



UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOBRE EL SUELO DE UN SISTEMA GANADERO EN PASTOREO
DE ULTRA ALTA DENSIDAD.**

LUZ PAMELA RAMIREZ JIMENEZ

Director

GERMAN GÓMEZ LONDOÑO, PhD.
Doctor en Ciencias Agrarias

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**MANIZALES,
MAYO DE 2023**

UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOBRE EL SUELO DE UN SISTEMA GANADERO EN PASTOREO
DE ULTRA ALTA DENSIDAD

LUZ PAMELA RAMIREZ JIMENEZ

Trabajo final presentado a la Maestría en
Sistemas de Producción Agropecuaria de
la Universidad de Caldas, como parte de
los requisitos para el grado de Maestro en
Sistemas de Producción Agropecuaria.

APROBADA POR:

**GERMAN GOMEZ LONDOÑO, MVZ, PhD.
DIRECTOR**

JURADO

JURADO

**MANIZALES
MAYO DE 2023**

Tesis dedicada a Guillermo Arango Gutiérrez

Quiero darles un agradecimiento especial a todas las personas que en todo este tiempo estuvieron apoyándome y guiándome para poder culminar este proceso, especialmente a DIOS, quien es el que pone día a día cada persona en mi camino.

*A mi tía Carmenza Jiménez
A mi esposo Juan Carlos Robledo
A mi madre Isabel cristina Jiménez
A mis profesores Henry Mesa Echeverri y German
Gómez
A mis suegros Leónidas Robledo y Nelly Salgado*

“Cuando la puerta de la felicidad se cierra, otra puerta se abre, pero algunas veces miramos tanto tiempo aquella puerta que se cerró que no vemos la que se ha abierto frente a nosotros”

Madre Teresa de Calcuta

Agradecimientos

Al Señor Leónidas Robledo Palacio, propietario de la Hacienda la Cascada por permitirme realizar la presente investigación en su predio.

A Juan Carlos Robledo MVZ.; Esp., por sus valiosos aportes en el desarrollo del Pastoreo de Ultra Alta Densidad.

A Henry Mesa Echeverri MVZ y PhD., por su apoyo e interés en el proyecto de investigación.

A Germán Gómez Londoño MVZ y PhD., por haber aceptado la tutoría del presente proyecto de investigación.

A Juan Carlos Montoya Ing. Agrónomo y PhD. por su gran aporte en el tema de suelos de la presente investigación.

A Eliana Rodríguez estudiante de ingeniería Agronómica, por su colaboración en el desarrollo de la presente investigación.

A la Asociación Colombiana de Ganadería Regenerativa ACOGANAR, por facilitarme el material necesario para el desarrollo de la presente investigación.

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el impacto sobre el suelo en un sistema ganadero en pastoreo de ultra alta densidad (PUAD), con la intención de analizar los cambios fisicoquímicos generados sobre un suelo en particular. La investigación se desarrolló en la Hacienda La Cascada, ubicada en el municipio de Victoria, departamento de Caldas – Colombia, donde se realiza pastoreo de ultra alta densidad. Para el estudio se destinaron 32 *ha* divididas en las siguientes tres (3) áreas: vega, ladera y quebrada. La pastura del área presentó una mezcla de *Brachiaria Brizanta Marandu* (*Brachiaria brizantha*), Tifton 78 y Guinea (*Panicum maximum*). Se utilizaron 211 animales de la raza Bon (100 vacas con un promedio de peso de 420 kg, 50 novillas de vientre 300 kg de peso promedio, 60 terneros 140 kg de peso promedio y 1 toro de 650 kg). Se tomaron y analizaron 30 muestras mensuales de suelo, durante seis meses en los dos tipos de potreros PUAD establecido y PUAD en transición, y se tomó como suelo absoluto la zona boscosa ubicada en linderos del predio, las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Conservación de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas donde se realizaron análisis de densidad aparente (DA), materia orgánica (MO), infiltración (I) y clasificación textural.

Adicionalmente, se efectuaron tres tipos de análisis estadístico, a saber: análisis de varianza, estratificado por muestreo (1 a 6); se evaluó el efecto del sistema PUAD establecido y en transición, en términos de profundidad y su interacción lineal sobre

MO; luego, se usó análisis de regresión lineal de MO sobre el muestreo para comparar las pendientes entre los sistemas. Además, se analizó el efecto del sistema sobre la infiltración y densidad aparente en cada muestreo usando la información de 0 a 5 cm de profundidad.

Los resultados obtenidos en los muestreos realizados durante 6 meses evidencian que aparentemente los sistemas PUAD tienden a igualar el sistema bosque a lo largo del tiempo, en lo referido a MO y DA; por lo que se pudo apreciar que el PUAD proporciona beneficios sobre MO. Se concluyó que la DA no traduce una mejora en la infiltración. Aunque el objetivo de los sistemas PUAD o sistemas de pastoreo de corta duración son loables, se requieren datos objetivos y significativos que demuestren que estos sistemas son una opción viable para la ganadería colombiana.

Palabras clave: pastoreo, suelo, Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD), Bon, rotación

Abstract

The objective of this research was to evaluate the impact on soil in an ultra-high-density grazing (PUAD) livestock system, with the intention of analyzing the physicochemical changes generated in a particular soil. The study was conducted at Hacienda La Cascada, located in the municipality of Victoria, department of Caldas - Colombia, where ultra-high-density grazing is practiced. For the study, 32 hectares were divided into three areas: Vega, Ladera, and Quebrada. The pasture in the area consisted of a mixture of *Brachiaria Brizanta Marandu* (*Brachiaria brizantha*), Tifton 78, and Guinea (*Panicum maximum*). 211 Bon breed animals were used (100 cows with an average weight of 420 kg, 50 pregnant heifers with an average weight of 300 kg, 60 calves with an average weight of 140 kg, and 1 bull weighing 650 kg). Thirty soil samples were taken and analyzed monthly for six months in the two types of PUAD pastures established and in transition, and the forested area located on the property boundaries was used as an absolute soil. The samples were analyzed in the Soil Conservation Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Caldas, where analyses of bulk density (hereafter BD), organic matter (hereafter OM), infiltration (hereafter I), and textural classification were performed.

