

Aplicación del modelo PRI en finca la granja de la cooperativa Colanta en San Pedro de los
Milagros en el Norte de Antioquia

Trabajo de grado para optar por título de Zootecnista

Por

Tomas Rullier Murillo

Asesora

Marilza Piedad Ruiz Ruiz

Zootecnista

Unilsallista Corporación Universitaria

Facultad de ciencias agropecuarias

Zootecnia

Caldas-Antioquia

2023

Contenido

Índice de tablas.....	5
Índice de ilustraciones.....	6
Índice de graficas.....	7
Dedicatoria.....	8
Resumen.....	9
Introducción.....	10
Objetivos.....	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos.....	12
Metodología.....	13
Marco teórico.....	21
Evolución histórica de la ganadería en Colombia	21
Lechería especializada en Colombia.....	21
Principales razas utilizadas en estos sistemas de producción y manejo.....	22
<i>Jersey x Holstein</i>	23
<i>Holstein</i>	23
<i>Jersey</i>	24
Pastoreo.....	24

Sistemas de pastoreo.....	25
Pastoreo rotacional.....	26
Ventajas del pastoreo rotacional.....	27
Periodo de ocupación.....	27
Periodo de descanso.....	27
Efectos del periodo de ocupación y de descanso sobre el crecimiento del pasto.....	27
<i>Efecto sobre el ritmo de crecimiento de las hojas.....</i>	<i>27</i>
<i>Velocidad de producción de nuevo rebrote.....</i>	<i>27</i>
<i>Crecimiento de las raíces.....</i>	<i>28</i>
El manejo de pasturas mediante sistema rotacional o racional.....	28
Pastoreo continuo.....	28
Pastoreo en franjas.....	29
Pastoreo rotativo con dos grupos de animales.....	29
Pastoreo diferido.....	29
Pastoreo cero.....	30
Pastoreo alterno.....	30
Sistema silvopastoril.....	31
Pastoreo racional intensivo.....	31
<i>Ley de reposo.....</i>	<i>32</i>
<i>Ley de la ocupación.....</i>	<i>33</i>

<i>Ley de rendimiento máximos</i>	33
<i>Ley del rendimiento regular</i>	34
Resultados.....	35
Discusión.....	39
Conclusiones.....	42
Referencias.....	43

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de la Sal.....	19
Tabla 2. Composición suplemento Alprolac.....	20
Tabla 3. Rotaciones del 6 de octubre al 26 de octubre 2022.....	35
Tabla 4. Rotación del 26 de octubre al 19 de noviembre 2022.....	36
Tabla 5. Rotación del 19 de noviembre al 15 de diciembre 2022.....	36
Tabla 6. Rotación del 15 de diciembre al 8 de enero de 2023.....	36
Tabla 7. Rotación del 8 de enero al 1 de febrero 2023.....	37
Tabla 8. Consolidado.....	37

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Grupo de hembras lecheras en pastoreo.....	14
Ilustración 2. Pasto suministrado a las hembras lecheras	15
Ilustración 3. División potreros la granja	15
Ilustración 4. GPS medición de potreros	16
Ilustración 5. Elementos para aforar	17
Ilustración 6. Pastura después de pastoreo	18

Índice de gráficos

Grafico 1. curva sigmoidea crecimiento del pasto.....	39
---	----

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado especialmente a mis padres que me brindaron la oportunidad de realizar mis estudios profesionales, a la cooperativa Colanta que me dio la oportunidad de realizar las prácticas empresariales y formarme como profesional, a mis profesores y compañeros que cumplieron un papel fundamental para formarme como persona y como profesional.

Resumen

Objetivo: Evaluar el impacto en la producción de Pasto con la instauración del modelo PRI en el hato piloto la granja, de la cooperativa Colanta.

Metodología: En el presente trabajo se evaluó la implementación de un sistema de pastoreo racional inteligente - PRI para aumentar la eficiencia, la productividad y ayudar a reducir el impacto ambiental generado por la ganadería de leche en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia. Las condiciones de manejo y de alimentación general fueron las mismas para cada uno de las 10 vacas empleadas de cruce Jersey x Holstein, en potreros kikuyo - raygrass, abonados con la misma preparación de fertilizantes químicos determinados para cada rotación, para el desarrollo de la investigación de emplearon 6 potreros que abarcan una área de 2 hectáreas de los 16 potreros disponibles que suman una área total de 6 hectáreas, con una rotación promedio entre los 22 a 25 días, con un suministro por igual de 226 g diarios de Fertilal Colanta® al 8% dividido en 2 raciones de 126 g por ordeño, consumo de agua voluntad y un promedio de 4 Kg de concentrado Alprolac Colanta® suministrado en 2 raciones una en cada ordeño, en función de la cantidad de leche producida animal día.

Resultados y discusión: la implementación del modelo PRI, y el uso de franja adelante y atrás con fertilización dosificada presentaron una mejora en el uso de la pastura. A través de esta metodología se lograron garantizar consumos de forraje verde que variaron entre los 60 y 80 kilogramos por animal por día, que variaron dependiendo especialmente de las condiciones climáticas de la época.

Conclusión: la oferta y el consumo de forraje verde fue el ideal con respecto al cumplimiento de los requerimientos nutricionales de las vacas evaluadas, logrando por medio de este modelo una oferta de forraje estable durante todas las épocas del año, optimizando y racionalizando el uso de los fertilizantes.

Introducción

La práctica del pastoreo es ancestral para la especie humana, desde el desarrollo de las comunidades de homínidos y el establecimiento de las sociedades pastoriles y de la agricultura. Sin embargo, sólo hasta principios del siglo XX, Warmhold, el primer científico en proponer el método de "rotación de potreros", dio inicio a la práctica zootécnica de dejar descansar las pasturas para permitir su óptima recuperación (en cantidad y calidad), y solo hacia mediados del mismo siglo se hizo popular esta práctica a través de los escritos y conferencias del Dr. André Marcel Voisin (Rúa Franco, 2009).

En la actualidad, "rotar los potreros" es bastante común, no sólo con los bovinos sino con todas las especies herbívoras que pastorean en los campos ganaderos. Sin embargo, a pesar de lo común, el hecho de rotar potreros no significa que estemos realizando un pastoreo racional, pues este último va mucho más allá del simple hecho de rotar los potreros (Rúa Franco, 2009).

La ganadería de leche en la actualidad a nivel mundial enfrenta una crisis económica generalizada dada principalmente por la escasez de forraje, incremento en el costo de los agro insumos y por el bajo precio pagado a los productores, generando un saldo negativo en temas de rentabilidad, además de esto se les suma las constantes acusaciones sobre la producción de gases de efecto invernadero que afecta el equilibrio ambiental producido de manera natural en el proceso ruminal del ganado, a esto se le suma la deforestación para instauración de pasturas y mono cultivos para la producción de materias primas utilizadas en la elaboración de alimentos concentrados. Estas circunstancias requieren de la implementación de estrategias de optimización, tales como el manejo de praderas, que ayuden a mejorar en el corto plazo las problemáticas descritas, como una alternativa a los sistemas de pastoreos extensivos tradicionales, que generan gran impacto tanto en la eficiencia productiva como a nivel ambiental. Uno de los modelos planteados es el pastoreo racional inteligente - PRI como un sistema que mejora la eficiencia de la producción haciendo un uso más adecuado de los recursos, pudiendo

aumentar la productividad y mejorando las características físico-químicas del sistema edáfico (Salcedo y Guzman,2014).

