:} L/R$$

2.2.11 Sistema de Pastoreo Racional Voisin

2.2.11.1. Periodo experimental. El periodo experimental tuvo una duración de 6 meses, el cual se dividió en tres ciclos incluyendo el día 0, cada ciclo tuvo una duración de 60 días, que corresponde a los días en que los animales rotaron por los potreros.

2.2.11.2. Periodo de ocupación. El periodo de ocupación que se realizó en este experimento de estudio fue de 1 día, es decir cada mañana los animales se iban cambiando de potrero, con el fin de realizar un corte diario al pastizal y así minimizar la compactación o pisoteo

en cada uno de los potreros, estimulando el desarrollo de las pasturas. de acuerdo a la ley de ocupación (Matamoros, 2020b)

2.2.11.3. Periodo de reposo. El periodo de reposo que se estableció para este este experimento fue de 60 días durante los tres ciclos de rotación, según las recomendaciones de Corpoica (1994), y a que Soto (2005) indica que el corte del pasto kikuyo a los 60 días mantiene la calidad nutricional. Este periodo se determinó así, con el fin de darle una máxima recuperación a las pasturas y favorecer su crecimiento. El manejo que se llevó a cabo en este periodo de tiempo consistió en la distribución del estiércol junto con la cal dolomita que se aplicó al boleó o tanteo una cantidad considerable, inmediatamente después de cada pastoreo, esta última como enmienda para corregir principalmente la acides del suelo, se utilizó un rastrillo para ayudar a la incorporación, ya que los animales se cambiaban de ese potrero y no contribuirían con el pisoteo. No se aplicó ningún tipo de regadío por falta de agua para dicho procedimiento.

2.2.11.4. Manejo de Animales. Durante el experimento de estudio se utilizaron cuatro novillos de la raza normando y jersey de aproximadamente 300 kg cada uno, el manejo consistió en una rotación diaria por las unidades experimentales, siempre en las horas de la mañana (8:00am). Para el manejo del agua, se acondicionó un bebedero portátil conectado a una manguera que traía el agua de la quebrada. La cantidad de animales presentes en el lote dependió del aforo inicial que se realizó.

2.3 Análisis Estadístico

Se realizó un diseño de bloques completos al azar y medidas repetidas en el tiempo. Debido a que el lote de estudio no presentaba unidades experimentales muy homogéneas, es decir que la parcela tenía diferencias de cantidad y tipo de forraje y esto podría influir en la variabilidad de los resultados y no sabremos el efecto real del pastoreo propuesto. Por tanto, el potrero se dividió en

3 parcelas (bloque) de acuerdo con el tipo de crecimiento del forraje, es decir, parcela 1 crecimiento alto, parcela 2 crecimiento medio y parcela 3 crecimiento bajo. Cada bloque se dividió en 20 subparcelas (unidad experimental) y todas unidades experimentales fueron sometidas al tratamiento que fue el PRV. Por tanto, el tratamiento tenía 20 repeticiones por bloque. Para la recolección de datos se seleccionaba aleatoriamente 4 unidades experimentales (subparcelas) de cada parcela, durante los 3 ciclos (día 0, día 60, día 120, día 180) siendo estas las medidas repetidas en el tiempo. Como control se consideró el día 0. Las variables evaluadas fueron: análisis fisicoquímico del suelo medidas en Cmol/kg y mg/kg , capacidad de carga de la pradera y UGG, producción de biomasa (kg FV), así como las características foliares (hoja y tallo) y relación hoja – tallo de las plantas (Cm). Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para cada variable del antes y después de los 3 ciclos o tratamientos de pastoreo rotacional, para el análisis de suelo y para las otras variables se consideraron las medidas repetidas en el tiempo. Cuando había diferencia significativa ($p < 0.05$), se el programa InfoStat® versión estudiantil.

2.4 Resultados y Discusión

2.4.1 Características Fisicoquímicas del Suelo

Con el sistema PRV junto con la aplicación de la enmienda calcárea, hubo una modificación del pH, lográndose aumentar el valor de 5.5 ± 0.06 a 5.83 ± 0.07 , al realizar los 3 ciclos experimentales ($p < 0.05$). Esto indica que los suelos continúan con su característica de ser suelos moderadamente ácidos, lo cual es una característica representativa de los suelos en Colombia. Cuando el pH en el suelo es menor a 4.91 causa la disminución en la producción de biomasa, el largo de las hojas y la concentración de proteína cruda del kikuyo (Mancipe, 2018).

Cabrales et al (2007), afirma que el rango óptimo de pH para el crecimiento de la mayoría de las pasturas, oscila entre 5.5 y 6.5. En este sentido, el valor promedio obtenido en esta

investigación, se mantuvo en dicho rango. Junto con la acidez del suelo se encontraron concentraciones bajas de magnesio (Mg) de 0.35 cmol(+)/kg lo cual definió el tipo de enmienda que deberíamos aplicar, escogiéndose la cal dolomita como única enmienda química implementada en el sistema PRV. Cuyo resultado fue el aumento ($p < 0.05$) de la concentración de Mg 0.43 cmol(+)/kg. Sin embargo, estas concentraciones siguen siendo bajas para los requerimientos de Mg de los animales.

Igualmente, se registró un incremento de la materia orgánica (MO, %) pasando de $4,31 \pm 0,19$ a $8,50 \pm 0,30$ con la implementación del PRV ($p < 0.05$), confirmando lo que dice Baquero (2018), que los rangos óptimos del porcentaje de materia orgánica en clima fríos son de 5-10%, este aumento está asociado a la fertilización orgánica proveniente de las heces de los animales, es decir que las deposiciones de heces incrementan el contenido de materia orgánica y otros minerales (Pinheiro, 2011). Castro, et al (2020) dice que la acción de la materia orgánica es como un catalizador de la vida del suelo y que en el PRV la alta concentración de heces hace viable su desmineralización con el desencadenamiento de reacciones fundamentales en el incremento de la fertilidad y mejoras físicas del suelo, devolviendo al suelo nutrientes necesarios para que los microorganismos vivos que habitan en él produzcan un importante depósito de materia orgánica.

Esto a su vez favorece la actividad y cantidad de biomasa microbiana del suelo (Del pino et al. , 2008). Así mismo, la entrada de materia orgánica, es un recurso energético rápidamente explotado por los invertebrados edáficos (Díaz et al. , 2014). Esto representa de manera indirecta que la mayor cantidad de materia orgánica favorece el aumento de la mesofauna edáfica y esto contribuye a recuperar las características ecológicas del suelo (Socarrás, 2013). Sin embargo, este indicador biológico no fue evaluado en este experimento.

En la tabla 1 se describen los resultados del análisis de suelo del ciclo 0 (antes) y luego de los 3 ciclos realizados (después).

Tabla 1

Características químicas del suelo

Variables	Ciclos				Valor-p
	0	D.E	1	D.E	
pH	5,5 a	0,10	5,83 b	0,12	0,0194*
MO (%)	4,31 a	0,19	8,50 b	0,30	<0,0001*
Ca Ínter (Cmol+)/kg	8,07 b	0,85	4,74 a	1,50	0,0241*
Mg Ínter (Cmol+)/kg	0,35 a	0,03	0,43 b	0,04	0,0500*
K Ínter (Cmol+)/kg	0,18 a	0,02	0,2 a	0,05	0,5038
Al Ínter (Cmol+)/kg	0,19 a	0,07	0,17 a	0,07	0,7519
P Dispo mg/kg	8,19 a	1,01	8,86 a	1,10	0,4829
Cu Dispo mg/kg	0,93 a	0,06	1,01 a	0,09	0,2508
Zn Dispo mg/kg	2,83 a	1,16	3,34 a	1,24	0,6677
Mn Dispo mg/kg	3,81 a	0,81	4,96 a	2,43	0,4819
Fe Dispo mg/kg	560,91a	81,88	498,67 a	81,35	0,4032

Nota: En la tabla se puede observar las características químicas del suelo antes y después de implementar el sistema de pastoreo voisin. **MO:** Materia orgánica **D.E:** Desviación estándar, **INTER:** Intercambiable, **DISPO:** Disponible. Las letras minúsculas en cada fila indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

En el momento 0 (Día 0) el suelo presentaba concentraciones altas de calcio $8,07 \pm 0,85$ cmol(+)/kg, posteriormente (Día180) se registró una disminución en el calcio con la implementación del sistema PRV ($p < 0,05$), lográndose obtener valores de $4,74 \pm 1$, kg, esto indica que los niveles de calcio en el suelo llegaron a un rango óptimo, según Baquero (2018), quien nos

indica que el calcio debe estar en 3, este cumple un papel fundamental en la estructura del suelo siendo el catión que predomina en el complejo sorberte de un suelo (Guevara, 2017).

El magnesio, aluminio y fosforo, aunque no presentaron diferencias ($p < 0.05$) en el experimento, pero si se registra una baja cantidad de estos elementos en el suelo, según Fernández (2007) esto es debido a que en suelos ácidos se produce la precipitación de fosfatos de aluminio, altamente insolubles, lo que conduce a concentraciones muy bajas de fosfatos en el suelo. Precisamente, para bajar la acidez del suelo y lograr incorporar los minerales deficientes, se realizó la incorporación de la enmienda calcárea (cal dolomita), pero no se obtuvieron los resultados significativos, a pesar de presentar diferencias numéricas en algunos casos (Figura 4).