Additionally, three types of statistical analysis were carried out: analysis of variance stratified by sampling (1 to 6); the effect on soil of the established and transition PUAD systems was evaluated in terms of depth and its linear interaction on OM; then, a linear regression analysis of OM on sampling was used to compare the

slopes between the systems. Furthermore, using only the information from 0 to 5 cm depth, the effect of the system on infiltration and bulk density was analyzed in each sampling.

The results obtained from the six months of sampling show that PUAD systems apparently tend to equal the forest system over time, in terms of OM and BD; therefore, it was observed that PUAD provides benefits for OM. It was concluded that BD does not translate into an improvement in infiltration. Although the objective of PUAD systems or short-duration grazing systems is commendable, objective and significant data is required to demonstrate that these systems are a viable option for Colombian livestock farming.

Keywords: grazing, soil, uhdg, Bon, rotation

Tabla de contenido

Resumen	1
Palabras clave: pastoreo, suelo, Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD), Bon, rotación	2
Abstract.....	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS	12
3.1. Objetivo General.....	12
3.2. Objetivos Específicos.	12
4. REFERENTE TEÓRICO	13
4.1. Ganadería en Colombia.....	14
4.2. Métodos de Pastoreo	19
4.2.1. Pastoreo Continuo o Libre.....	20
4.2.2. Pastoreo Alterno	24
4.2.3. Pastoreo Rotacional	26
4.2.4. Pastoreos de Alta Densidad	30
4.2.5. Pastoreo Rotacional Voisin (PRV).....	34
4.2.6. Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD).....	38
4.3. Pastos y Forrajes	41
4.3.1. Brachiarias	42
4.3.2. Tifton 78	44
4.3.3. Guinea.....	46
4.4. Tipo de Ganado.....	48
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	52
5.1. Animales en Pastoreo.....	53
5.2. Mediciones y Análisis.....	55
5.2.1. Análisis Químicos.....	57
5.2.2. Análisis físicos.....	60
5.3. Análisis Estadístico.....	70
6. RESULTADOS	71
7. DISCUSIÓN.....	75
8. CONCLUSIONES.....	80
9. RECOMENDACIONES	81

10.	ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y GRÁFICAS	82
11.	Referencias	83

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El creciente aumento de la población humana demanda grandes cantidades de alimentos para la subsistencia y desarrollo de la población que va en aumento (Livi-Bacci, 2009). Respecto a lo anterior, la población pasó de 1,5 mil millones de habitantes en 1902 a contar con más de 7,8 mil millones en la actualidad. Las múltiples actividades humanas provocan un fuerte impacto sobre la naturaleza, causando la desaparición de hábitats de muchas especies debido a las diversas formas de contaminar como las emisiones y de CO₂; en este orden de ideas, la manera tradicional de producción agropecuaria resulta en un modelo y sistema de consumo intolerable para el sistema natural finito (Mendoza Espinosa et al., 2014).

Recientemente, en informe del Banco Mundial Castaneda Aguilar et al. (2020) explican que la combinación de la pandemia de COVID-19 con las presiones generadas por los conflictos y el cambio climático hará imposible alcanzar el objetivo de poner fin a la pobreza para 2030, si no se toman rápidamente medidas de política importantes y significativas.

Por consiguiente, la ganadería tradicional colombiana se ve en la necesidad de responder a este tipo requerimientos y a mejorar los modos de producción de su industria, ya que está demostrado que la ganadería extensiva es un importante factor de degradación del suelo, deforestación y emisión de gases de efecto invernadero (Morales, 2017).

Adicionalmente, la ganadería actual enfrenta problemas de rentabilidad y de percepción o aceptación pública por los impactos ambientales que genera, mencionados atrás. Así, la rentabilidad está comprometida por la baja producción, uso intensivo de insumos, su alto costo y por los precios de venta inferiores a los costos de producción. Existe una necesidad urgente de cambiar la imagen de los sistemas tradicionales de ganadería, que con frecuencia se han visto como una actividad asociada con la destrucción de la base de recursos naturales: suelo, agua, biodiversidad, entre otros, y con altas emisiones de gases efecto invernadero, incluso, representando pocos beneficios sociales y económicos para la sociedad. (Pezo, 2019).

De otro lado, los suelos de Colombia son diversos y frágiles, cuentan con 11 de las 12 órdenes de suelos existentes en el mundo, a excepción de los gelisoles. Entre ellos se destacan los suelos incipientes, poco evolucionados, con un 58,11% correspondientes a los órdenes entisoles e inceptisoles (IDEAM et al., 2012). Es de anotar que los procesos de degradación más relevantes en Colombia son la erosión, el sellamiento de suelos, la contaminación, la pérdida de la materia orgánica, la salinización, la compactación y la desertificación. Estos procesos afectan en gran medida a las regiones Caribe, Andina y Orinoquia y comienzan a notarse en la Amazonia y en el litoral Pacífico. Entre las causas de la degradación y la gestión insostenible de los suelos en el país se mencionan las siguientes: la creciente demanda de bienes y servicios de los suelos, el desconocimiento de las funciones e importancia del suelo y de alternativas para su recuperación, restauración y rehabilitación, procesos de planeación y de ordenamiento del territorio que no tienen

en cuenta las características de los suelos, debilidad en los procesos de seguimiento a la calidad de los suelos, desarticulación institucional y carencia de normas e instrumentos para la gestión sostenible del suelo (Castaño Uribe et al., 2002).