El PRI se plantea como un modelo sustentable, pudiendo amentar la productividad del ciclo, la biodiversidad del suelo disminuyendo la utilización de agroquímicos por pastoreo generando un impacto positivo sobre la rentabilidad (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el impacto en la producción de pasto con la instauración del modelo PRI en el hato piloto la granja, de la cooperativa Colanta®.

Objetivo específico

- Evaluar el manejo inteligente de la rotación de potreros con la utilización de franja adelante y atrás, sobre la eficiencia en la productividad del forraje, en el municipio de San Pedro de los milagros, Antioquia.

Metodología

La metodología empleada para el desarrollo del proyecto de grado es cualitativa donde se iniciara con una descripción del lugar donde se ira a implementar el modelo, luego se desarrollara en que consiste conceptualmente “el pastoreo racional inteligente” y por último se propone exponer los resultados obtenidos en el establecimiento del modelo en el hato piloto la granja el municipio de San Pedro de los Milagros Antioquia perteneciente a la cooperativa Colanta, mostrando los principales resultados obtenidos tanto los pro como contras, luego de la aplicación de este modelo con el propósito de difundirlo principalmente con los asociados de la cooperativa, a partir de la experiencia adquirida con la aplicación de este modelo en el hato piloto pudiendo dar solución a las siguientes preguntas formuladas en el proyecto:

¿Es posible cuantificar el impacto generado por el PRI con la toma de datos en términos de rentabilidad, mejora de los parámetros productivos e impacto ambiental?

¿Podría este modelo ser instaurado en los diferentes departamentos del país con las diferencias climáticas, topográficas, tipos de suelos, pasturas y productivas de cada región?

¿La aplicación de este modelo podrá generar los cambios productivos esperados y aumentar la rentabilidad de los hatos?

El estudio se realizó en una finca perteneciente a la cooperativa Colanta llamada “Hato piloto la granja” ubicada en el municipio de San Pedro de los Milagros, departamento de Antioquia, a una altura de 2.468 m.s.n.m, con una temperatura entre los 11 a 22 C°.

Se evaluó la eficiencia del pastoreo rotacional inteligente con la utilización de cerca eléctrica adelante y atrás para garantizar un consumo de forraje verde, superior a los 65 Kg/ día/ vaca.

Se utilizaron 10 hembras de cruce racial Jersey x Holstein, con un peso promedio de 420 Kg y una edad promedio de 42 meses. La ilustración 1 presenta las hembras evaluadas en el sistema.

Ilustración 1.

Grupo de hembras lecheras en pastoreo.



Se tomaron 6 potreros sembrados en intersemebra de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y pasto Raigrass (*Lolium multiflorum*), potreros 1-3-5-14-15-16 (Ilustración 3), cada uno medido por medio de un GPS map 62s Garmin (ilustración 4). Para cada uno de los potreros se realizó un aforo de entrada y de salida, después del periodo de ocupación, y con base a la diferencia se calculaba un consumo aproximado de forraje verde animal por día. La ilustración 2 presenta las pasturas empleadas.

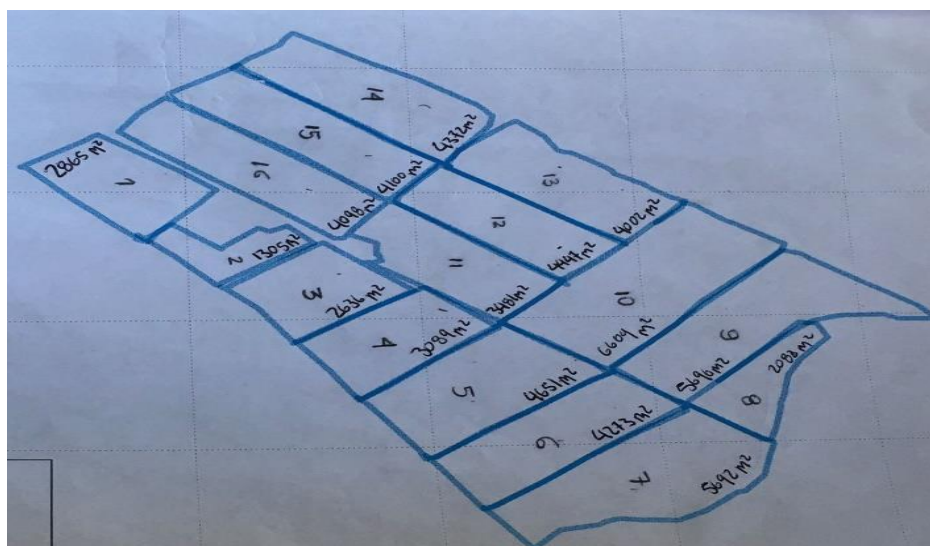
Ilustración 2.

Pasto suministrado a las hembras lecheras.



Ilustración 3.

División potreros de la granja.



Se empleó un modelo de fertilización basado entre los 500 kg de nitrógeno por hectárea año, con la utilización de una mezcla de urea 46-0-0 más 34-5-4, minerales N-P-K, de Colanta en un 75% y 25% de aporte respectivamente. Este estudio se realizó durante las rotaciones dadas entre el mes de octubre de 2022 al mes de febrero del 2023, durante el estudio.

Ilustración 4.

GPS medición de potreros.



Para la medición de forraje se utilizó un cuadro aforador de 25x25, un cuchillo para realizar el corte del pasto, un costal para recolectar las muestras y una báscula colgante digital para realizar el pesaje de cada muestra, tal como se presenta en la ilustración 5.

Ilustración 5.

Elementos para aforar.



La determinación del consumo promedio por animal se realizaba de la siguiente manera:

1. Se realizó un aforo de ingreso de los animales el mismo día antes de que este se ingresara al potrero.
 - 1.1 Se lanzaron 15 veces el cuadro aforador en zigzag tratando de abarcar todas las zonas del potrero para tener una muestra significativa.
 - 1.2 Se realizó el corte de cada uno de los cuadros a una altura de 10 a 13 cm del suelo, simulando el consumo normal del ganado bovino.
 - 1.3 Se recolectaron las muestras en el costal una a una.
 - 1.4 Se pesaron la totalidad de las muestras, luego de haber tarado el peso del costal.
 - 1.5 Este valor se multiplicó por 4, ya que nuestro cuadro fue de 25 cm, de esta manera calculamos un metro cuadrado.
 - 1.6 Este valor lo dividimos entre 15 que es el número de cuadros lanzados, así hallaríamos la cantidad promedio de forraje verde disponible por metro cuadrado.

1.7 Este valor es anotado en la hoja de vida del potrero y luego es tabulado para la realización de este proyecto.

2. Se realizó un aforo de salida el mismo día que los animales pasan al siguiente potrero, repitiendo los pasos de la metodología anteriormente descrita.

2.1 El valor de los aforos es anotado en la hoja de vida del potrero y luego es tabulado para la realización de este proyecto. La ilustración 6 presenta las condiciones de la pastura al final del ciclo de ocupación.

Ilustración 6.

Pastura después de pastoreo.