Exiagricola (2021) recomienda para los suelos tropicales las aplicaciones de cal es de 1 – 2 t. ha⁻¹ durante cada dos o tres años puede ser suficiente para regular la acidez, en la mayoría de los suelos la aplicación de 1 tonelada de cal/ha genera un incremento teórico de 0.15 puntos de pH, pero con la aplicación de 1 tonelada de dolomita permite un incremento de 0.18 unidades de pH debido al mayor contenido de carbonato que posee esta enmienda (Demanet, 2017). Para el caso del pH, si se logró el aumento de 0.3 unidades de pH.

Por otro lado, dada la saturación de calcio, con la aplicación de concentraciones mayores a 3 ton/ ha, se pude causar un efecto contrario al esperado, es decir que por el exceso de calcio disponible en el suelo puede generar una reducción en la disponibilidad del fosforo, debido a la formación de fosfatos de calcio haciendo que las plantas no puedan absorber los mismos. (Demanet, 2017).

Otro factor que tuvo influencias para la incorporación de la cal al suelo en las pasturas ya establecidas fueron, el pisoteo del ganado, el riego y las lluvias, sin embargo, la aplicación que se realizó con la cal se hizo después de salir los animales, al que solo volverían 60 días después;

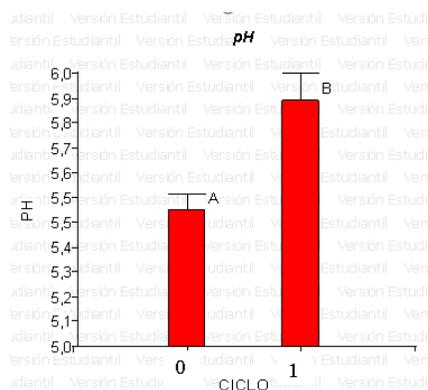
perdiendo el efecto del pisoteo, así mismo la escases de las lluvias que si dieron en ese periodo de tiempo no ayudaron para que la cal se incorporar de manera adecuada al suelo, ya que estas enmiendas tienen que estar en contacto con el agua para la neutralización del pH.

El análisis de suelo hace suponer que la enmienda aplicada aún no ha reaccionado en el suelo, lo que se puede confirmar con el resultado del análisis físico de la enmienda utilizada, presentado por la Industria Nacional de Cementos (s.f.), productores de Carboazul. Se debe esperar por lo menos de tres a seis meses para empezar obtener resultados de la reacción del producto en el suelo.

Por lo anterior se puede decir que los cuatro meses que aproximadamente transcurrieron entre la aplicación y el muestreo de suelo no fueron suficientes para que se dé el efecto total de la enmienda en el suelo y de aquí que no se observen cambios importantes en el análisis químico del suelo.

Figura 2

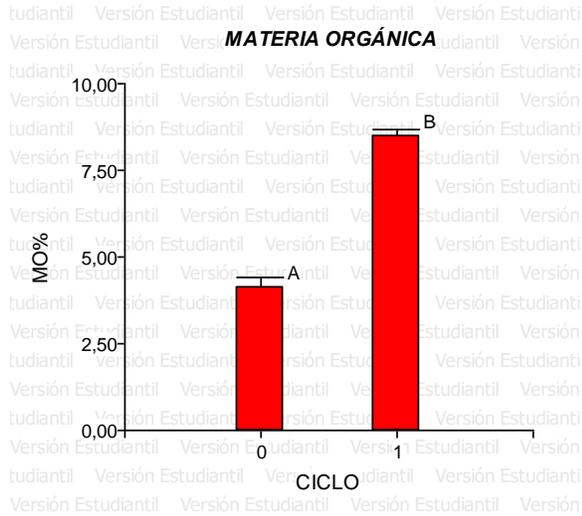
Comparación del pH del suelo



Nota: En la figura se representa la comparación del pH antes (0) y después de 180 días experimentales (1).

Figura 3

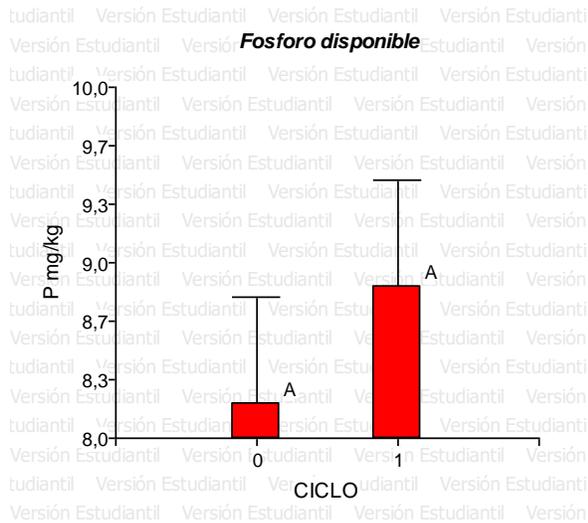
Composición de materia orgánica



Nota: La grafica representa la composición de materia orgánica presente en el suelo antes (0) y después de 180 días experimentales (1).

Figura 4

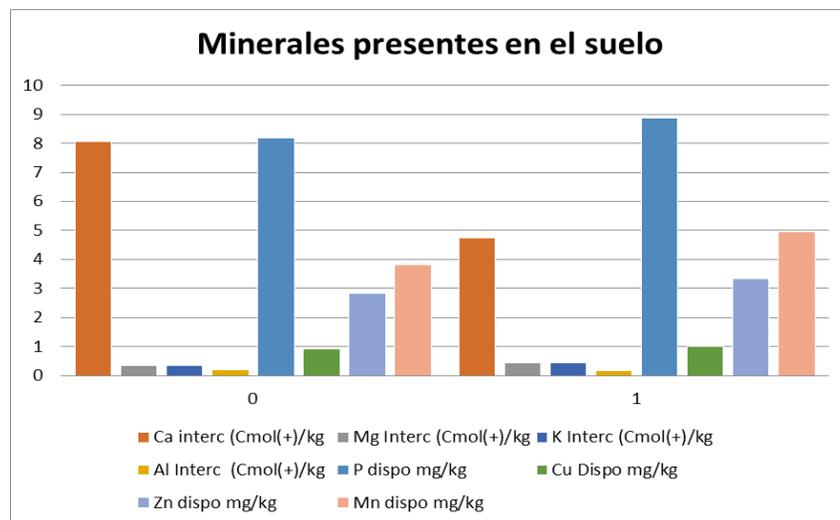
Composición de fósforo disponible (P, mg/Kg)



Nota: la gráfica representa la comparación del Fosforo disponible en el suelo antes (0) y después de 180 días.

Figura 5

composición de los minerales presente en el suelo

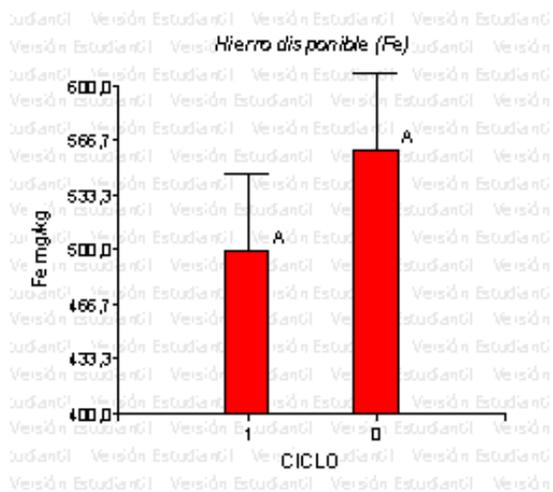


Nota: La figura representa la comparación de todos los macro minerales y micro minerales antes y después de 180 días experimentales.

En cuanto al hierro (Fe) no tuvo un incremento con la implementación del PRV ($p < 0.05$), lo que indica que los valores fueron similares antes y después de implementar el sistema de estudio. Toledo (2016) exponen que la disponibilidad de hierro incrementa cuando el pH disminuye, siendo ideal un pH de 6,5, además al tener una relación con el Zn y Mn los cuales tampoco presentaron diferencia ($p < 0.05$), después de la implementación del sistema, hizo que el Fe no disminuyera ya que presentan esta relación entre ellos y viceversa. La concentración de hierro, zinc y manganeso está dentro de los rangos establecidos, según Espinoza et al (2012) afirman que los niveles muy altos de micronutrientes no indican necesariamente que afecten por toxicidad a las plantas. Los análisis de suelos con niveles de hierro arriba de 200 ppm y niveles de zinc arriba de 40 ppm suelen observarse, pero estos niveles no son tóxicos para una planta en la mayoría de los casos. Por otro lado, sobre el manganeso, cuando el suelo presenta acides ($pH > 5,2$) presentaría toxicidad, aunque corregir este problema es fácil aplicando la cantidad adecuada de cal al suelo.

Figura 6

Composición del Hierro presente en el suelo



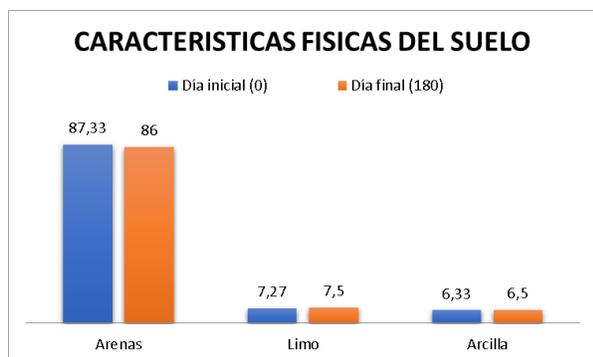
Nota: La figura se puede observar la comparación de Hierro antes (0) y después de 180 días experimentales (1).