Recientemente se ha popularizado el concepto de *ganadería regenerativa*, el cual incluye sistemas de pastoreo de ultra alta densidad (PUAD), estos sistemas prometen solucionar en gran medida los problemas y desafíos que enfrenta la industria ganadera en términos de garantizar una producción sostenible. De hecho, el PUAD ofrece mayor rentabilidad al ganadero, ya que busca que el animal se adapte al medio evitando conductas antropomórficas que interfieren con los ciclos naturales del ecosistema, reducción paulatina de los costos en concentrados, maquinaria, fertilizantes e insumos agropecuarios; beneficiando a pequeños y medianos productores, conforme reduce costos y aumenta la producción por área de manera sostenible y regenerativa (Lasater, 2011; Díaz, 2020).

Sin embargo, para promover los procesos de transformación tecnológica, necesarios en la ganadería en Colombia, es necesario disponer de evidencia experimental confiable que soporte las ventajas productivas, ambientales, rentables y sociales del sistema PUAD; evidencia necesaria que es insuficiente debido a las pocas investigaciones realizadas sobre este tipo de sistemas en Colombia.

2. JUSTIFICACIÓN

La ganadería bovina abarca un gran porcentaje de la dinámica económica del país, por lo que este sector requiere de gran atención; es indispensable buscar alternativas que puedan aumentar su productividad, mejorar la economía local y aportar a la disminución de impactos ambientales negativos. Asimismo, como se mencionó, la ganadería es bastante controvertida en nuestro país. Diferentes autores como (Zietsman, 2014; Voisin, 2018; Eccardi y Suárez, 2021b) afirman que los sistemas de pastoreo regenerativo, entre los cuales se encuentra el PUAD, prometen darle una solución de primera mano a los problemas con los que actualmente son relacionadas las producciones bovinas.

La disponibilidad de evidencia experimental permitirá tener elementos de juicio para conocer la pertinencia del uso de sistemas de ultra alta densidad en ladera, sus impactos sobre las condiciones del suelo y su subsecuente productividad; permitirá realizar recomendaciones tecnológicamente viables para el mejoramiento de los sistemas ganaderos. Específicamente, los aportes son plausibles en la medida en que la información se direcciona al estudio de un sistema con una raza criolla como el ganado Blanco Orejinegro (BON), en un territorio de difícil topografía (quebrada), con una pluviosidad, temperatura y humedad relativas altas, lo que puede orientar a la toma de decisiones en un futuro inmediato, llegando a ser un punto de referencia para los ganaderos de Colombia y aquellos cercanos al trópico. De esta manera se promueve que cese la estigmatización de la ganadería y esta transite a ser una actividad pecuaria que no solo genere empleo, sino que

constituya factores determinantes en la reducción del impacto ambiental y el desarrollo local.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar el impacto sobre el suelo en un sistema ganadero en pastoreo de ultra alta densidad (PUAD).

3.2. Objetivos Específicos.

1. Analizar los cambios físicos que se generan sobre el suelo en un sistema PUAD.
2. Analizar los cambios químicos que se generan sobre el suelo en un sistema PUAD.

4. REFERENTE TEÓRICO

La reducción de la pobreza y la inseguridad alimentaria son metas que implican el bienestar de cerca de un billón de personas en el planeta. El Derecho Universal a una alimentación sana es una condición indispensable para el desarrollo, la dignidad y la salud de los seres humanos, pero ejercer este derecho es hoy cada vez más difícil para la población mundial (Pagnussatt, 2018).

En el 2015, la FAO aseguró que el 33% de la tierra se encontraba de moderada a altamente degradada, debido a la erosión, salinización, compactación, acidificación y la contaminación química de los suelos. Una mayor pérdida de suelos productivos dañaría severamente la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, incrementaría la volatilidad de los precios de alimentos, y potencialmente sumiría a millones de personas en el hambre y la pobreza (Pennock y McKenzie, 2016). Se ha comprendido que no se puede seguir apostando por un crecimiento indefinido que exige, entre otras cosas, un consumo creciente de recursos energéticos y conlleva incrementos insostenibles de todo tipo de contaminación (Lester, 2002).

Nada cambia la mente ganadera tanto como un cambio en el enfoque de su objetivo, producción/animal o rentabilidad/hectárea. Aparte de ser una buena decisión de negocios, un objetivo de máximo beneficio sostenible requiere una pradera altamente productiva; esto conlleva a la gestión de pezuñas y bocas, de tal manera que cada animal tiene una influencia positiva en todos los procesos

naturales en el ecosistema. En términos generales, significa que, a más ganado mayor productividad de la pradera y mayor beneficio (Zietsman, 2014).

4.1. Ganadería en Colombia

La República de Colombia se localiza en el noroeste de América del Sur y, además de costas sobre el Océano Pacífico y el Mar Caribe, mantiene extensos límites con Panamá, Venezuela, Brasil, Perú y Ecuador. Con una superficie de 1.138.910 km² y una población estimada en 51.049.000 millones de habitantes, constituye el quinto país en orden de extensión y el tercero más poblado de toda América Latina (Díaz et al., 2006).

Igualmente, posee una representación considerable del 28.79% de suelos muy evolucionados, pocos fértiles como los ultisoles y los oxisoles. Los mejores suelos agrícolas (andisoles y molisoles) apenas cubren 8.5 millones de hectáreas, equivalentes al 7.5% del territorio nacional. De otro lado, no existen suelos de la clase agrológica 1 en Colombia, y los de clase 2, 3 y 4 cubren un área de 17.073.144 hectáreas equivalentes al 15 % del territorio continental (IDEAM et al., 2012).