3. Cálculo del consumo promedio de animal por día:

$$\begin{aligned} \text{Aforo de entrada} - \text{aforo de salida} &= \text{cantidad consumida por metro cuadrado} \times \\ \text{numero de metros de potrero} - \text{remanente \%} &= \text{forraje disponible} \div \\ \text{numero de dias de ocupacion} \div \text{numero de animales} &= \text{consumo de fv por dia} \end{aligned}$$

3.1 Este valor fue tabulado en cada ciclo.

4. Se realiza un análisis de las variaciones de los consumos por rotación.

Las condiciones de manejo y de alimentación general fueron las mismas para cada uno de los 10 animales, pastoreaban los mismos potreros, abonados con la misma preparación de

fertilizantes químicos determinados para cada rotación, para el desarrollo de la investigación de emplearon 6 potreros que abarcan una área de 2 hectáreas de los 16 potreros disponibles que suman una área total de 6 hectáreas, con una rotación promedio entre los 22 a 25 días, con un suministro por igual de 226 g diarios de Fertizal Colanta® al 8% dividido en 2 raciones de 126 g por ordeño, consumo de agua voluntad y un promedio de 4 Kg de concentrado Alprolac Colanta® suministrado en 2 raciones una en cada ordeño, en función de la cantidad de leche producida animal día.

Las tablas 1 y 2 presentan los valores composicionales de la alimentación suministrada durante el estudio.

Tabla 1.

Composición de la Sal.

FERTISAL 8%	
Cloruro de sodio	Mínimo 26,000%
Calcio	Mínimo 12,000%
Azufre	Mínimo 4,000%
Fósforo	Mínimo 8,000%
Magnesio	Mínimo 0,300%
Zinc	Mínimo 0,600%
Cobre	Mínimo 0,100%
Selenio	Mínimo 0,006%
Yodo	Mínimo 0,009%
Cobalto	Mínimo 0,003%
Flúor	Máximo 0,080%
Humedad	Máximo 5,000%

Tabla 2.

Composición suplemento Alprolac®

PROTEINA	MINIMO 13,00%
GRASA	MINIMO 6,00%
FIBRA	MAXIMO 25,00%
CENIZAS	MAXIMO 10,00%
HUMEDAD	MAXIMO 13,00%
ENERGIA	MAXIMO 1,5 Mcal

Los aforos y cálculos de consumo se realizaron durante 5 rotaciones transcurridas potrero a potrero durante los meses de octubre del 2022 a febrero del 2023, rotación en la que se finalizó la investigación.

Marco teórico

Evolución histórica de la ganadería en Colombia:

El ganado fue introducido en Colombia por los conquistadores españoles a comienzos del siglo XVI; su importación continua durante la Colonia y la República, sin que hubiese un criterio de mejoramiento en materia de razas hasta mediados del siglo XIX, cuando empezaron a llegar algunos embarques de ganado selecto y, tal vez, de lo que se acostumbra a llamar razas puras (Lorente,1986).

Durante esos tres siglos y medio, las reses que llegaron, pertenecientes a las portorricas de diferentes regiones de España y, por tal causa, con apreciable variación genética de una a otra, se vieron sometidas a un proceso de selección natural, con cruces eventuales, pero en general aisladas por regiones (Lorente,1986).

La adaptación al trópico tuvo éxito, y las crónicas mencionan con frecuencia casos de reses extraviadas que dieron lugar a grandes hatos cimarrones. Los procesos de selección natural y cruces no dirigidos fueron consolidando una serie de razas criollas de animales resistentes, bien adaptados al clima y con buena productividad como son: Blanco Orejinegro, Romosinuano, Costeño Con Cuernos, Chino Santandereano, Hartón del Valle, Casanareño, Campuzano, Caqueteño y Sanmartinero, y las razas colombianas: Lucerna y Velásquez. También durante este período se introdujeron algunos pastos mejorados, aunque la tecnología típica dependía mayormente de variedades autóctonas, sea en praderas naturales o bien en terrenos desbrozados mediante quema del bosque original (Anzola Vásquez, 2005).

Lechería especializada en Colombia

Colombia produce cerca de 7414 millones de litros anuales de leche (FEDEGAN 2022), en 28 millones de hectáreas aptas para la producción de leche cruda donde se sitúan 615.367 fincas con bovinos destinados a la producción de leche (ICA, 2020).

El acopio formal consiste en el traslado de la leche cruda desde las fincas productoras a los centros de pasteurización industriales, donde es almacenada y tratada, para luego ser comercializada en distintas presentaciones, al término del año 2020, los centros de acopio formal en Colombia reportaron 3.348 millones de litros de leche procesados e industrializado equivalentes al 46%, el 33% se comercializa a través de intermediarios que la venden fresca o la transforman en quesos que son utilizados en la industria de panadería, repostería y pizzerías en ciudades medianas y pequeñas; 15% se procesa en finca y se comercializa como leche cruda y queso fresco, el 6% se destina para la alimentación de los terneros y/o consumo por parte de los productores (Alquería, 2022).

La producción lechera está dispersa por toda la geografía nacional, aunque se pueden identificar tres cuencas lecheras en la zona andina, a más de 2000 m.s.n.m. (trópico alto), que producen más del 70% de la leche acopiada por la industria. Además, hay tres cuencas del trópico bajo (menos de 1200 m.s.n.m) que producen cerca del 15% del total de leche y el restante en otras regiones del país. La lechería especializada se desarrolla principalmente en el trópico de altura (> 2000 msnm) donde las temperaturas medias son más bajas (10-20 °C) y la calidad de las pasturas es mejor. Las tres principales cuencas lecheras de la lechería especializada del país están en el sur (Departamento de Nariño), en el centro (Altiplano Cundiboyacence) y en noroccidente (Departamento de Antioquia). La especie forrajera predominante es el pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, recientemente rebautizado como *Cenchrus clandestinus* Hoschst ex Chiov), que en algunos casos se encuentra mezclado con tréboles o ryegrass (*Lolium*spp) (Carulla y Ortega, 2015).

Principales Razas utilizadas en estos sistemas de producción y Manejo:

La raza Holstein-Friesian, aunque se encuentran otras razas lecheras (Jersey, Pardo Suizo) y doble propósito (Normando), son las más usadas en Colombia. Las vacas son ordeñadas dos veces al día (a.m.; p.m.) y reciben suplementación con concentrado durante el

ordeño. El promedio de producción de leche en este tipo de explotaciones está entre 15 a 17 L/d, con una carga animal entre 1 a 3 vaca/ha (Colanta, 2023). La producción por ha está entre 4380 y 5110 L/año. Explotaciones altamente tecnificadas con uso de fertilizantes y de mucha suplementación alimenticia (7-8 kg/d) pueden alcanzar producciones promedio por vaca superiores a 27 L/d y 25 000 L/ha y año. En este tipo de explotaciones altamente tecnificadas las cargas animales son cercanas a 3 vacas/ha (Carulla y Ortega, 2015). El sistema de lechería especializada cuenta con un inventario animal cercano a 14.416.768 cabezas, de las cuales aproximadamente el 50% son hembras adultas y de éstas cerca del 70% están en ordeño (FEDEGAN, 2018).

Razas participantes del estudio:

Jersey x Holstein: Este cruce entre 2 razas puras especializadas se realiza con el objetivo de tener un F1 con gran vigor híbrido teniendo un balance entre producción aportado por la raza Holstein que permite tener una mayor producción de litros por lactancia y la raza Jersey, aportando mejor calidad referente a la cantidad sólidos totales producidos el cual es el objetivo dentro de la ganadería ya que de esta manera generamos bonificaciones dentro del pago de la leche. También se busca un volumen corporal más pequeño, lo que permite que los animales tengan un desplazamiento más cómodo, lo que genera una mejor adaptación a las características topográficas del trópico alto facilitando de esta manera el pastoreo (Salazar & Parra, J. 2011), sumado a la disminución del peso corporal y por ende del consumo de alimento en relación con su peso vivo.