Tabla 2

Características físicas del suelo antes (0) y después de 180 días de experimento (1)

VARIABLES	0 (Media±D.E)	1 (Media±D.E)	Valor-p
Arenas	87,33± 0, 58a	86,00± 0,00b	0,0075
Limo	7,27±0,15 a	7,50±0,0 a	0,0572
Arcilla	6,33± 0,06 a	6,50±0,00 b	0,0075
Densidad aparente	0,93±0,02 a	0,94±0,00 a	0,4353

Nota: Las letras minúsculas en cada fila indican diferencia significativa (p<0,05).

Figura 7*Características físicas del suelo*

Nota: la figura representa las características físicas del suelo antes (día inicial) y después (día final) del experimento.

El análisis físico del suelo es para determinar la estructura, porosidad, retención y humedad del suelo. Según los resultados obtenidos la textura de los suelos del lote de I, se clasifican en franco arenoso manteniendo sus valores constantes antes y después de implementar el PRV ($p < 0.05$), ya que este tipo de suelo presentan pH ácidos, carecen de nutrientes y tiene poca capacidad de retención de agua, por ende, se debe añadir materia orgánica o heces del ganado, para proveer los nutrientes necesarios a la planta.

Por eso en el presente trabajo se esparció las heces y la cal en los 60 potreros, durante los ciclos de rotación, pero la falta de lluvia y el corto periodo del experimento no favoreció para que estos minerales se incorporen al suelo, ya que al estar degradados requieren de mucho más tiempo y trabajo para mejorar sus propiedades físicoquímicas de la pradera.

2.4.2 Producción de Forraje y la Capacidad de Carga

Se observó que la capacidad de carga (Tabla 2, representada en la gráfica 7) y las UGG (Tabla 3 y representada en la gráfica 8) en el lote de estudio no presentaron incremento con la implementación del PRV ($p < 0.05$), a diferencia de Brizuela et al (2015) donde la carga animal se incrementó de 0.93 a 2.31, sin suplementar a los animales y con respecto a UGG. Borja (2019) en

la ganadería la Simona (durante 5 años), obtuvo una evolución en la carga animal de 0,7 UGG/Ha a 2,4 UGG/Ha. Diciendo que el fundamento del PRV está enfocado en el desarrollo de la biocenosis del suelo, los tiempos de reposo y ocupación de la pradera. Estas diferencias se dieron porque no hubo suficientes precipitaciones a lo largo del estudio y el estiércol no se difundió de manera adecuada en la capacidad del suelo, haciendo que no creciera suficiente forraje y de este modo no se pudo incrementar la capacidad de carga ni las UGG en el lote.

Tabla 3

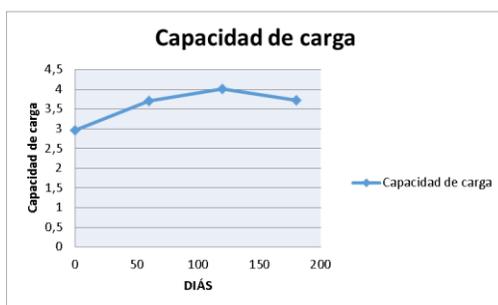
Capacidad de carga de todo el lote 1

Ciclos	C.C	D.E	Valor -p
Día 0	2,97 a	1,00	
Día 60	3,71 a	1,96	0,5195
Día 120	4,01 a	2,18	
Día 180	3,73 a	1,86	

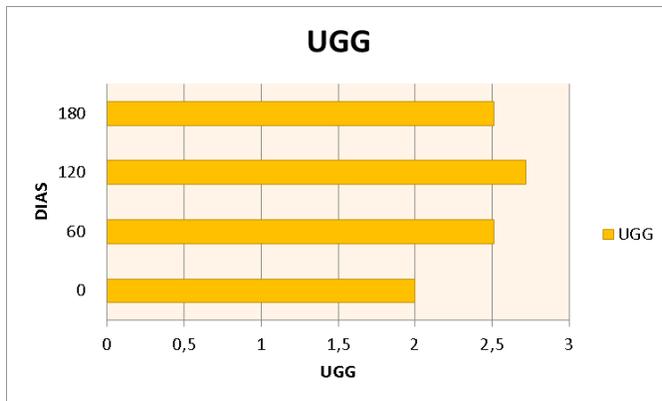
Nota: La tabla representa la capacidad de carga animal que se puede tener en todo el lote 1, durante lo ciclos experimentales. **C.C:** Capacidad de carga **D.E:** Desviación estándar **Día 0:** ciclo antes de implementar el sistema. Las letras minúsculas en cada fila indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

Figura 8

Capacidad de carga requerida en futuros proyectos



Nota: La gráfica representa la capacidad carga animal durante los ciclos de rotación que se evaluaron en el experimento.

Figura 9*UGG requeridos durante el experimento*

Nota: La gráfica representa las unidades animales que se pueden mantener en el lote 1 durante los ciclos experimentales.

Tabla 4*Capacidad de Unidades gran ganado en el lote 1*

Ciclos	UGG	D.E	Valor -p
Día 0	2,0 a	0,67	
Día 60	2,51 a	1,32	0,5237
Día 120	2,72 a	1,47	
Día 180	2,51 a	1,25	

Nota: **UGG**= Unidades gran ganado **D.E**: Desviación estándar **Día 0**: ciclo antes de implementar el sistema

Las letras minúsculas en cada fila indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

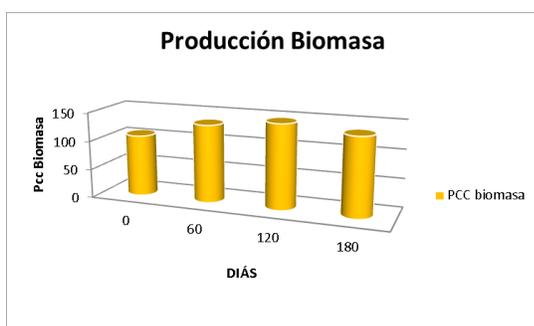
La producción de biomasa está directamente relacionada con las propiedades químicas y físicas del suelo, ya que la interacción entre las mismas beneficia el crecimiento y desarrollo de la planta. En el presente experimento la producción de biomasa en cada ciclo fue de $106,9 \pm 37.17$ en el día 0, $134,77 \pm 70.98$ a los 60 días, $146,43 \pm 79.24$ a los 120 días y $135,59 \pm 66.64$ a los 180 días, es decir que al implementar este sistema los valores se mantuvieron constantes ($p < 0,05$), por el

hecho de que durante el periodo de estudio uno de los factores limitantes para el crecimiento del forraje en toda la pradera fue el cambio climático, como se observa en la tabla 4 y representada en la imagen 7.

Lo cual coincide con Benítez (2007) quien reporta que la producción de biomasa de los pastos en sistemas racionales de pastoreo tiene un marcado carácter estacional y el rendimiento en la época de verano es la mitad del que se obtiene en las lluvias, así mismo las precipitaciones y la temperatura se relacionaron con la edad óptima de pasto para su máxima producción de forraje.

Figura 10

Producción de biomasa



Nota: La gráfica representa la cantidad de biomasa o forraje verde durante cada ciclo experimental.

Tabla 5

Determinación por lote de la producción de forraje verde.

Ciclos	PCC biomasa	D.E	Valor -p
Día 0	106,9 a	37,17	
Día 60	134,77 a	70,98	0,5020
Día 120	146,43 a	79,24	
Día 180	135,59 a	66,64	

Nota: La tabla muestra la cantidad de forraje verde que se produce en cada ciclo experimental después de implementar el sistema PRV. **PCC:** Producción de biomasa **D.E:** Desviación estándar **Día 0:** ciclo antes de implementar el sistema racional. Las letras minúsculas que están en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tabla 6

Determinación por parcela de la producción de forraje y la capacidad de carga después de implementar el sistema PRV.

Parcela	Variables	DIA	0	DIA	60	DIA	120	DIA	180
		(Media±DE)		(Media±DE)		(Media±DE)		(Media±DE)	
1	Forraje Disponible (Kg/Fv)	120,0±45,60a		116,85±42,85 a		90,15±30,16a		143,60±52,36a	
	Capacidad de carga	3,33±1,23 a		3,20±1,19 a		2,48±1,09 a		3,95±1,45 a	
	UGG	2,23±0,83a		2,15±0,78a		1,68±0,69 a		2,65±1,00a	
2	Forraje Disponible (Kg/Fv)	121,23±35,31a		176,50±124,13 a		149,34±99,55a		151,66±96,99 a	
	Capacidad de carga	3,35 ±0,93 a		4,88±3,41 a		4,10±2,74 a		4,18±2,69 a	
	UGG	2,28±0,62 a		3,28±2,30 a		2,78±1,87 a		2,83±1,80 a	
3	Forraje Disponible (Kg/Fv)	79,48±15,37a		145,95±58,48ab		164,83±53,71a		111,53±54,17ab	
	Capacidad de carga	2,23± 0,41 a		4,05±1,59 ab		4,55±1,48 b		3,05± 1,53 ab	
	UGG	1,50±0,29 a		2,73± 1,09 ab		3,08±0,95 b		2,05± 1,01 ab	

Nota: La tabla muestra la producción de forraje y capacidad de carga presente en cada parcela. Las letras minúsculas en cada fila indican diferencia significativa ($p < 0,05$). UGG: Unidades gran ganado

2.4.3 Porcentaje de Cobertura de la Vegetación

Desde el punto de vista de la composición botánica, el manejo de la pradera debe encaminarse a incrementar la proporción de leguminosas y reducir la proporción de especies indeseables que reducen los rendimientos de forraje y la respuesta animal (Corredor y Mila, 2004).