Ahora bien, si hablamos de la cobertura del suelo, según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, las especies forrajeras se dividen principalmente en gramíneas y leguminosas. Las gramíneas comprenden aproximadamente 75% de las plantas forrajeras, existen 700 géneros de gramíneas con 10.000 especies de las cuales son importantes 40. Clasificadas por zonas, 25 son de la zona templada,

9 de la zona tropical y 6 de diferente origen. Las leguminosas, que crecen espontáneamente en Colombia, agrupan 23 géneros con 73 especies; este orden botánico tiene una marcada trascendencia ya que, en asocio con las gramíneas, son los grupos de vegetales que dotan al hombre del mayor número de plantas útiles para sus múltiples actividades cotidianas (Cardona Mejia, 2012).

Gracias a su ubicación geográfica, Colombia cuenta con gran variedad de pisos térmicos que van desde el nivel del mar hasta regiones de páramo, ello permite la explotación de diferentes razas bovinas productoras de carne y leche (ICA, 2016). En Colombia la superficie total agropecuaria se estima en 51'008.326 has, de las cuales el renglón pecuario ocupa 37'185.336 has. La mayor parte del área pecuaria está dedicada a pastos para la ganadería bovina (aproximadamente 30 millones de has equivalentes al 80.64%), de las cuales 26% son de pastos naturalizados o introducidos, con grado variable de manejo, y 10.5% de vegetación natural y seminatural de sabanas (IGAC, 2001). En dicha área pecuaria, el 70% maneja sistemas de producción extensivos, con una capacidad de carga promedio de 0.7 animales por hectárea, y una producción aproximada en los sistemas extensivos mejorados de 134.89 kg de carne/animal/año, equivalentes a 121.40 kg de carne/ ha/año (Mahecha, 2003; Banco Mundial, 2019).

En la ganadería tropical [colombiana] coexisten múltiples sistemas de producción en diferentes pisos térmicos y con distintos grados de intensificación, ubicados en ambientes socioeconómicos de muy diversa naturaleza (Stagnaro y Bury, 2008), en los que la producción sostenible y competitiva de proteína de origen animal es posible, en gran medida, gracias al uso de razas adaptadas a las

condiciones climáticas, económicas y del manejo característico de cada región (Galeano y Manrique, 2010).

El número de predios a nivel nacional se redujo en 1,0%, respecto al total de predios en el 2020 y es consistente con la reducción en el número total de cabezas de ganado bovino. De los 633.408 predios en el país el 70,0% se concentra en diez departamentos: Boyacá (14,0%), Cundinamarca (13,1%), Antioquia (10,4%), Nariño (7,3%), Santander (6,7%), Córdoba (5,0%), Tolima (3,9%), Cauca (3,4%), Norte de Santander (3,1%) y Bolívar (3,1%) (ICA, 2021). La ganadería es la actividad económica de mayor presencia en el inmenso territorio rural de Colombia. Anualmente se producen más de 7.000 millones de litros de leche y más de 800.000 toneladas de carne bovina, que van a la mesa de los colombianos y para las exportaciones al mundo, como aporte a la permanencia de la seguridad alimentaria mundial (ganaderia-Fedegan, 2020).

La ganadería bovina de carne, es una actividad generalizada y desarrollada prácticamente en todo el país, considerada como un renglón socioeconómico de gran importancia para el desarrollo del campo, ha sido y es cuestionada fuertemente por su desempeño productivo y por su impacto ambiental; sin embargo, si se quieren reconocer sus verdaderas dificultades, es necesario evaluar aspectos internos como el proceso de la ganaderización y la presión ejercida sobre los recursos naturales, los bajos rendimientos productivos y económicos, la poca visión empresarial, la tímida labor gremial, el bajo desarrollo de la estructura para el mercadeo, la comercialización, la disminución en los niveles de consumo de carne

bovina en Colombia, entre otros aspectos, que hacen que no se presenten niveles de competitividad adecuados (Mahecha et al., 2001b).

Entre las razones que dificultan el alcance de altos niveles de competitividad se encuentran las siguientes: la existencia de una ganadería extensiva, el número de intermediarios y la falta de integración de la cadena —aunque ha mejorado—, mala calidad de pastos, administración deficiente, cruces genéticos impropios, problemas sanitarios, ciclo ganadero largo, problemas de precios, inseguridad, reformas fiscales; entre otros. La permanencia de este sistema con sus motivos económicos, sociales y culturales, corresponde a un círculo que ha permanecido durante más de 150 años (Martínez y Caro, 2019).

Es pertinente indicar que los sistemas de producción ganadera en Colombia deben buscar alternativas tecnológicas, que, en el mediano plazo, logren aumentar la productividad bovina, basados en programas de retención, selección, mejoramiento y prácticas más rutinarias de manejo (Mahecha et al., 2001b). Además, los productores de ganado de carne buscan incrementar sus rendimientos mediante la selección para caracteres de crecimiento, pero, aunque estas metas de selección han sido importantes, sigue siendo necesario tener mayor precisión de selección para la eficiencia de conversión alimenticia, puesto que se ha determinado que las diferencias entre animales en su capacidad para convertir alimento en ganancia de peso son importantes en la determinación de los ingresos de los productores (Moore et al., 2009).

Entre otros factores, resalta la baja de las producciones por área pues se busca rendimientos individuales, que son dependientes de suplir las altas demandas nutricionales de animales con selección a máxima producción, el pastoreo selectivo y continuo, junto con altos niveles de suplemento permitiendo a todos los animales comportarse en altos niveles individualmente (Zietsman, 2014). Las anteriores variaciones y particularidades generan escenarios que requieren múltiples intervenciones técnicas en el sistema ganadero, por ende, una de las situaciones es diferenciar independiente de su vocación para carne, leche o doble propósito los animales con mayores rendimientos y eficiencia de conversión alimentaria. Las medidas de adaptación van desde el ordenamiento productivo hacia zonas con agroecosistemas más resilientes y óptimos para la ganadería, hasta la mejora genética de pastos y animales (Bravo Parra, 2021).