Holstein: Los bovinos de la raza Holstein constituyen la principal actividad pecuaria en cuanto a su aporte en la economía, y se basan en el uso de razas adaptadas al altiplano, estas razas están orientadas a principalmente a la producción de leche, y ha sido la base para la realización de cruzamientos con el objetivo de buscar una mejor eficiencia productiva dentro del

trópico alto aportando su principal característica asociada a un aumento en el volumen de leche producido por lactancia. (Cardozo, 2011; Gasques & Blanco, 2011; Valerio, 2016).

Jersey: Es originaria de la pequeña isla de Jersey, la cual se localiza en el Canal de la Mancha; se fue desarrollando a partir del año 1700 adaptándola a las necesidades de los habitantes de la isla y las posibilidades forrajeras del medio, fueron los isleños quienes motivados por el interés que despertaban estas pequeñas vacas, decidieron preservar las características de la raza y prohibieron la introducción a la isla de bovinos que no fueran destinados a faena, de esta forma y a partir de esta fecha se asegura la pureza genética de la Jersey (Asojersey, 2022).

A nivel productivo su menor tamaño y su gran capacidad de conversión, hacen de esta raza la mejor opción para los productores lecheros, el promedio de producción de leche a 305 días en nuestro país es de 5.000 litros con una media en producción de grasa de 4,5%, proteína 3,63% y sólidos totales de 13,67%, encontrando animales con lactancias promedio terminadas de más de 7.600 litros con una media de producción diaria superior a 25 litros (Evaluación Genética de la raza Jersey – PNMG 2016). En la actualidad la calidad de la leche Jersey, está siendo reconocida por la industria procesadora debido a su mayor contenido de grasa, proteína y sólidos totales. Se considera una raza que generan una gran rentabilidad, representada por su alto índice de conversión de pasto a leche, por la calidad de su producto en cuanto a mayor contenido de grasa y proteínas, adicional a esto y como característica de resaltar es un animal de menor volumen y peso lo cual le permite desplazarse sin causar excesivo daño sobre pasturas (Asojersey, 2022).

Pastoreo: Por definición, el pastoreo es la cosecha del forraje tomada directamente por el animal para alimentarse. Desde el punto de vista del animal, el proceso de pastoreo involucra la búsqueda para la aprehensión e ingestión del material vegetal (Ferri et al. 2014). El pastoreo, constituye una de las formas de explotación más importantes implementadas en la ganadería.

FAO (2013), estima que el 26% de la superficie terrestre libre de hielo es utilizada para el pastoreo del ganado; y el 33% de las tierras cultivables se destina a la producción de forraje con el que se alimenta al ganado (Triminio Ponce, 2020).

Hace falta realizar un buen pastoreo, es decir, satisfacer de la mejor manera posible las exigencias de la hierba y la vaca. Los dos elementos son inseparables. Se debe, por consiguiente, examinarlos conjuntamente de manera que se satisfaga simultáneamente a ambos, en la medida de lo posible (Voisin y Lecomte 1968). Los agricultores que crían animales a pastoreo, y desean obtener una buena producción y sin deteriorar sus praderas, deben establecer una forma de utilizar los distintos potreros que constituyen su predio. A esta forma de ordenamiento del uso de los potreros, se denomina sistema de pastoreo (Meneses y López 1990). En el trópico, existen una gran variedad de sistemas de pastoreo, sin embargo, gracias a su amplia implementación y su fácil manejo en las fincas ganaderas, hay algunos que destacan entre tantos (Triminio Ponce, 2020).

Sistemas de pastoreo La ganadería en Colombia es básicamente de tipo pastoril. Esta se asienta en una serie de recursos forrajeros como son las pasturas de carácter perenne que predominan en las regiones de trópico medio y bajo, compuestas por especies introducidas o de carácter natural, en algunas especies de carácter temporal que se asientan en el trópico alto, además de pastos de corte y de algunos cultivos de tipo forrajero, que en cada campo se combinan en distintas proporciones para determinar así la cadena forrajera (Córdoba, 2018).

El método de pastoreo o utilización de los forrajes debe estar relacionado con las características morfológicas y filológicas de las plantas. Algunas especies se adaptan muy bien al pastoreo, mientras otras no lo resisten y deben ser cortadas y suministradas al ganado como pasto de corte. Algunas toleran el pastoreo bajo, al contrario de otras que deben ser pastoreadas a una mayor altura dejando una buena cantidad de material verde cuando salen los animales

conocido como remanente. Es muy importante seguir prácticas de utilización determinadas para cada especie, para obtener un rápido rebrote después de cada periodo de ocupación o corte (Cordoba,2018).

La finalidad básica de un sistema de pastoreo es lograr mantener una alta producción de forraje de alta calidad durante el mayor período de tiempo. Mantener un balance favorable entre las especies forrajeras (gramíneas y leguminosas). Obtener una eficiente utilización de forraje producido y lograr una producción ganadera rentable. Sin embargo, en cualquiera de los sistemas de pastoreo utilizados, el animal, en menor o mayor magnitud, actúa negativamente sobre la pastura, debido a que puede generar compactación del suelo, con una disminución de la aireación y de la infiltración, lesiones mecánicas a las plantas y desperdicio del material vegetativo por efecto del pisoteo, de la orina y de las heces, y alteraciones del balance natural entre especies forrajeras por susceptibilidad de las mismas al pisoteo y la defoliación (M.V del grecco,2020).

Dentro de los sistemas de pastoreo, los más utilizados en el país son:

Pastoreo rotacional: 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 (Ortiz y Silva, 2006). 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 del año, calculando así la capacidad de carga de cada parcela (Villalobos, 2009).

En Colombia los sistemas rotacionales son utilizados en la ganadería de leche, pero en la ganadería de carne son poco implementados debido al manejo tradicional, la poca tecnificación que tiene este sector y las ganaderías de manejo extensivo. (Quiroga castillo, 2022)

Ventajas del pastoreo rotacional: Se logra una mayor producción de forraje por unidad de superficie, ya que no hay defoliación prematura del rebrote, se controla la posibilidad de que el animal seleccione el forraje a consumir, ya sea entre las distintas especies, en distintos puntos de la pradera o entre distintas partes de la misma planta, el pisoteo es menor (o por lo menos no es continuo, sino muy intenso en ciertos periodos y nulo en otros), al estar las franjas desocupadas durante gran parte del tiempo, se corta el ciclo de los parásitos gastrointestinales y de algunos externos, hay mayor uniformidad en la cosecha del forraje, facilita el control de malezas y en zonas de riego se facilita regar las franjas desocupadas, facilita el control animal, facilita la siembra escalonadas de praderas, aumenta la calidad del forraje, permite mantener capacidades de carga altas, mejor uso de fertilizantes, y permite la remoción de la mayor parte del forraje viejo estimulando el rebrote de hojas nuevas. (Córdoba, 2018)

Periodo de ocupación: es el tiempo transcurrido desde que lo animales entran a pastorear en la parcela hasta que son pasados a una nueva parcela (Velásquez, 2013).

Periodo de descanso: es el periodo comprendido entre dos pastoreos sucesivos, durante el cual el pasto se deja recuperar (Estrada, 2002).

El periodo de ocupación y el periodo de descanso tienen marcados efectos sobre el crecimiento del pasto, Los principales son:

Efecto sobre el ritmo de crecimiento de las hojas: Esta depende de los organismos de rebrote. En pastoreo esta área debe ser el límite del consumo, si se consume y esto sucede en forma repetida la planta empieza a perder capacidad de crecimiento hasta desaparecer (Nuñez Tortorella, 2010).