Las gramíneas predominantes en los sistemas de producción de lechería especializada son el kikuyo, Otras gramíneas que se encuentran en menor proporción son la falsa poa (*Holcus lannatus*), el oloroso (*Antoxatum odoratum*), el azul orchoro (*Dactilys glomerata*) y la festuca (*Festuca arundinacea*) (Martínez et al. , 2018). De manera similar, el pasto kikuyo predominó en la parcela 1, siendo su % de cobertura del $39,75 \pm 3,5\%$. En la parcela 2 y 3 el porcentaje de cobertura fue similar para todos los forrajes presentes, siendo estas otras gramíneas la falsa poa, el oloroso y el gramalote.

El kikuyo es un pasto perenne de hábito de crecimiento estolonífero y rizomatoso, que le permite expandirse fácilmente y competir con otras especies, como la falsa poa, el gramalote y el oloroso. Sin embargo, su tasa de crecimiento se vio afectada por las condiciones climáticas.

La literatura reporta pocos trabajos en donde se evalúe la diversidad fenotípica y genotípica del pasto kikuyo por regiones y según las condiciones climáticas. En promedio, la altura de los tallos del kikuyo alcanzan un tamaño de 50 y 60 cm, las hojas logran entre 4,5 a 20 cm de largo y de 6 a 15 mm de ancho (Martínez et al. , 2018). En el presente experimento, la altura máxima de del tallo en todo el lote fue de 30 cm. Pero presentaba variaciones según la parcela (Ver tabla 7 y 12).

Así mismo el trébol rojo (*Trifolium patrense*) tuvo un mejor comportamiento en la parcela 2, incrementando su porcentaje de pastura $35 \pm 4,08\%$, frente a las parcelas 1 y 3 que mantuvieron sus valores constantes en todo el experimento, en cuanto a su altura y rebote de hojas promedio

fue de 28 cm y 3,4 cm (ver tabla 8 y 13). Esta especie de trébol tiene raíces profundas, que pueden llegar por lo general a los 40 y 60 cm, y sus hojas trifoliadas e inflorescencias miden de 2 a 4 cm de diámetro (Rebolledo et al. , 2004) en el presente estudio no se obtuvieron estas alturas esperadas por lo que esta leguminosa tuvo un crecimiento lento y principalmente fue afectada por el verano.

La falsa poa es una gramínea de crecimiento perene, se adapta a pH desde 4,5 A 7,5 y a suelos con déficit de fosforo, Por lo general es considerada como hierba mala, a pesar de ser muy útil cuando se asocia con trébol blanco o rojo en las zonas de clima frío de Colombia y además de esto permite conservar el suelo evitando su erosión. Generalmente crece con las plantas aisladas o formando grupos pequeños perennes. Las hojas basales son muy pilosas y densas llegando a medir desde 6 a 15 cms, los tallos son erectos y pueden alcanzar 60 a 70 cms. de altura (Vicuña, 1985). Bajo este sistema PRV no fue necesario incluir este forraje, ya que los animales se iban encargando de esparcir su semilla. La altura máxima que tuvo esta gramínea en el experimento fue de $58,58 \pm 9,97$, con un tamaño de las hojas aproximado de 15 cm mostrando un mejor comportamiento en el ciclo 2 (día 120) y en la parcela 2 (Ver tablas 9 y 15)

El pasto oloroso es una planta perene rizomatoza que hace macollos pequeños, presenta tallos con un crecimiento de 15-50 cm de alto y pueden llegar hasta los 80 cm y sus hojas miden entre 4-10 cm de largo (Dietl et al. , 2009), estos rangos de crecimiento son similares a Los resultados registrados en este estudio, donde la mayor altura de los tallos fue de $54,25 \pm 8,06$ y un tamaño de sus hojas de 8-9 cm, esto se evidencio en el último ciclo (día 180) y en la parcela 3 (ver tabla 11 y 14).

El gramalote (*Paspalum fasciculatum*) Gramínea de crecimiento perenne con raíces adventicias y rizomatosas. Tallos semileñosos, pubescentes, Los tallos son erectos y miden entre 60-80 cm de altura; con nudos densamente barbados y lígula firme. Hojas largas, lanceoladas,

acuminadas, ásperas, de 20 a 30 cm de largo (Dietl et al. , 2009). En el presente experimento se registraron varios rangos de crecimiento en cuanto a tallo y hoja, dependiendo el tipo de parcela y el ciclo de rotación, al presentarse diferencias ($p < 0,05$) en cada parcela y en cada día de rotación el mejor crecimiento del tallo fue de $51,0 \pm 7,81$ y del tamaño de la hoja fue de $18,77 \pm 3,28$ evidenciados (día 120, parcela 2) (ver tablas 10 y 16).

Los pastos gramalote y oloroso fueron los que tuvieron menor porcentaje de pastura en todo el lote, presentando valores similares ($p < 0,05$) en todo el estudio, estos pastos juntos con la falsa poa pueden adaptarse a diferentes climas y aun que apartan baja calidad nutricional para los animales ayudan a mejorar la estructura del suelo.

La persistencia y rendimiento de una pradera depende del manejo que se practique, el cual influye en su dinámica de crecimiento, es decir, en los cambios en la población y tamaño de tallos, los cuales están estrechamente relacionado con la tasa de aparición, elongación y vida media de las hojas (Rojas et al. , 2016).

Los bovinos defecan 10 a 15 veces por día, eliminando 20 a 30 kg por día. La aplicación de estiércol en tierras de cultivo proporciona un beneficio ecológico al depositar nutrientes como nitrógeno y fósforo en el suelo; el nitrógeno del estiércol se encuentra principalmente en forma de amoníaco y las plantas lo usan como nutriente (Miner et al. , 2000). A pesar de ello, la valoración del estiércol como fertilizante orgánico, comparada con la de fertilizantes químicos, es mínima. Por sus características orgánicas, el estiércol aumenta la capacidad de retención de agua, el intercambio catiónico y la filtración de agua al subsuelo, y reduce la erosión. Además, la fracción líquida del estiércol ayuda a disminuir las pérdidas de nitrógeno, carbono y azufre en sus formas gaseosas, en el suelo (Grande et al. , 2001), así puede reducir el uso de fertilizantes químicos y, por tanto, el impacto ambiental.

Las bostas y la orina de los bovinos son una vía importante en el reciclado de los nutrientes al suelo en los sistemas de producción basados en pastos. La cantidad de nutrientes que retornan al suelo por las excreciones de los animales varía, ampliamente, en función del tipo de animal, su estado fisiológico y la concentración de nutrientes en la dieta utilizada (Rodríguez et al. , 2002), ya que la materia orgánica es la fuente principal de aporte de Nitrógeno al suelo. En la época lluviosa se depositó 7.2 % más ($P < 0.05$) de bostas/animal/d que en la poco lluviosa. Esto se debe a la menor cantidad y calidad del pasto en esta última época, lo que provocó que los animales disminuyeran aparentemente la capacidad de consumo.

Gracias a la fertilización orgánica que generan los animales con sus deyecciones se obtiene una adecuada relación suelo-planta- animal, es decir los animales aportan al suelo minerales importantes para su fertilización, la planta absorbe esos minerales para su crecimiento y desarrollo convertirse en un forraje de buena calidad para los animales.

Para mejorar una pradera es indispensable realizar un adecuado manejo, para así obtener buenos rendimientos y rentabilidad. Según Senra (2005) el mal manejo que se da a los pastizales hace que baje su eficiencia productiva y sostenible.

De los resultados obtenidos después del implementar el PVR no se puede decir que el lotee mejoró en un 100%, pero se puede determinar que hubo diferencias ($p < 0.05$) entre los ciclos y las parcelas, teniendo un mejor compartimento el ciclo 2 (Día 120) y el ciclo 3 (Días 180), en cuanto a su porcentaje de pastura, crecimiento de la hoja y del tallo, predominando siempre el kikuyo, el trébol y la falsa poa, ya que tuvieron un mayor aprovechamiento de los fertilizantes orgánicos. No se desarrollaron de la manera que se esperaba. La acidez del suelo puede afectar el crecimiento de las plantas en forma directa, pero también indirecta ya que incide negativamente en la

disponibilidad de nutrientes, los niveles de elementos fitotóxicos, la actividad microbiana y hasta en las condiciones físicas de los suelos (Vázquez y Morales 2000).