Guerrero y Londoño (2014) realizaron un análisis del cambio climático en las cuencas lecheras del valle de Ubaté y Chiquinquirá, a partir del cual se recomienda la inclusión de buenas prácticas para el pastoreo, unidas a un componente forestal que aumenta la disponibilidad de forrajes y disminuye la vulnerabilidad del productor, reduciendo la exposición de su sistema ganadero a los factores propios de la variabilidad y los cambios climáticos.

Una forma para maximizar la ganancia de los sistemas de producción de ganado de carne, es minimizar los costos de producción puesto que el suministro alimenticio representa uno de los mayores costos de producción (Herd y Arthur, 2009). De este modo, se busca la adopción tecnológica que conlleve a una ganadería sostenible, permitiendo a los productores usar adecuadamente el

territorio, por lo tanto, que produzcan mayores cantidades de carne y leche en superficies menores. Con la implementación de estas medidas se espera alcanzar el 2,8 % de los predios ganaderos del país con capacidad de carga de tres animales por hectáreas en los sistemas ceba, doble propósito, leche y cría (Bravo Parra, 2021).

4.2. Métodos de Pastoreo

El manejo y alimentación del ganado colombiano se basa en el consumo de pastos y, en algunos casos, se complementa con suplementación alimenticia (concentrados) (Guerrero y Londoño, 2014). El pastoreo es un proceso dinámico y continuo, donde comportamientos ingestivos y digestivos interactúan en espacio y tiempo (Gregorini et al., 2007). Es por eso que, un sistema eficiente de pastoreo debe orientarse a que el animal consuma la mayor cantidad de forraje de buena calidad, para cubrir sus requerimientos de sostenimiento, producción y reproducción (Castro, 2008).

Dentro de lo que llamamos “sistemas de pastoreo”, se encuentran herramientas específicas para balancear la conflictiva relación entre la captura de energía solar, la cosecha de pasto y la conversión de nutrientes aportados por el pasto. Dichas herramientas se denominan métodos de pastoreo (Gregorini et al., 2007).

4.2.1. Pastoreo Continuo o Libre.

Este sistema es el más natural de todos. En este sistema el ganado tiene absoluta libertad para consumir el pasto que desee debido a que no hay límites en el predio, pues todo el campo es un solo potrero y los únicos alambrados son los que delimitan el perímetro del predio y lo separan de los predios vecinos. Consiste en mantener un número de animales permanentemente en la pradera hasta que salen para el mercado, se caracteriza porque requiere muy poca administración y bajos gastos en cercas, saladeros, bebederos y demás infraestructura; al disponer de un área mayor para pastorear el animal puede seleccionar mejor la dieta y puede llegar a producir mayor cantidad de carne o leche que los animales que pastorean en rotación. Al seleccionar las plantas más suculentas, más nutritivas, está continuamente defoliando los nuevos rebrotes de las plantas, sin permitirles la acumulación de reservas para su recuperación, lo cual conlleva a que las especies más deseables tiendan a desaparecer y las especies menos deseables (arvenses) tiendan a dominar. Otra desventaja que se presenta en este sistema es que los animales gastan mucha energía en la búsqueda de las especies más gustosas, el manejo animal también se dificulta (Chaverra Gil, 1967).



*Ilustración 1. Pastoreo Continuo
fotografía del Autor*

La mayoría de las veces el aumento de peso diario por animal es mayor en el pastoreo continuo, pero la producción total por hectárea es menor, debido al menor número de animales por hectárea que se pueden mantener, por consiguiente, este es el sistema más ineficiente de pastoreo (Moron Morón, 2009).

El pastoreo continuo solamente se justifica en aquellas áreas donde el costo de la tierra es muy bajo, o las condiciones de fertilidad natural no justifican la inversión en el mejoramiento de las praderas, indudablemente que el pastoreo continuo funciona bien a cargas animales bajas, pero a medida que se va aumentando el número de animales, el sistema comienza a ser de baja productividad debido al enmalezamiento progresivo de los potreros y a cambios indeseables de la composición botánica de la pradera. Esto es más viable en potreros de gramíneas de crecimiento erecto como: puntero (*H. rufa*), Guinea (*P. Maximum*), carimagua 1 (*A. Guayanus*), Angleton (*D. Aristatum*). Especies de

crecimiento postrado como: Braquiaria (*B decumbens*), Pangola (*D decumbens*), Estrella (*C. Nlemfuensis*), Kikuyo (*P. Clandestinum*), que son muy invasores y compiten con las malezas, pero se está perdiendo el periodo óptimo de recuperación. Las principales desventajas de este sistema son las dificultades para: controles de malezas y la fertilización de los potreros. La decadente actividad fotosintética por la mala planificación de la pradera conlleva a espacios propicios para el desarrollo de plantas no deseadas y degradación de las deseadas, del mismo modo el desconocimiento de los reposos y ocupaciones correctas, implican cargas bajas de animales, lo cual se traduce en una muy mala distribución de las boñigas y de un sistema radicular cada vez más pobre. El resultado son especies deseadas degradadas, sobrepastoreadas y especies no deseables o poco palatables. Por lo tanto la utilización de la pradera en el pastoreo extensivo o libre puede ser equivalente del 60 al 65 % de su disponibilidad (Estrada, 2002).



*Ilustración 2. Pastoreo Continuo
Fotografía del Autor*

Los sistemas extensivos de producción animal se basan en la utilización de especies ganaderas de interés zootécnico, capaces de aprovechar eficazmente los recursos naturales mediante el pastoreo (Mahecha et al., 2001a).