Velocidad de producción de nuevos rebrotes: Cuando la planta ha producido varias hojas, comienzan a crecer nuevos rebrotes de las yemas situadas en los puntos de crecimiento.

Esto estará influenciado por la intensidad de la luz y por un pastoreo que no permita espigar la planta. El desarrollo de la espiga domina el crecimiento del resto de las partes de las plantas por lo que no se producen rebrotes durante el crecimiento de la flor (Nuñez ,2010).

Crecimiento de las raíces: Un adecuado crecimiento de hojas y rebrotes estimulan o favorecen un adecuado crecimiento de las raíces ya que estas se alimentan de los carbohidratos que son procesados en las hojas (Nuñez, 2010).

El manejo de pasturas mediante sistema rotacional o racional debe cumplir con los siguientes objetivos:

- Asegurar el alimento del ganado en verano como en invierno.
- No desperdiciar el pasto.
- Lograr pastos con rebrotes vigorosos.
- Mantener equilibrio entre la gramínea y la leguminosa. Como sistema los aspectos más importantes a manejar serian:
 - El número de cabezas por hectárea.
 - Días de descanso y de ocupación.
 - La intensidad de pisoteo.
 - Grado de fertilización (Vargas Tipán, 2014).

Pastoreo continuo: Es un modelo de pastoreo extensivo con muy poco manejo técnico donde los animales pastorean en grandes extensiones de tierra por tiempo prolongados, donde no hay manejo de pasturas son principalmente pasturas nativas de baja producción de forraje.

En este sentido, las cargas de animal por hectárea son muy bajas ya que al ser alta esta no compensa el tiempo que requiere el sistema para recuperarse. En Colombia, la ganadería extensiva tiene dos aspectos importantes: alto impacto ambiental y baja productividad de la cual ya se mencionó, este modelo es utilizado predominantemente en las ganaderías de trópico bajo destinados a la producción de carne (Rua, 2009).

Pastoreo en franjas: consiste en dividir por medio de una cinta eléctrica una cantidad de terminada de metros cuadrados diarios para el número de animales. Con este sistema se alcanza una alta capacidad de carga por unidad de área. El pastoreo es más uniforme, con el tiempo suficiente para la recuperación del pasto y se disminuye la selectividad de este (Tobon, 2004).

Pastoreo rotativo con dos grupos de animales: Es el aprovechamiento del mismo potrero por dos o más lotes. Un lote despunta y el otro lote consume el remanente. El primer grupo está constituido por los animales de mayores requerimientos (novillos en terminación o vacas en lactancia) mientras el grupo de cola sea el de menores requerimientos (novillos en levante o vacas secas). Dentro de un mismo lote (por ejemplo, vacas en producción de leche), los animales genéticamente más eficientes pueden despuntar el forraje seleccionado manifestando así su mayor potencial de producción y los menos eficientes comerán a continuación el forraje remanente, el objetivo es que el primer grupo consuma el forraje de mayor calidad y el de la cola, reciba además una suplementación con lo cual se incrementaría la eficiencia del misma (Bustamante, 2017).

Pastoreo diferido: Consiste en aprovechar, generalmente durante el verano, un área previamente clausurada que se reserva como forraje en pie. Este sistema maneja el concepto de trashumancia bovina. Se puede considerar como un sistema autóctono del pastoreo tropical en zonas de comportamiento climático estacional. Se basa en un traslado continuo del ganado entre medios naturales diferentes, pero complementarios y cercanos; en busca de condiciones propicias que permitan una producción moderada pero continua y relativamente estable a través

del tiempo (Córdoba, 2018). El pastoreo diferido rotativamente es un buen recurso para extraer del pastizal natural toda su potencialidad de producción, a la vez que contribuye notablemente a la supervivencia de las especies forrajeras deseables y a la conservación del suelo (Covas, 1972).

La desventaja de este sistema es que, para el tiempo que el animal utiliza los potreros, el pasto por su excesiva madurez muestra una aceptabilidad y valor nutricional muy pobre, contribuyendo exclusivamente una ración de mantenimiento (M.V del grecco, 2020).

Pastoreo cero: El ganado se confina y se manejan los potreros por medio de corte. Se necesitan construcciones, equipo de cosecha, manejo de animales y sobre todo suficientes lluvias y riego. Si hay recursos, es un sistema rentable, y sobre todo en vacas lecheras. (M.V del grecco, 2020). En este modelo al animal se le brindan todas las condiciones de confort sin necesidad de que este tenga que moverse en busca de alimento ni agua de esta manera se aumenta eficiencia del uso de la energía para los procesos productivos y reproductivos (Guevara, 2013).

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 (Suazo, 2020).

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 (Rúa 2009).

Sistema silvopastoril: Son una combinación de árboles, arbustos forrajeros y pastos con la producción ganadera en la finca. En este sistema se quiere una administración de estos recursos de manera que perduren en el tiempo los árboles y arbustos, así como su aprovechamiento en la alimentación animal. La importancia de estos es que pueden aportar mucho en mantener una cobertura vegetal continua sobre el suelo, posiblemente haciéndolo más fértil a mediano plazo, y además, trae beneficios verificables en la producción animal (Burbano, 2022). Siendo un modelo más amigable con el medio ambiente este modelo ha aumentado en Colombia, considerado prioritario para una ganadería regenerativa (Ramos,2022).

Pastoreo racional intensivo (PRI): Sistema en que el animal cosecha diariamente un pasto sano, limpio, fresco, brindándole un máximo confort para que pueda expresar su óptima capacidad de producción (Bustamante, 2017). El PRI 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). Además, permite aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, evitando de manera general el uso de abonos químicos, porque los desechos del ganado son distribuidos de manera homogénea por toda el área del potrero (Nallar,2017). En el PRV se tiene en cuenta la fisiología vegetal, es decir, la relación entre la planta comestible por los animales herbívoros y el suelo, los animales, el clima y todas las demás condiciones de ambiente del entorno, el ecosistema del que hacen parte, y en general todos los factores que influyen y que modifican el desempeño de estas plantas (pastos y forrajes) (Rúa, 2015).

El pastoreo racional intensivo es la técnica de producción de alimentos saludables de origen animal basada en:

- La preservación de los procesos biológicos que dan fertilidad al suelo.
- El conocimiento del crecimiento de los pastos.

- La observación del comportamiento animal, y de sus necesidades alimenticias y sanitarias.
- La capacitación y estímulo a la persona que lleva adelante la producción.

La empresa que lleva adelante un proyecto de este tipo basa su estrategia de gestión en la implementación de modelos productivos sustentables y económicamente viables; para lo cual establece como premisas:

- El uso óptimo de recursos productivos.
- Capacitación y motivación del personal.
- Mínimo uso de fertilizantes químicos y agrotóxicos.
- Fluida comunicación entre todos los que participan del proceso (Cordoba,2018).

Voisin diseñó cuatro leyes que permiten la implantación del sistema dentro de cualquier modelo ganadero:

Ley del reposo: “Para que una hierba cortada por el diente del animal pueda dar su máxima productividad, es necesario que entre dos cortes sucesivos haya pasado el tiempo suficiente, que pueda permitir a la hierba almacenar en sus raíces las reservas necesarias para un rebrote vigoroso y realizar la llamada de crecimiento” (Pinheiro, 2011).