Tabla 7

Evaluación del porcentaje de cobertura y relación tallo/hoja del pasto Kikuyo

		DÍA	0 DÍA	60 DÍA	120 DÍA	180
Parcela	Kikuyo	(Media±DE)	(Media±DE)	(Media±DE)	(Media±DE)	
1	Pastura (%)	15±5,72a	19,25±10,90a	39,75±3,59b	28,75±21,75ab	
	Tallo (cm)	17,68±4,72 a	27,75±5,91ab	29±6,38b	18,63±10,55ab	
	Hoja (cm)	11,18±2,86 a	20,75±2,99c	18,88±1,93bc	12,88±8,49ab	
	Relación					
	H/T	0,63	0,75	0,65	0,69	
2	Pastura (%)	23,75±13,62 a	35±12,91a	25±8,16 a	26,75±3,95a	
	Tallo (cm)	19±5,83ab	18,75±4,19ab	23,38±5,50b	12,3±3,99a	
	Hoja (cm)	17,68±5,75 a	23±3,38 a	22,3±6,88 a	21,61±4,05a	
	Relación					
	H/T	0,93	1,23	0,95	1,79	
3	Pastura (%)	13,5±4,73 a		22±9,83ab	27,75±3,30b	
	Tallo (cm)	8±3,53 a		17,45±4,79b	9,88±2,93a	
	Hoja (cm)	5,15±3,28 a		21,61±4,05b	17,28±5,03b	
	Relación					
	H/T	0,64		1,24	1,75	

Nota: La tabla representación el porcentaje de cobertura y el crecimiento de hoja/tallo presente en cada parcela del pasto Kikuyo. Las letras minúsculas que están en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). **Día 0:** ciclo antes de implementar el sistema racional.

Tabla 8*Evaluación del porcentaje de cobertura y relación tallo/hoja del Trébol rojo*

	DÍA	0 DÍA	60 DÍA	120 DÍA	180
Parcela Trébol	(Media±DE)	(Media±DE)	(Media±DE)	(Media±DE)	
Pastura (%)	17,25±3,86 a	22,5±15 a	29,25±8,69 a	16,25±2,50 a	
Tallo (cm)	13,25±2,50 a	26,75±7,68 b	40,63±4,96 c	31,88±4,55 b	
1 Hoja (cm)	2,53±0,40 a	4,75±1,26 c	3,88±1,03 bc	3,25±0,50 ab	
Relación					
H/T	5,24	5,63	10,47	9,81	
Pastura (%)	24,5±12,15 b	13,75±4,79 a	35±4,08 b	21,25±9,84 a	
Tallo (cm)	21,5±6,45 a	42,5±18,91 b	39,58±4,33 b	27,77±9,25 ab	
2 Hoja (cm)	2,45±0,70 a	4,5±1,29 b	4,5±1,0 b	3,28±0,71 ab	
Relación					
H/T	8,78	9,44	8,80	8,47	
Pastura (%)	14,75±7,85 a	-	15±7,70 a	25,75±12,01 a	
3 Tallo (cm)	10,43±1,34 a	-	42,83±9,06 b	36,13±12,14 b	
Hoja (cm)	1,38±0,36 a	-	3,65±1,14 b	3,45±0,47 b	
Relación					
H/T	7,56	-	11,73	10,47	

Nota: La tabla representación el porcentaje de cobertura y el crecimiento de hoja/tallo presente en cada parcela del Trébol. Las letras minúsculas que están en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). **Día 0:** ciclo antes de implementar el sistema racional.

Tabla 9*Evaluación del porcentaje de cobertura y relación tallo/hoja de la Falsa poa*

	falsa	DÍA	0 DÍA	60 DÍA	120 DÍA	180
Parcela	poa	(Media±DE)	(Media±DE)	(Media±DE)	(Media±DE)	
1	Pastura					
	(%)	13,25±2,99 a	37,5±9,57 b	32±8,91 b	33,75±17,02 b	
	Tallo					
	(cm)	27,75±9,39 a	42,5±5,0 b	56,55±8,94 c	58±11,52 c	
	Hoja					
	(cm)	22,53±10,78 b	15±1,63 ab	14,75±3,3 ab	12,43±5,17 a	
2	Relación					
	H/T	0,81	0,35	0,26	0,21	
	Pastura					
	(%)	14,5±5,26 a	14,5±5,20 a	31,25±11,81 b	20,75±11,79 ab	
	Tallo					
	(cm)	36,25±17,17 a	40,75±11,50 a	58,58±9,97 a	37,95±23,11 a	
3	Hoja					
	(cm)	14±10,80 a	17,33±3,42 a	18,25±14,08 a	15,02±3,71 a	
	Relación					
	H/T	0,39	0,43	0,31	0,40	
	Pastura					
	(%)	14,5±4,20 ab		22,5±8,81 b	10,0±5,77 a	
3	Tallo					
	(cm)	15,6±6,02 a		43,59±17,09 b	54,0±22,26 b	

Hoja			
(cm)	11,38±5,36a	12,34±2,85a	14,93±6,55a
Relación			
H/T	0,73	0,28	0,28

Nota: La tabla representación el porcentaje de cobertura y el crecimiento de hoja/tallo presente en cada parcela de la Falsa poa. Las letras minúsculas que están en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). **Día 0:** ciclo antes de implementar el sistema racional.

Tabla 10

Evaluación del porcentaje de cobertura y relación tallo/hoja del Gramolote

		DÍA	0 DÍA	60 DÍA	120 DÍA	180
Parcela	Gramalote	(Media±DE)	(Media±DE)	(Media±DE)	(Media±DE)	
	Pastura					
	(%)	15,5±1,73a	18,25±21,50a	23,25±15,33a	21,67±24,66a	
	Tallo					
1	(cm)	31,53±10,38ab	37,75±5,06ab	26,63±4,31a	42,83±9,22ab	
	Hoja (cm)	12,8±3,44a	15,5±1,0a	12,5±0,58a	18,07±14,69 ^a	
	Relación					
	H/T	0,41	0,41	0,47	0,42	
	Pastura					
	(%)	24,25±10,72a	12,75±8,66a	18,33±10,41a	12,25±6,45a	
	Tallo					
2	(cm)	21,48±9,28a	35,75±5,56ab	51,0±7,81b	28,55±14,34a	
	Hoja (cm)	17,7±12,51a	17±5,06a	18,77±3,28a	14,4±4,71a	
	Relación					
	H/T	0,82	0,48	0,37	0,50	

	Pastura			
	(%)	37±2,45 b	24±11,46 a	18,5±3,32 a
	Tallo			
3	(cm)	18,2±7,49 a	27,9±14,62 a	19,45±10,63 a
	Hoja (cm)	13,1±5,72 a	15,73±6,03 a	8,6±3,86 a
	Relación			
	H/T	0,72	0,56	0,44

Nota: La tabla representación el porcentaje de cobertura y el crecimiento de hoja/tallo presente en cada parcela del Gramalote. Las letras minúsculas que están en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). **Día 0**: ciclo antes de implementar el sistema racional.

Tabla 11

Evaluación del porcentaje de cobertura y relación hoja/tallo del Oloroso

		DÍA	0 DÍA	60 DÍA	120 DÍA	180
Parcela	Oloroso	(Media±DE)	(Media±DE)	(Media±DE)	(Media±DE)	
	Pastura (%)	14,25±4,19c	10,0±0,0bc	2,0±0,0a	5,0±0,0ab	
	Tallo (cm)	18,85±5,49ab	14,0±7,07a	37,0±0,8bc	54,25±8,06c	
1	Hoja (cm)	14,88±6,59a	10,5±0,71a	3,0±0,5a	6,1±3,3a	
	Relación					
	H/T	0,79	0,75	0,08	0,11	
	Pastura (%)	13,0±4,76a	5,5±4,95a	21,67±12,58a	19±14,65a	
	Tallo (cm)	22,25±2,99a	40,5±13,44a	43,5±10,50a	26,38±22,58a	
2	Hoja (cm)	10,83±0,93a	7,0±2,83a	10,0±2,0a	13,43±6,23a	
	Relación					
	H/T	0,49	0,17	0,23	0,51	
3	Pastura (%)	20,25±8,66a		16,5±10,66a	18±11,46a	

Tallo (cm)	13,13±5,42a	39,37±9,75b	33,88±14,26b
Hoja (cm)	8,15±4,15a	9,52±1,92a	8,18±3,05a
Relación			
H/T	0,62	0,24	0,24

Nota: La tabla representación el porcentaje de cobertura y el crecimiento de hoja/tallo presente en cada parcela del pasto Oloroso. Las letras minúsculas que están en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

Tabla 12

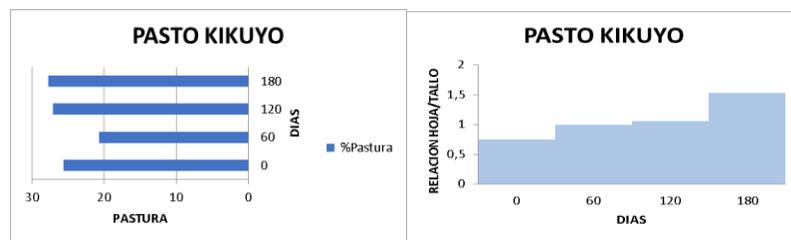
Comparación entre ciclos del porcentaje de cobertura y relación hoja/tallo del kikuyo

Pasto Kikuyo				
Ciclos	% Pastura (Media+DE)	Tallo (Media+DE)	Hoja (Media+DE)	Hoja/Tallo (Media+DE)
Día 0	20,67±8,52 a	14,89±6,71 a	11,33± 6,54 a	0,75± 0,36 a
Día 60	25,67a ±13,69a	23,25±6,76 b	21,88± 4,76 b	1,06± 0,49 a
Día 120	27,75±11,70 a	23,28±7,17 b	20,93± 4,56 b	1,00 ± 0,46 a
Día 180	27,13±13,90 a	13,60±7,20 a	17,38± 7,12 b	<u>1,53± 0,59</u> b

Nota: La tabla representación el porcentaje de cobertura y el crecimiento de hoja/tallo del pasto Kikuyo presente en todo el lote. Las letras minúsculas que están en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). **Día 0:** ciclo antes de implementar el sistema racional.