Conforme a lo anterior, la ganadería en el país se ha caracterizado por ser extensiva y se ha desarrollado dentro de un nivel tecnológico muy bajo. La utilización de prácticas irracionales de uso de suelos y manejo de remanentes conllevó al deterioro ambiental, y como consecuencia colateral, a una disminución en la eficiencia económica de los sistemas de producción (Arronis Díaz, 2017).

4.2.2. Pastoreo Alterno

Según Estrada (2002) el pastoreo alterno se asemeja bastante al pastoreo continuo, y solamente difiere en que las plantas reciben un periodo de descanso igual al de ocupación para su recuperación. Con este sistema, se permite que la pastura descansa periódicamente para que se recupere y esté en condiciones de mejorar su rendimiento. Este sistema consiste en dividir el potrero en dos partes, de un mismo tamaño en cuanto a producción, en los cuales pastorean el mismo grupo de animales; mientras la mitad del potrero se encuentra en periodo de ocupación, la otra mitad se encuentra en periodo de descanso. Este sistema permite ajustar mejor la carga, permite hacer uso de fertilizantes, mejor control de malezas y un manejo más eficiente de los animales, que en el sistema de pastoreo continuo. Debido al bajo número de potreros, el periodo de ocupación es más largo que el ideal, y por ende el periodo de descanso en la mayoría de los casos no es el ideal, como desventaja presenta mayor inversión en cercas, bebederos y saladeros, aunque estos pueden ser comunes a ambos potreros, la utilización puede ser un poco superior al 65%.



*Ilustración 3. Pastoreo Alterno
Fotografía del autor*

Para Mahecha (2003) este tipo de pastoreo está caracterizado por una baja eficiencia en el uso del suelo, sumado a un gran deterioro ambiental a causa de problemas como la deforestación, las quemas, la erosión, la pérdida de la biodiversidad y la inequidad social, factores que han hecho que la ganadería bovina sea vista como un sector productivo que atenta contra la sostenibilidad ecológica mundial.

Los bajos índices productivos y reproductivos, que generalmente caracterizan a estos sistemas de producción en el trópico colombiano son atribuidos, entre otros aspectos, a la implementación de planes de cruzamientos desordenado (Holmann et al., 2003) y al desconocimiento del verdadero potencial de los recursos animales y vegetales; en estos sistemas prevalecen los pastizales, los hacen muy susceptibles a un comportamiento muy pobre durante los extensos

períodos de sequía. Esto disminuye notablemente la producción de biomasa, con el consiguiente efecto de la erosión y la pérdida de la fertilidad del suelo (Hernández et al., 1998).



*Ilustración 4. Pastoreo Alterno
Fotografía del Autor*

4.2.3. Pastoreo Rotacional

El sistema consiste en dividir el área total de pastoreo en áreas más pequeñas, los animales se van moviendo entre un potrero y otro, cuando este no puede suplir por más tiempo sus necesidades alimenticias o cuando un pastoreo más largo puede ir en detrimento del animal y/o del potrero. Los animales no se deben regresar a un potrero previamente pastoreado sin que haya transcurrido el tiempo de recuperación ideal para la especie que se está pastoreando. El periodo de recuperación de un potrero depende del periodo ideal que necesita la especie que se está pastoreando, o sea, se debe buscar el momento ideal de recuperación del pasto en cuanto a % de proteína, % de energía, % de fibra etc. (Estrada, 2002).

De acuerdo con Chaverra Gil (1967) e INATEC (2016) el tiempo de ocupación de un grupo de animales en un potrero varía de acuerdo con la época; durante la época húmeda los potreros se recuperan más rápido y por lo tanto los animales pueden rotar más frecuentemente; en época seca la recuperación es más lenta y el periodo de ocupación por necesidad debe ser un poco mayor. El sistema de pastoreo rotacional permite mantener capacidades de carga alta, se puede hacer un mejor uso de fertilizantes, facilita el manejo del ganado y permite un control más integral de malezas y el esparcimiento adecuado del estiércol.

Para Estrada (2002) en un pastoreo rotacional existen tres elementos básicos que son: el periodo de rotación, el periodo de ocupación y el periodo de recuperación o descanso:

- **Periodo de Rotación:** Es el tiempo total en horas o días que un animal o grupo de animales pastorea todos los potreros de cada rotación.



*Ilustración 5. Pastoreo Rotacional
Fotografía del Autor*

- **Periodo de Ocupación:** Es el tiempo total empleado en el pastoreo de un potrero por todos los grupos de animales en cada rotación; cuando hay un solo grupo de animales, el periodo de permanencia es igual al periodo de ocupación.

Si el periodo de permanencia es igual para todos los grupos, el periodo de ocupación será igual al periodo de permanencia multiplicado por el número de grupos.

- **Periodo de Recuperación o Descanso:** Es el periodo comprendido entre dos pastoreos sucesivos, durante el cual el pasto se deja recuperar.



*Ilustración 6. Pastoreo Rotacional
Fotografía del Autor*

El periodo de descanso es igual al número de potreros en descanso multiplicado por el periodo de ocupación. Por ejemplo, si se tiene 6 potreros y un solo grupo de animales, siempre habrá 5 potreros en descanso ($n-1$), (n = número de potreros totales de la rotación menos el potrero que en este momento este ocupado). Si el periodo de ocupación es de 7 días, el periodo de descanso será igual a $7 \times (6-1) = 35$ días. El mismo autor estima que las pérdidas se calculan en un 30 a 35 % para este sistema.

Según Estrada (2002) el número de potreros por rotación necesarios depende de muchos factores entre los cuales podemos destacar los siguientes: factores ecológicos, periodo de recuperación óptimo de la especie, disponibilidad de riego y fertilizantes. Debe observarse que cualquiera que sea el sistema de pastoreo empleado, el ganado de carne para ceba no debe moverse tan frecuentemente como el ganado de leche en producción.