De esta manera, Voisin definió el Punto Verde Óptimo (POV) o Punto Óptimo de Cosecha (POC), como el mejor estado nutricional de la planta para ser consumida por el animal. Dicho estado, se encuentra después del Punto de Madurez Fisiológica (PMF), pero antes del Punto de Madurez de Cosecha (PMC). Además, Voisin concluyó que no hay una cantidad de días específicos para que la planta alcance estos estados fisiológicos. Por consiguiente, el tiempo necesario para alcanzar dicho desarrollo dependerá de la capacidad de respuesta de la planta, que es, a su vez, función de las condiciones estacionales y climáticas (Voisin y Lecomte 1968).

Realizar la "llamarada de crecimiento" o gran producción diaria de pasto. Este período de descanso será variable de acuerdo a la estación del año (Cordoba,2018).

Ley de la ocupación: “El tiempo de ocupación de una parcela debe ser lo suficientemente corto para que una hierba cortada el primer día por el diente, no sea cortada de nuevo antes de que los animales dejen la parcela” (Pinheiro 2011). Con esta ley, Voisin estableció que el periodo de ocupación de un potrero debe ser suficientemente corto como para que el pasto cortado al iniciarse el tiempo de ocupación no vuelva a ser cortado por el diente del animal, antes que ellos dejen la parcela (Gómez 2017). Además, concluyó que mientras menor es el tiempo de ocupación, se reducen los efectos negativos por compactación en los potreros y aumenta la capacidad de la pastura para rebrotar y desarrollarse. Para cumplir el propósito de esta ley, la ocupación debería ser de 1 día o menos, y no debería exceder los 3 días (Matamoros, 2020).

Si un pasto es cortado dos veces por el animal durante el mismo período de ocupación de la parcela, demuestra que ese pasto no tuvo un período de reposo suficiente a fin de atender lo que determina la primera ley. Para evitar el doble corte del pasto en un mismo tiempo de ocupación, éste no deberá exceder, según la especie del pasto de dos a cuatro días de ocupación (Córdoba, 2018).

Ley de rendimientos máximos: “Es necesario ayudar a los animales de exigencias alimenticias más elevadas para que puedan cosechar la mayor cantidad de hierba y que esta sea de la mejor calidad posible” (Pinheiro 2011). Voisin, tomó en cuenta tanto el comportamiento de las pasturas, como el del animal. Con esta ley, estableció que el ganadero debe seleccionar los potreros con mayor biomasa y mejor calidad, para aquellos animales con mayores demandas nutricionales. Gracias a esta selección de las mejores 8 pasturas por parte del ganadero, el PRV rompe con la rotación secuencial que se maneja en el pastoreo rotacional convencional. De hecho, un animal alcanza su máximo rendimiento en el primer día de pastoreo, disminuyendo a

medida que el tiempo de permanencia en la parcela aumenta. A medida que la pradera va siendo pastada a fondo, el animal cosechará cada vez menor cantidad de pasto (Triminio Ponce, 2020).

Ley del rendimiento regular. “Para que una vaca pueda dar rendimientos regulares es preciso que no permanezca más de tres días en una misma parcela. Los rendimientos serán máximos si la vaca no permanece más de un día en una misma parcela” (Pinheiro 2011). Voisin observó que el período de ocupación y la cantidad y calidad de los pastos, eran inversamente proporcionales. Es decir, mientras mayor el período de ocupación, menor la calidad y cantidad de las pasturas. Por lo tanto, concluyó que, en el primer día de pastoreo, los animales presentarán rendimientos altos. Mientras que, en el segundo día, estos rendimientos disminuirán, aunque seguirán siendo aceptables. Por otra parte, el tercer día de ocupación representa los rendimientos más bajos y así sucesivamente si se extiende el período de ocupación (Rúa, 2009).

Resultados

En las siguientes tablas resúmenes, se presenta toda la información recopilada tras el estudio, divididas en cada rotación comprendida entre octubre del año 2022 a febrero del año 2023. En estas se presenta el número de potrero, la medida de cada potrero estudiado en metros cuadrados, el número de animales ingresados al potrero, el aforo de entrada que determina la cantidad de forraje verde disponible por metro cuadrado en kilogramos, el aforo de salida que hace referencia a los kilogramos de forraje verde por metro cuadrado en promedio que quedaron luego del pastoreo en kilogramos, P.O que hace referencia a los días de ocupación, P.D que son los días de descanso del potrero de cuando salieron los animales hasta un nuevo ingreso, el remanente que hace referencia al pasto que quedo en porcentaje con respecto a la oferta total y el consumo promedio KGV/ANIMAL/DIA que hace referencia a los kilogramos de forraje verde consumido por animal promedio en cada día de ocupación.

Tabla 3.

Rotación del 6 de octubre al 26 de octubre 2022.

ROTACION #1									
#POTRERO	MEDIDA M2	#ANIMALES	AFORO ENTRADA	AFORO SALIDA	P.O DIAS	P.D DIAS	REMANENTE %	CONSUMO PROMEDIO KGV/ANIMAL/DIA	
1	2865	10	1,87	1,120	3	27	60	71,3	
3	2636	10	1,76	0,907	3	28	52	75,0	
5	4651	10	1,65	1,064	4	30	64	68,5	
14	4372	10	1,86	1,173	4	32	63	75,5	
15	4100	10	1,92	1,360	3	29	71	76,5	
16	4098	10	1,84	1,333	3	30	73	68,8	
PROMEDIO	3787	10	1,82	1,160	3,3	29,3	64	72,6	

Tabla 4.

Rotación del 26 de octubre al 19 de noviembre 2022.

ROTACION #2									
#POTRERO	MEDIDA M2	#ANIMALES	AFORO ENTRADA	AFORO SALIDA	P.O DIAS	P.D DIAS	REMANENTE %	CONSUMO PROMEDIO KGFV/ANIMAL/DIA	
1	2865	10	1,33	0,453	4	22	34	63,0	
3	2636	10	1,47	0,480	4	20	33	65,0	
5	4651	10	1,39	0,720	5	21	52	62,0	
14	4372	10	1,31	0,613	5	23	47	60,6	
15	4100	10	1,30	0,683	4	24	53	62,9	
16	4098	10	1,36	0,773	4	21	57	60,1	
PROMEDIO	3787	10	1,36	0,620	4,3	21,8	46	62,3	

Tabla 5.

Rotación del 19 de noviembre al 15 de diciembre 2022.

ROTACION #3									
POTRERO	MEDIDA M2	#ANIMALES	AFORO ENTRADA	AFORO SALIDA	P.O DIAS	P.D DIAS	REMANENTE %	CONSUMO PROMEDIO KGFV/ANIMAL/DIA	
1	2865	10	1,47	0,800	3	24	55	63,7	
3	2636	10	1,57	0,453	5	26	29	59,0	
5	4651	10	1,39	0,853	4	24	62	62,0	
14	4372	10	1,60	0,880	5	23	55	63,0	
15	4100	10	1,52	0,800	4	22	53	73,8	
16	4098	10	1,47	0,960	3	26	65	69,2	
PROMEDIO	3787	10	1,50	0,791	4,0	24,2	53	65,1	

Tabla 6.

Rotación del 15 de diciembre al 08 de enero de 2023.

ROTACION #4									
#POTRERO	MEDIDA M2	#ANIMALES	AFORO ENTRADA	AFORO SALIDA	P.O DIAS	P.D DIAS	REMANENTE %	CONSUMO PROMEDIO KGFV/ANIMAL/DIA	
1	2865	10	1,87	1,067	3	24	57	76,4	
3	2636	10	1,92	0,533	5	25	28	73,1	
5	4651	10	1,87	1,253	4	23	67	72,2	
14	4372	10	1,97	1,147	5	24	58	72,3	

15	4100	10	1,84	1,147	4	23	62	71,1
16	4098	10	1,95	1,387	3	25	71	76,5
PROMEDIO	3787	10	1,90	1,089	4,0	24,0	57	73,6

Tabla 7.