Figura 11

Porcentaje de pastura y relación hoja- tallo del pasto Kikuyo



Nota: las graficas representan el porcentaje de cobertura y la relación hoja/tallo del pasto kikuyo durante los ciclos experimentales.

Tabla 13

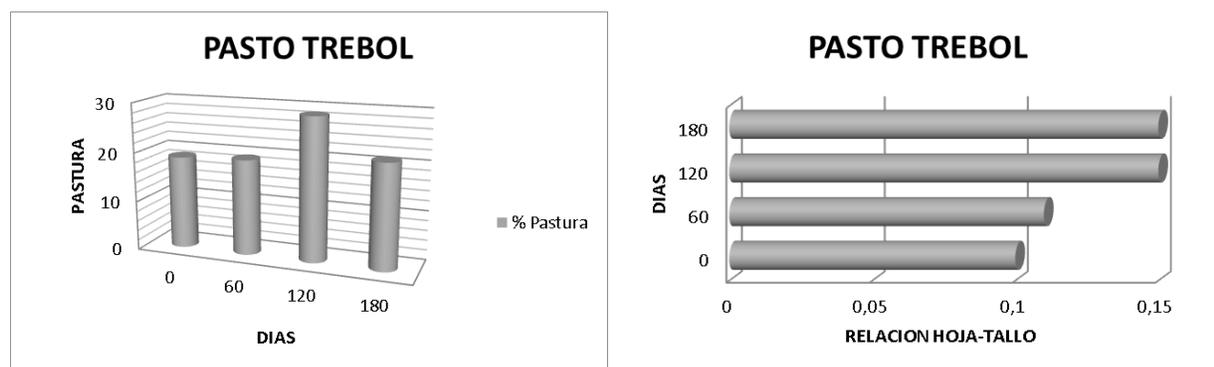
Comparación entre ciclos del porcentaje de cobertura y relación hoja/tallo del Trébol rojo

Pasto Trébol Rojo				
Ciclo	% Pastura (Media+DE)	Tallo (Media+DE)	Hoja (Media+DE)	Hoja/Tallo (Media+DE)
Día 0	18,83a ±8,93a	15,06a ±6,14 a	2,12a ±0,72a	0,15 ±0,04b
Día 60	19,33a ±9,85a	31,92b ±9,05 b	3,33b ±0,52b	0,10a ±0,03 ^a
Día 120	28,75b ±12,17 b	41,01c ±6,02 c	4,63c ±1,19c	0,15b ±0,05b
Día 180	21,08ab±9,16ab	34,63 ±15,79 bc	4,03c ±1,03bc	0,11b ±0,02 ^a

Nota: La tabla representación el porcentaje de cobertura y el crecimiento de hoja/tallo del Trébol presente en todo el lote durante cada ciclo experimental. Las letras minúsculas que están en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). **Día 0**: ciclo antes de implementar el sistema racional.

Figura 12

Porcentaje de pastura y relación hoja- tallo del pasto trébol rojo



Nota: La figura representa la comparación durante cada ciclo experimental acerca del porcentaje de cobertura y la relación hoja/tallo del Trébol.

Tabla 14

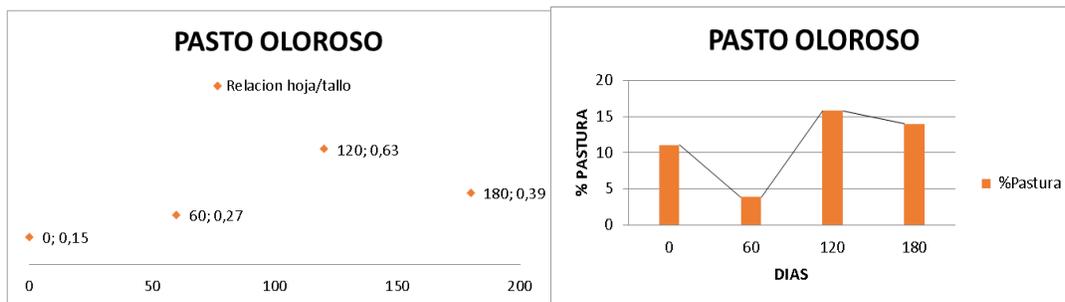
Comparación entre ciclos del porcentaje de cobertura y relación hoja/tallo del Oloroso

Pasto Oloroso				
Ciclo	% Pastura (Media+DE)	Tallo (Media+DE)	Hoja (Media+DE)	Hoja/Tallo (Media+DE)
Día 0	11,08 ±12,38 ab	18,08a ±5,84 a	5,92ab ±4,95 ab	0,15b ±0,13 a
Día 60	3,88 a ± 4,85a	13,63a ±18,59 a	4,38a ±4,98 a	0,27a ±0,43 a
Día 120	15,83 b ± 6,51 b	27,08ab ±21,21 ab	11,28 c ±5,01c	0,63a ±0,20 b
Día 180	14 b ± 11,78 b	38,17b ±19,07 b	9,23bc ±5,15bc	0,39b ±0,53 ab

Nota: La tabla representación el porcentaje de cobertura y el crecimiento de hoja/tallo del pasto Oloroso presente en todo el lote durante cada ciclo experimental. Las letras minúsculas que están en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). **Día 0**: ciclo antes de implementar el sistema racional.

Figura 13

Porcentaje de pastura y relación hoja- tallo del pasto oloroso



Nota: La figura representa la comparación durante cada ciclo experimental acerca del porcentaje de cobertura y la relación hoja/tallo del Trébol.

Tabla 15

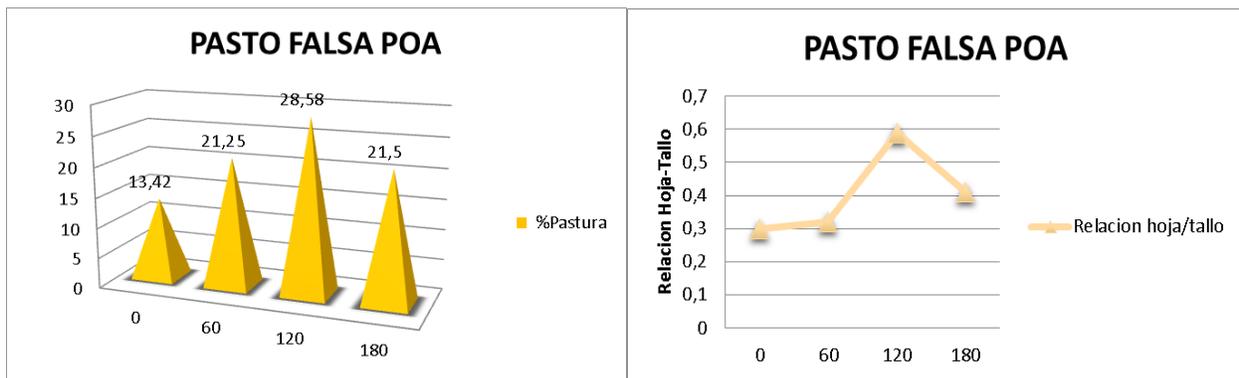
Comparación entre ciclos del porcentaje de cobertura y relación hoja/tallo de la Falsa poa

PASTO FALSA POA				
Ciclo	% Pastura (Media+DE)	Tallo (Media+DE)	Hoja (Media+DE)	Hoja/Tallo (Media+DE)
Día 0	13,42a ±3,85a	24,20a ±9,89 a	13,89a ±9,66 a	0,30a ±0,14 a
Día 60	21,25ab ±12,08 ab	40,75b ±8,73b	14,12a ±4,93 a	0,32a ±0,14 a
Día 120	28,58b ±10,06 b	52,91b ±13,29b	15,11a ±8,10 a	0,59b ±0,29b
Día 180	21,5ab ±15,13 ab	49,98b ±19,97b	16,04a ±2,75 a	0,41a ±0,11 a

Nota: La tabla representación el porcentaje de cobertura y el crecimiento de hoja/tallo de la Falsa poa presente en todo el lote durante cada ciclo experimental. Las letras minúsculas que están en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). **Día 0:** ciclo antes de implementar el sistema racional.

Figura 14

Porcentaje de pastura y relación hoja- tallo del pasto falsa poa



Nota: La figura representa la comparación durante cada ciclo experimental acerca del porcentaje de cobertura y la relación hoja/tallo de la Falsa poa.

Tabla 16

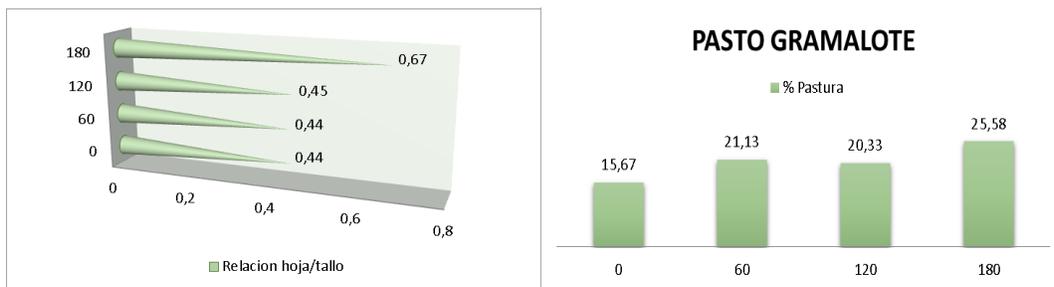
Comparación entre ciclos del porcentaje de cobertura y relación hoja/tallo del Gramalote

Pasto Gramalote				
Ciclo	% Pastura (Media+DE)	Tallo (Media+DE)	Hoja (Media+DE)	Hoja/Tallo (Media+DE)
Día 0	15,67a ±12,82a	23,73a ±10,16 a	14,53a ±7,77 a	0,44a ±0,22 a
Día 60	21,13a ±18,89 a	26,71ab ±16,08 ab	12,18a ±8,87 a	0,44a ±0,08 a
Día 120	20,33a ±12,89 a	30,93ab ±16,77 ab	14,1a ±6,15 a	0,45a ±0,18 a
Día 180	25,58a ±10,90 a	37,13b ±4,73 b	16,25a ±3,45 a	0,67a ±0,39 a

Nota: La tabla representación el porcentaje de cobertura y el crecimiento de hoja/tallo del Gramalote presente en todo el lote durante cada ciclo experimental. Las letras minúsculas que están en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). **Día 0:** ciclo antes de implementar el sistema racional.