Reinosso Ortiz y Soto Silva (2006) afirman que el Pastoreo en fajas o sistemas de franjas es una variación del pastoreo rotacional, que se ha diseñado casi que exclusivamente para ganadería de leche en producción, y consiste en proporcionar diariamente y hasta dos veces por día, mediante el uso de una cerca eléctrica, una faja de potrero suficiente para la alimentación del grupo de animales. En este sistema se obtiene una alta capacidad de carga, el pastoreo es más uniforme, se disminuye la selectividad, permite periodos óptimos de recuperación de los pastos, se puede variar la faja asignada al grupo de animales según la disponibilidad de forraje y la época del año; permite el uso de bebederos y saladeros portátiles o el suministro del agua y la sal en el establo.

Para Estrada (2002) este sistema tiene como desventaja el costo de la infraestructura y su manejo, Pero es muy recomendable para zonas lecheras, donde el precio de la tierra es muy alto. En este sistema se estiman las pérdidas en aproximadamente el 40%.



*Ilustración 7. Pastoreo en Franjas
Fotografía del Autor*

4.2.4. Pastoreos de Alta Densidad

En la actualidad, ha venido tomando fuerza un grupo creciente de ganaderos que ha cambiado su forma de pensar sobre el manejo adecuado de la biodiversidad y las transformaciones del uso del suelo, que fortalece su conocimiento y trabaja en pro de una ganadería libre de deforestación (CIPAV, 2021).

Los métodos que replantean la crianza de animales tienen distintos nombres: ganadería sostenible, silvopastoril, holística, regenerativa. se hallan generalmente

asociados a condiciones intensivas de explotación en potreros pequeños y mayor densidad animal, la rotación permite poner límites al movimiento de los animales y determinar el lugar y la frecuencia de pastoreo, la división de pradera permite mejorar la oferta forrajera en los potreros (Eccardi y Suárez, 2021a).

De acuerdo con Lasater (2011) la obtención de la producción máxima en cualquier propiedad requiere algún sistema de rotación de pastura. Este puede llegar a tener alto número de subdivisiones, en cuyo caso correspondería a los llamados pastoreos de “alta densidad” o pastoreos de “corta duración”, porque las menores áreas de cada subdivisión determinan la alta densidad de animales por unidad de área, con tiempos cortos de ocupación de cada cuartón o subdivisión, así como altas cargas instantáneas; que se definen como el número de Unidades de Ganado Mayor (UGM) por hectárea en un día (UGM/ha/d) (Voisin, 1967). Esto no conlleva, necesariamente, el incremento de la Intensidad de Pastoreo, que es el número de UGM en el tiempo total de ocupación (UGM/ha) (Senra, 2005a).



*Ilustración 8. Pastoreo de Alta Densidad
Fotografía del autor*

Las bondades del componente arbóreo han determinado que el árbol o arbusto, fundamentalmente de ramoneo y leguminoso, sea frecuentemente incluido en los sistemas de pastoreo más atractivos para el trópico y subtrópico americano, conjuntamente con la aplicación de los principios de manejo correspondientes a los métodos de “alta densidad” (Senra, 2005b). Debe existir una correspondencia entre la intensidad de pastoreo y el tiempo de reposo, para poder mantener la explotación del pasto por un largo período (Voisin, 1967). Sin embargo, no se debe confundir la alta presión de pastoreo, con el sobrepastoreo, ya que para que se manifieste el sobrepastoreo, tiene que coincidir la alta presión de pastoreo con el tiempo insuficiente de reposo o alta frecuencia de pastoreo (Senra, 2005a).

El tiempo de descanso al que se someten los potreros, luego del pastoreo, pasa a ser una herramienta fundamental en la recuperación de todos los procesos naturales que suceden en el agroecosistema ganadero, porque permite una mayor estabilidad y un mejor manejo de los recursos disponibles (Devesa y Cali, 2021).



*Ilustración 9. Pastoreo de Alta Densidad
Fotografía del Autor*

Aunque el período de descanso es variable, porque también son variables las condiciones climáticas a través del año, se podrá identificar el punto llamado de carga o saturación de luz. Este representa la máxima producción de hojas de la planta, así como la mayor acumulación de reservas y se podrá identificar en el campo de forma práctica, cuando las hojas inferiores presentan un color amarillento en la totalidad de las láminas de las gramíneas, o de los folíolos de las hojas inferiores en leguminosas (Avendaño, 1996). Asimismo, se debe tener presente que

los ganaderos que utilizan pastizales naturales o endémicos, son quienes finalmente aplican los conocimientos ecológicos (Lasater, 2011).

Para Lasater (2011) la base de la cría vacuna y el manejo de los pastizales es la comprensión de parte del ganadero, acerca de trabajar en un universo muy bien afinado, que funcionará mejor cuanto menos interfiera en él. Asimismo, Lasater (2011) afirmó que para que un criador sea sincero consigo mismo y logre sus objetivos deberá abstenerse de modificar el medio ambiente. De igual manera, Lerner et al. (2017), sostiene que la intensificación sostenible busca aumentar los resultados por unidad de superficie de tierra, al mismo tiempo que revierte la degradación del suelo y mejora los servicios ecosistémicos.

4.2.5. Pastoreo Rotacional Voisin (PRV)

Para Voisin (2018) el pastoreo es el encuentro de la vaca con la hierba, en equilibrio para que ninguno afecte la supervivencia del otro, porque la vaca selecciona del pasto los nutrientes para el mantenimiento, el crecimiento, la producción y la reproducción, pero a su vez la hierba necesita ser consumida, pisoteada y fertilizada para comenzar un nuevo ciclo de crecimiento; de esta manera la vaca estimula con la saliva, la bosta y la orina ese crecimiento, condiciones que aplican en todos los campos de la región y del mundo. Los resultados que podemos obtener son estos: mayores kilogramos de carne *ha* por año, mayor producción de leche y muchos animales en poca superficie de tierra por poco tiempo en un buen pastizal natural.