Rotación del 08 de enero al 01 de febrero 2023.

ROTACION #5									
#POTRERO	MEDIDA M2	#ANIMALES	AFORO ENTRADA	AFORO SALIDA	P.O DIAS	P.D DIAS	REMANENTE %	CONSUMO PROMEDIO KGFV/ANIMAL/DIA	
1	2865	10	2,00	0,949	4	24	47	75,3	
3	2636	10	2,03	1,066	3	25	53	84,4	
5	4651	10	2,13	1,453	4	23	68	79,1	
14	4372	10	2,11	1,147	5	24	54	83,9	
15	4100	10	2,27	1,493	4	23	66	79,3	
16	4098	10	2,08	1,387	4	25	67	71,0	
PROMEDIO	3787	10	2,10	1,249	4,0	24,0	59	78,8	

Tabla 8.

Consolidado

# ROTACION	AFORO ENTRADA	AFORO SALIDA	P.O DIAS	P.D DIAS	REMANENTE %	CONSUMO PROMEDIO KGFV/ANIMAL/DIA
1	1,82	1,16	3,3	29,3	64	72,6
2	1,36	0,62	4,3	21,8	46	62,3
3	1,5	0,791	4	24,2	53	65,1
4	1,9	1,089	4	24	57	73,6
5	2,10	1,25	4	24	59	78,8
PROMEDIO	1,74	0,982	3,9	24,7	56	70,5

Durante las 5 rotaciones evaluadas, se observa que se logró la meta de consumo de forraje superior a los 60 kg. Las condiciones climáticas tuvieron una fuerte influencia en la disponibilidad de forraje.

Los meses de noviembre y diciembre de 2022, donde transcurrieron la rotación número 2 y 3 donde se observa una baja considerable en la oferta de forraje debido a las altas precipitaciones y heladas, con respecto a las rotaciones 1, 4 y 5 donde las condiciones climáticas fueron más favorables con menor cantidad de lluvia y menores cambios de temperatura.

Con respecto al aforo de salida, relacionado directamente con el porcentaje de remanente, podemos observar que durante las rotaciones 2 y 3 las cantidades de aforo de salidas fueron más bajas, pero aun así el porcentaje de remanente era superior al 30% recomendado por la literatura, estando entre 46% y 53% respectivamente, permitiendo así una mejor recuperación de la pastura sin afectar los carbohidratos estructurales que permiten un mejor rebrote, por consiguiente, una mejor recuperación.

Para las rotaciones 1, 4 y 5 debido a que la oferta forrajera era mayor se movían de manera más seguida la cerca eléctrica y por consiguiente los aforos de salida eran superiores, estando entre 1 a 1,25 Kg de forraje verde por m². Con respecto al periodo de ocupación, gracias a la implementación de este modelo, se lograron establecer periodos de ocupación entre los 3 a los 4 días, sin afectar la ley de los rendimientos máximos y cuidando las pasturas sin alcanzar un sobre pastoreo y asegurando un consumo adecuado que vario entre los 62,3 Kg de forraje verde animal/día hasta los 78,8 Kg de forraje verde animal/día en la rotación 5.

Bajo el modelo se logró un aforo promedio de 1,74 Kg de forraje verde por m² superior a el aforo promedio que varía entre 1,3 a 1,5 Kg de forraje verde por m² en el norte de Antioquia, se logró mantener un remanente del 56% en promedio durante las 5 rotaciones logrando así un periodo de descanso y días de rotación ideales para nuestro hato de 24,7 días, y con unos periodos de ocupación promedio de 4 días que nos garantizaron un consumo promedio de 70,5 Kg de forraje verde Animal/día durante las 5 rotaciones evaluadas.

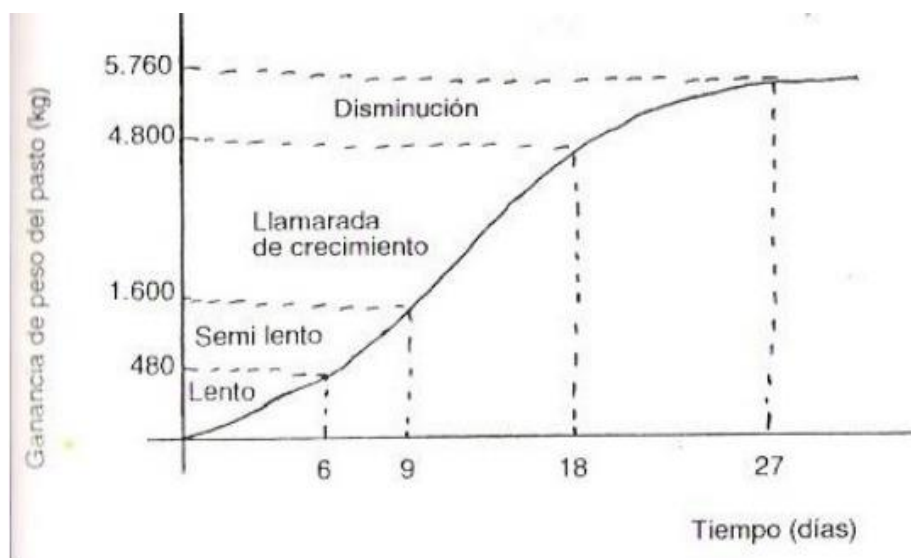
Discusión

Con el sistema de pastoreo racional se logró la implementación de una rotación a 24 días, de esta manera se obtiene que el animal coseche el forraje dentro del punto óptimo de reposo, ofertando un pasto con alta calidad nutricional y en la cantidad adecuada.

La grafica 1 presenta la curva normal de crecimiento de una pastura. Al punto en que termina la llamarada de crecimiento y se inicia el periodo de maduración se le denomina punto óptimo de reposo de la pastura y su identificación para la entrada de ganado para pastoreo es un fundamento básico del manejo racional de los pastos.

Gráfico 1.

Curva sigmoidea crecimiento del pasto.



Fuente: Córdoba (2020).

“El tiempo de ocupación de una parcela debe ser lo suficientemente corto para que una hierba cortada el primer día por el diente, no sea cortada de nuevo antes de que los animales dejen la parcela” (Pinheiro 2011).

Los resultados encontrados, nos permiten corroborar el cumplimiento de la ley de ocupación, ya que con la cinta eléctrica adelante y atrás al animal no se le permitía realizar dos cortes sucesivos del pasto, de esta manera almacenar las reservas generando un rebrote vigoroso generado inmediatamente después del primer golpe de diente (Córdoba,2020).

El modelo fue aplicado con las 10 vacas que se encontraban en producción lechera dentro del hato cumpliendo así con la ley de voisin.

Con la aplicación del modelo se logró un periodo de ocupación promedio de 4 días, gracias a las condiciones dadas en el hato y con el número de animales que se manejan 10 animales se podía dar cumplimiento a la ley de los rendimientos máximos logrando consumos promedios de 70,5 kg fv por animal por día en promedio durante las 5 rotaciones evaluadas.

“Para que una vaca pueda dar rendimientos regulares es preciso que no permanezca más de tres días en una misma parcela. Los rendimientos serán máximos si la vaca no permanece más de un día en una misma parcela” (Pinheiro 2011).