Figura 15

Porcentaje de pastura y relación hoja- tallo del pasto gramalote



Nota: La figura representa la comparación durante cada ciclo experimental acerca del porcentaje de cobertura y la relación hoja/tallo del Gramalote.

3. Conclusiones

La implementación del sistema de Pastoreo Racional Voisin PRV fue factible de ser implementada a corto plazo, reflejando el cambio en el manejo de pasturas en comparación al pastoreo tradicional y resultó ser sencillo el manejo de los animales, favoreciendo mejores interacciones suelo-planta animal.

Bajo las condiciones en las que se realizó este experimento, con la implementación del PRV y la aplicación de cal, se alcanzaron a evidenciar pequeños cambios durante el periodo experimental de 6 meses, obteniendo resultados favorables como el aumento de la capacidad de carga de la pradera, la recuperación los suelos pobres y degradados, con el aporte de materia orgánica, y se logran evidenciar mejoras en los porcentajes de cobertura de parcelas buenas, regulares y malas, a pesar de la dificultad con los periodos de sequía.

Hubo mejoras significativas frente a la producción de forraje, que varió entre ciclos, asociado a factores climáticos principalmente. Con tiempos más largos de implementación de este sistema estas variables pueden llegar a mejorar y alcanzar los resultados reportados por otros autores.

Con el sistema PRV es posible recuperar praderas de mala, regular y buena calidad de pasturas, ya que en todas las parcelas se evidenció el aumento en la fertilidad del suelo, y a que la producción de biomasa, UGG y capacidad de carga tuvo aumentos significativos en el corto tiempo que se realizó el estudio.

Al realizar la comparación del análisis de suelo antes (Día 0) y después (Día 180) del experimento se observó que en Día 180 los minerales tuvieron un mejor equilibrio e interacción entre ellos logrando mejorar la estructura física y química del suelo.

Al implementar el sistema PRV se observó un cambio en la composición del suelo, a pesar de tener un pH moderadamente ácido, favoreció para el crecimiento de algunos forrajes que se desarrollan bajo este tipo de pH, sin embargo, sigue siendo un suelo ácido y con poca retención de humedad, generando deficiencia en algunos minerales importantes para el suelo.

De los análisis de suelos obtenidos se puede evidencia que la enmienda cálcica (cal dolomita) aplicada aumentó apenas 0.3 unidades de pH en el suelo, así que, los suelos mantuvieron su condición de ser moderadamente ácidos, debido a varios factores que influyeron en la incorporación del mismo, uno de ellos fue la poca disponibilidad de agua, el tiempo, que fue muy corto para obtener los resultados esperados.

El sistema Pastoreo Racional Voisin es una alternativa para mejorar la producción de forraje en praderas degradadas, aumentando la producción de biomasa y por ende la capacidad de carga y UGG, sin la aplicación de agroquímicos al suelo, esto favorece el equilibrio ecológico, logrando aumentar la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción ganadera.

4. Recomendaciones

Para obtener mejores resultados en el pastoreo racional Voisin, se recomienda implementarlo a mediano y largo plazo para que exprese su potencial productivo, siendo praderas más regenerativas y favorables al ambiente. Como muestran algunos estudios, se requieren periodos superiores a un año cuando las praderas están muy degradadas.

Este sistema requiere de adecuadas cantidades de agua para su buen establecimiento y desarrollo.

Para implementar este sistema requiere constancia ya que debes manejar todos los días los animales, teniendo en cuenta los días de ocupación, para lograr los resultados esperados en cualquier explotación ganadera.

En futuros estudios es importante realizar los análisis de suelos, bromatológicos y foliares, para determinar la calidad de forraje disponible y la composición del suelo, de nuestras producciones, así mismo realizar aforos constantes para determinar la cantidad de forrajes y de animales que se puedan establecer en la producción pecuaria y los costos de producción, que los puede llevar gracias a los registros en el experimento.

Considerar una variable ecológica como el aumento de la mesofauna del suelo puede ser otro de los beneficios a largo plazo contribuiría con la recuperación de las praderas y el equilibrio suelo, planta-animal.

Referencias Bibliográfica

- Baquero Peñuela, J.E. (2018). *Análisis e interpretación de resultados de suelo*.
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/19255>
- Benítez, D. I. O. C. L. E. S., Fernández, J. L., Ray, J., Ramírez, A., Torres, V., Tandrón, I., y Guerra, J. (2007). Factores determinantes en la producción de biomasa en tres especies de pastos en sistemas racionales de pastoreo en el Valle del Cauto, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(3), 231-235. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017693005.pdf>
- Borja Aguila, M. D. (2019). *Evaluación económica del sistema de Pastoreo Racional Voisin en la ganadería bovina de leche de la hacienda la " Simona ", cantón Pedernales, provincia de Manabí, periodo 2014–2016*. (Tesis de maestría). Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10906/1/20T01216.PDF>
- Brizuela, M. A., Cid, M. S., y Cibils, A. F. (2015). Actos del 1er congreso internacional de producción animal especializada en bovinos. Facultad de ciencias agropecuarias.
<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/issue/view/79>
- Cabrales, R., Montoya, R., Rivera, J. (2007). Evaluación agronómica de genotipos de sorgo y millo (Sorghum vulgare) forrajeros para alimentación de bovinos en el medio Sinú. *Revista MVZ Córdoba*, 12(2). <https://revistamvz.unicordoba.edu.co/article/view/424/492>
- Castro, N., Franco, M. R., & Cristiano, G. (2020). Tecnología Pastoreo Racional Voisin. *Cuyonomics. Investigaciones en Economía Regional*, 4(6), 11-30.
<http://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/cuyonomics/article/view/4324/3128>

- Corredor Sánchez, G., y Mila Prieto, A. (2018). *Evolución de la composición botánica en pradera de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO2019008126>
- Chaverra Lasso, A. (2018). *Evaluación del uso del sistema de producción ganadero intensivo limpio con pastoreo racional voisin (PRV) en zona de ladera, sobre las características químicas y biológicas del suelo. Estudio de caso: finca Bendavales–Municipio de Versalles-Valle del Cauca*. <http://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/3284>
- Cubillos Lozano, B. S., y Vergara Tamayo, M. A. (2016). *Evaluación del efecto de abonos orgánicos sobre el suelo y producción de plantas forrajeras en el municipio de Fusagasugá* (Tesis doctoral). <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1432/Articulo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Demagnet Filippi Rolando (2017). Enmiendas calcáreas. *Plan lechero warr's*. N°2 abril 2017 <https://www.watts.cl/docs/default-source/charlas-a-productores/enmienda-calcareas.pdf?sfvrsn=4>
- Díaz Porres, M., Rionda, M., Duhour, A. E., y Momo, F. R. (2014). *Artrópodos del suelo: Relaciones entre la composición faunística y la intensificación agropecuaria*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/100123>
- Delgado, D. F. F. (2017). Estimación de la capacidad de carga del sistema de producción lechero de la vereda Fontibón del municipio de Pamplona. *Mundo Fesc*, 7(13), 15-21. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/100/151>
- Del Pino, A.; Repetto, C.; Mori, C. y Perdomo, C. 2008. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Terra Latinoamericana*. 26(1),43-52 http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792008000100006&script=sci_abstract&tlng=pt.