Por medio del uso eficiente de las pasturas y la oferta estable de forraje tanto en cantidad y calidad se lograron alcanzar promedios de producción de leche animal por día entre 20 a 22 lts alcanzado luego de la implementación del modelo de pastoreo rotacional inteligente.

El promedio de producción de leche en este tipo de explotaciones está entre 15 a 17 L/d (Colanta, 2023). Pudiendo lograr una superioridad de entre 3 a 5 lts en promedio sobre la media de producción de leche diaria por vaca reportada por la cooperativa Colanta en el norte de Antioquia.

En cuanto a la carga animal que es uno de los factores más determinantes dentro de cualquier producción ganadera y uno de los objetivos principales dentro de la realización de este proyecto se logró alcanzar una carga de 5 animales por hectárea sin sacrificar productividad, ni alcanzando un sobrepastoreo dentro de la rotación establecida, logrando de

esta manera 2 animales por hectárea mas sobre lo encontrado en la literatura. En este tipo de explotaciones lechera altamente tecnificadas las cargas animales son cercanas a 3 vacas/ha (Carulla y Ortega, 2015).

Conclusiones

- La oferta y el consumo de forraje verde fue el ideal con respecto al cumplimiento de los requerimientos nutricionales de las 10 vacas, logrando por medio de este modelo una oferta de forraje estable durante todas las épocas del año, logrando consumos superiores a los 60 kg fv/ animal/día durante las 5 rotaciones evaluadas.
- El sistema de pastoreo racional permite aumentar la capacidad de carga animal, mejorar la producción de biomasa y su valor nutritivo, optimizando el uso del forraje consumido para la producción de leche y reproducción.
- Por medio de la instauración del modelo se logró estandarizar los días de rotación en 24, obteniendo de esta manera ofertar forraje en cantidad y calidad, logrando así el cumplimiento de la ley de los rendimientos máximos planteada por André Voisin.
- Por medio del sistema de rotación racional se logró la utilización de 6 potreros de 16 disponibles y fijando una carga animal de 5 animales por hectárea, demostrando de esta manera que el hato se encuentra subcargado, permitiendo dejar remanentes altos de del 56% en promedio durante las rotaciones evaluadas.
- Es importante la realización de aforos, mínimo 2 por potrero, en cada rotación mientras se implementa el modelo, una medición al entrar el ganado al potrero y otra medición al salir, para conocer la cantidad de forraje ofertada, calcular la carga animal para cada potrero y conocer el consumo de forraje por animal por día, lo que demanda de mano de obra calificada para la realización de aforos y toma de datos.
- La utilización de franja eléctrica adelante y atrás genera un consumo parejo del potrero logrando una recuperación de la pastura más rápida evitando que los animales retrocedan a comer el rebrote, generando alta demanda de mano de obra.

Referencias

- Albano Ordeix, E., Alvarez Lichero, G., & Nuñez Tortorella, R. (2010). Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la productividad estivo-otoñal de una pradera de primer año con agropiro.
- Almagro, J. (2022). *Sistema de producción mixto entre ganadería y agricultura para generar sustentabilidad y disminuir riesgos* (Bachelor's thesis).
- Asojersey (2022). Bondades de la raza.
- Burbano Mendoza, M. E. (2022). *Análisis de las características silvopastoriles como fuentes de alimentación eficientes en la ganadería, en Ecuador* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022).
- Bustamante García, A. E. (2017). *Implementación de un Sistema de Rotación de Pasturas en la Finca el Palmar* (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).
- Carulla, J. E., & Ortega, E. (2016). Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 24(2), 83-87.
- Córdoba Arango, Juan Carlos. Memorias del diplomado de pastos y forrajes para la alimentación equina y bovina (1 : 2004 : Caldas). Caldas: Corporación Universitaria Lasallista, 2004. 125p
- Córdoba, (2018). Notas de clase: Sistemas de pastoreo. Corporación Universitaria Lasallista. Caldas.
- de Alquilería, P. I. (2022). *Facultad de administración de empresas especialización en gerencia de mercadeo marketing internacional prom 65* (doctoral dissertation, universidad externado de colombia).

- Echeverri, J., Salazar, V., & Parra, J. (2011). Análisis comparativo de los grupos genéticos Holstein, Jersey y algunos de sus cruces en un hato lechero del Norte de Antioquia en Colombia. *Zootecnia Tropical*, 29(1), 49-59
- FEDEGAN (2018). Cifras de referencia del sector ganadero colombiano. *Fedegán. Recu Septiembre de*.
- Juan Carlos Córdoba, C. U. (2020). Apuntes de clases "pasto y forraje ". Caldas, Antioquia:
- Lorente, L. (1986). La ganadería bovina en Colombia.
- Martínez López, J. R. (2000). *Influencia de la precipitación y la carga animal sobre la productividad del Buffel (Cenchrus ciliaris L.), utilizando análisis de sistemas y simulación* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Martínez Zamorano, S. (2023). Implementación de suplementación en novillas F1 Holstein x Angus en finca de la Cooperativa Colanta en el Norte de Antioquia.
- Pari, H. R. T. (2018). Determinación de valores de serie roja y serie blanca en bovinos (*Bos taurus*) de la raza Holstein adaptados a la altura, en la Estación Experimental Choquenaira: Henry Rolando Ticona Pari. *Revista Estudiantil AGRO-VET*, 2(2), 192-198.
- Ramos, R. (2022). *Investigación del grado de conocimiento de los productores agropecuarios sobre el Sistema Silvopastoril (SSP) en el norte del departamento de Juárez Celman, provincia de Córdoba, Argentina, año 2021* (Bachelor's thesis).
- Rojas, D., Londoño, J. M. B., & Guevara, O. M. O. (2013). Análisis técnico económico de sistemas de ganadería en confinamiento modelo establo invernadero en el departamento del Quindío. *Sinapsis*, 5(5), 127-136.
- Rúa Franco, M (2009). Las Leyes Universales de André Voisin para el Pastoreo Racional. *Cultura Empresarial Ganadera. Instituto André Voisin. Bogotá. Colombia*.

- Superintendencia industria y comercio (2021). *Estudios económicos sectoriales, Análisis del sector lácteo en Colombia evidencia para el periodo 2010 – 2020*.
- Tobón Yepes, C. J. (2004). Establecimiento, renovación y utilización racional de praderas en predios de productores en clima medio y cálido.
- Triminio, A. J. (2020). Pastoreo Racional Voisin (PRV) como un sistema de producción sostenible.
- Vargas Solís, S. (2019). Determinación de nutrientes en hojas y tallos en la edad fenológica de mayor calidad del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*), en la zona de Patio de Agua, Coronado, Costa Rica.
- Vargas Tipán, J. I. (2014). *Evaluación agronómica del manejo rotacional racional sobre las pasturas en el centro experimental académico Salache, provincia de Cotopaxi* (Bachelor's thesis, Iatacunga/utc/2014).
- Vargas-Leitón, B., Marín-Marín, Y., & Romero-Zúñiga, J. (2012). Comparación bioeconómica de grupos raciales holstein, jersey y holstein x jersey en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2), 329-342.
- Vásquez, H. J. A. (2005). Conservación y utilización de las razas bovinas criollas y colombianas para el desarrollo rural sostenible. *Archivos de Zootecnia*, 54(206), 141-144.
- Velásquez Zuluaga, S. A. (2013). *Estructuración para establecimiento y mantenimiento de potreros y rotación intensiva en finca Las Palmas de la ganadería La Aurora* (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).