- Dietl, W., Fernandez, F., Finot, V., y Jorquera, M. (2009). Descripción de las especies más importantes. *Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.
<https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7384>
- Espinoza, L., Slaton, N. A. y Mozaffari, M. (2012). Como interpretar los resultados de los análisis de suelos. *División de agricultura, investigación y extensión*. Universidad de Arkansas, EEUU.
<https://www.uaex.edu/publications/pdf/FSA-2118SP.pdf>
- Exiagricola (2021) productos agrícolas para ganadería [online] <https://exiagricola.net/tienda>
- Feria, A. L., Valdés, G., Martín, P. C., & González, M. E. (2002). Evaluación de tres métodos de pastoreo para la ceba bovina. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36(3), 225-230.
<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193018103005.pdf>
- Fernández, M. T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 41(2), 51-57. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>
- Grande, J. C., Escobar, R. N., Barra, J. D. E., y Castillo, G. A. B. (2001). Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. *Agrociencia*, 35(3), 287-299.
<https://www.redalyc.org/pdf/302/30200304.pdf>
- González, A. L. H., y Rondón (2012). *Guía didáctica para la elaboración de ensilaje en la finca “el reto”, universidad de los andes, parroquia flor de patria, municipio pampan, estado trujillo*.
<http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/41747.pdf>
- Guevara, A. D. A. (2017). *Calcio y magnesio del suelo*. Universidad nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina. <https://www.edafologia.org/>
- Halfiter, G., Cruz, M., y Huerta, C. (2018). Ganadería sustentable en el Golfo de México. *Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, Mexico*. 422 <http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2019/01/Libro-Ganaderia-sustentable-eISBN-a.pdf>

- Ledesma, L. M., Gallego, L. A., y 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*, 15(2), 213-225. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3242901>
- Mancipe, E. (2018). Kikuyu, pastos presentes en sistemas de producción de rumiantes en el altiplano tropical colombiano. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 13(2), 137-156. <file:///C:/Users/ACER/Documents/Downloads/4558-Texto%20del%20art%C3%ADculo-23401-2-10-20180919.pdf>
- Martínez Fabián, (2010). Método de aforo de potreros. Cómo aforar un potrero. [online]: <https://pastosypraderasuis.blogspot.com/2012/09/metodo-de-aforo-de-potreros.html>
- Martínez, J. D. J. V., Alarcón, A. M. S., Muñoz, E. A. M., & Avellaneda, Y. A. (2018). El kikuyu, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 13(2), 137-156. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6662345>
- Miner, J. R., Humenik, F. J. y Overcash, M. R. (2000). *Manejo de residuos ganaderos para preservar la calidad ambiental*. Prensa de la Universidad Estatal de Iowa. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20003013568>
- Ojeda-Falcón, A. D., y Domínguez-Quintero, O. (2020). Pastoreo Racional Voisin, ruta agroecológica sustentable en suelos ácidos-arenosos de baja fertilidad natural. *Centro Agrícola*, 47(2), 41-53. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852020000200041&script=sci_arttext&tlng=pt
- Palacio Hoyos, P. (2017). *Análisis de viabilidad para la implementación del Sistema de Pastoreo Racional de Voisin en una empresa ganadera enfocada hacia la ceba de bovinos*. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12240/Pablo_PalacioHoyos_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y

- Pinheiro, C. M. (2011). Pastoreo racional Voisin: tecnología agroecológica para el tercer milenio. *Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur*. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=HAG.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=017754>
- Pitton Filho, D. (2013). *Sistemas de silvicultura con rodales vivos: estudio comparativo sobre la adopción de SSP entre productores de leche de la capital de Santa Catarina en agroecología*. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/104459/Darci%20Pitton%20Filho.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas García, A. R., Hernández-Garay, A., Cansino, S. J., Maldonado Peralta, M. D. L. Á., Mendoza Pedroza, S. I., Álvarez Vázquez, P., y Joaquín Torres, B. M. (2016). Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(8), 1855-1866. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000801855&script=sci_arttext
- Rebolledo, R., Martínez, H., Palma, R., Aguilera, A., y Klein, C. (2004). Actividad de visita de *Bombus dahlbomi* (Guérin) y *Bombus ruderatus* (F.) (Hymenoptera: Apidae) sobre Trébol Rosado (*Trifolium pratense* L.) en la IX Región de la Araucanía, Chile. *Agricultura Técnica*, 64(3), 245-250. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0365-28072004000300004&script=sci_arttext&tlng=n
- Rodríguez, I., Crespo, G., y Fraga, S. (2002). Distribución espacial de las excreciones del ganado vacuno en una vaquería con un sistema de pastoreo rotacional. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36(3), 287-292. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193018103014.pdf>
- Rúa Franco, M. (2009). Las leyes universales de André Voisin para el pastoreo racional. *Cultura Empresarial Ganadera. Sitio Argentino de Producción Animal*, 1-7. <http://www.sidalc.net/cgi->

bin/wxis.exe/?IsisScript=cibagro.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=0
28091

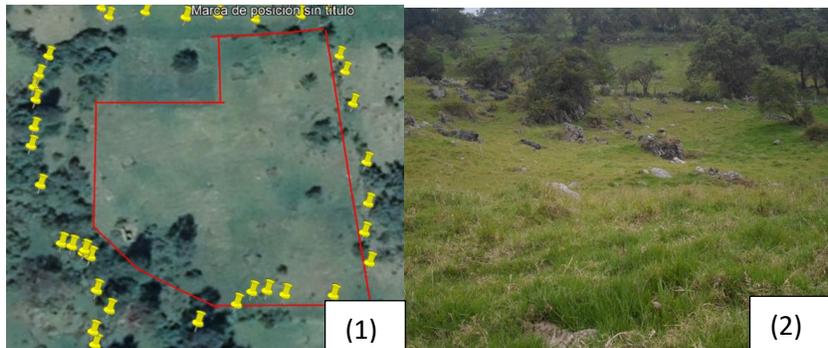
- Senra, A., Martínez, R. O., Jordán, H., Ruiz, T., Reyes, J. J., Guevara, R. V., y Ray, J. V. (2005). Principios básicos del pastoreo rotacional eficiente y sostenible para el subtrópico americano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39(1), 23-30. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017852003.pdf>
- Socarrás, A. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes*, 36(1), 5-13. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000100001
- Sosa, O. (2005). *Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas*.
[file:///C:/Users/ACER/Documents/Downloads/Los%20esti%C3%A9rcoles%20y%20su%20uso%20como%20enmiendas%20org%C3%A1nicas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ACER/Documents/Downloads/Los%20esti%C3%A9rcoles%20y%20su%20uso%20como%20enmiendas%20org%C3%A1nicas%20(2).pdf)
- Soto, C., Valencia, A., Galvis, R. D., & Correa, H. J. (2005). Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(1), 17-26. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3240890>
- Terán Flores, J. M. (2015). *Evaluación entre dos sistemas de pastoreo para ganado lechero (Bos taurus) en Machachi, Pichincha* (Tesis de licenciatura) Universidad de San Francisco de Quito, Ecuador. <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/5041>
- Torregroza, L., Reza, S., Suárez, E., Espinosa, M., Cuadrado, H., Pastrana, I., y Abuabara, Y. (2015). Producción de carne en pasturas irrigadas y fertilizadas de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II en el valle del Sinú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(1), 131-138. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153219666>
- Triminio, A. J. (2020). *Pastoreo Racional Voisin (PRV) como un sistema de producción sostenible*. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6830/1/CPA-2020-T107.pdf>

- Toledo, M. (2016). Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras: Conceptos y métodos. *Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA)*
<http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/379/2017%20Manejo%20de%20suelos%20c3%a1cidos%20de%20las%20zonas%20altas%20de%20Honduras.pdf?sequence=1>
- Vázquez, S., & Morales, L. (2000). Adsorción de fósforo por suelos ácidos de Misiones (Argentina). *Ciencia del suelo*, 18(2), 89-94.
http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_18n2/Vol%2018%20N%BA%202%20PDF%20ORIGINAL%20CON%20PROBLEMAS.PDF#page=17
- Vicuña, P. E. (1985). *Pastos y forrajes de clima frío. Cartilla 3*.
https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/446/vol3_pastos_clima_frio_op.pdf?sequence=12
- Villalobos L, y Arce, J. 2013. Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. I. Disponibilidad de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense*. 37(1): 91-101.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242013000100007&script=sci_arttext

Apéndices

Apéndice A

Lote 1 de la finca de la Universidad Industrial de Santander



Nota: Las fotos representa el lugar donde se realizó el experimento (1) y el Ciclo 0 antes de establecer el Sistema Voisin (2). Adaptado de Google Earth Pro (1).

Apéndice B

Ciclo 1, parcela uno (A), parcela 2 (B), parcela 3 (C)



Nota: Las fotos representa el lote 1 dividido en las tres parcelas durante el ciclo 1.

Apéndice C

Ciclo 2, parcela uno (A), parcela 2 (B), parcela 3 (C).



Nota: Las fotos representa el lote 1 dividido en las tres parcelas durante el ciclo 2.

Apéndice D

Ciclo 3, parcela uno (A), parcela 2 (B), parcela 3 (C).



Nota: Las fotos representa el lote 1 dividido en las tres parcelas durante el ciclo3.

Apéndice E*Cronograma de actividades*

<i>ACTIVIDAD</i>	<i>Ab</i>	<i>May</i>	<i>Jni</i>	<i>Jul</i>	<i>Ag</i>	<i>Se</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>
	<i>2019</i>								
<i>Medir el terreno</i>	X								
<i>Limpiar malezas</i>	X								
<i>Realizar aforo</i>	X								
<i>Quitar malezas</i>	X								
<i>Ciclo 0</i>		X							
<i>Toma muestras (Aforo, % cobertura, crecimiento tallo y hoja)</i>		X							
<i>Toma Análisis de suelo(0)</i>		X							
<i>División de potreros</i>			X						
<i>Ingreso animales 1 ciclo</i>			X						
<i>Toma muestras (Aforo, % cobertura, crecimiento tallo y hoja)</i>				X					
<i>Salida animales ciclo 1</i>					X				

<i>Ingreso animales ciclo2</i>	X		
<i>Toma muestras (Aforo, % cobertura, crecimiento tallo y hoja)</i>		X	
<i>Salida animales ciclo 2</i>			X
<i>Ingreso animales ciclo 3</i>			X
<i>Toma muestras (Aforo, % cobertura, crecimiento tallo y hoja)</i>			X
<i>Salida animales ciclo 3</i>			X
<i>T Toma Análisis de suelo(1)</i>			X

Nota: La tabla representa las actividades que se realizaron para el desarrollo del experimento de estudio.