*Ilustración 10. Pastoreo Racional Voisin
Fotografía del Autor*

De acuerdo con Jurandir y Lebron (2018) el Pastoreo Racional Voisin (P.R.V) es una técnica agro-pastoril autosustentable, basada en el aprovechamiento del pasto y en los cambios periódicos de potrero (1 a 3 días), permitiendo aumentar la carga animal instantánea por hectárea (3 a 5 animales/ha), a través de procesos bióticos y bajo la intervención racional del hombre, se maximiza la producción y utilización del pasto, en cantidad y calidad. Los objetivos del PRV son (Jurandir y Lebron, 2018):

1. Alta carga animal instantánea en pequeñas parcelas y en cortos períodos de pastoreo.
2. Aumentar la productividad y biodiversidad de los pastizales naturales.
3. Aumentar los índices de producción animal.

Para alcanzar estos objetivos (Voisin, 1967; Jurandir y Lebron, 2018) proponen las siguientes normas:

- **Ley de reposo:** para que un pasto genere el máximo provecho posible, es necesario que el tiempo de reposo sea el suficiente para que las plantas almacenen reservas en sus raíces y realicen la llamada de crecimiento.
- **Tiempo de reposo:** es el tiempo que transcurre entre la salida del potrero y la entrada de ganado nuevamente al mismo potrero.
- **Ley de ocupación:** el tiempo de ocupación debe ser el menor posible (1 a 3 días) siendo preferible periodos de ocupación más cortos, para evitar que el animal coma el rebrote. Desde el punto de vista práctico, el hombre definirá este tiempo de acuerdo a la época del año y a la carga animal.
- **Ley de rendimientos máximos:** es importante ayudar a los animales a que puedan cosechar la mayor cantidad de pasto y que sea de la mejor calidad posible. Una pastura que tenga de 15 a 25 cm de altura proporciona la cantidad máxima de pasto de la mejor calidad.
- **Ley de rendimiento regular:** un animal puede lograr su máximo rendimiento en el primer día de pastoreo, y su desempeño va disminuyendo en la medida en que el tiempo de permanencia en cada parcela aumenta. A medida que la pastura va siendo comida a fondo, el animal cosechará cada vez menor cantidad de pasto y de menor valor nutritivo.
- **Ley de planificación forrajera:** en el séptimo congreso internacional de Pastoreo Voisin, realizado en la ciudad de Corrientes, Argentina, se estableció como quinta ley, la Planificación Forrajera; hacer reservas

forrajeras que pueden ser: pastoreo diferido, henificación, siembra de pasturas y suplementación estratégica, enriquecimiento del pastizal natural, entre otros aspectos.

El tiempo de descanso al que se someten los potreros, luego del pastoreo, pasa a ser una herramienta fundamental en la recuperación de todos los procesos naturales que suceden en el agroecosistema ganadero, porque permite una mayor estabilidad y un mejor manejo de los recursos disponibles (Devesa y Cali, 2021).

Bajo este enfoque, los cambios que se deberían realizar en los predios ganaderos colombianos estarían facilitados por el hecho de que actualmente las áreas destinadas a coberturas de pastos, suelen estar acompañadas por otro tipo de especies vegetales, que con frecuencia incluyen coberturas naturales dispersas y constituyen reservorios de carbono generando diferentes grados de conectividad entre ecosistemas naturales en paisajes ganaderos (CIPAV, 2021).



*Ilustración 11. Pastoreo Racional Voisin
Fotografía del Autor*

4.2.6. Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD)

El Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD), desarrollado por el experto sudafricano Johann Zietsman, busca reducir el espacio y el tiempo de alimentación de los bovinos para hacerlos más voraces y que consuman todo lo que crece en el potrero, sin hacer selección (Díaz, 2020).

El PUAD se desarrolla por franjas (se reportan predios hasta de 19 franjas), lo cual depende de las condiciones de cada predio. En este tipo de pastoreo se pueden llegar hacer mínimo 2 cambios al día, teniendo PUAD establecidos con hasta 8 cambios al día, con variaciones que pueden deberse al clima, la topografía o al llenado de los animales. Estos cambios se han establecido con base en la observación y de acuerdo con el consumo tradicional del ganado. Los cambios no

son estándar pero sí se tiene un objetivo claro y es el llenado de los animales lo cual se observa en la fosa del ijar izquierdo (Zietsman, 2014).

En el PUAD se tienen recomendaciones como hacer los cambios de la mañana más pequeños, debido a que el consumo es menor, y a medida que avanza el día, se hacen más grandes. Este tipo de pastoreo también se conoce como 'no selectivo', porque los animales no escogen qué comer. Todos los terrenos son diferentes y todas las condiciones son distintas. Consiste en manejar ciertos principios. Uno de ellos es manejar una manada a un solo lote, donde lo que se busca es imitar el comportamiento de un depredador a través de la cerca eléctrica y el pastor (Lasater, 2011).



*Ilustración 12. Pastoreo de Ultra Alta Densidad
Fotografía del Autor*

Bajo el PUAD, el ganado siente la presión de la cerca que se cierra a su paso y que no hay opción más que alimentarse de los diversos forrajes que están frente

a sus ojos. Cuando el ganado pasta por poco tiempo en altas densidades –por ejemplo 200 animales por ha- deja de seleccionar lo que come, simplemente lo devora y corta a fondo las plantas que tiene delante. De esta manera se activa nuevamente el proceso fotosintético, de las plantas que es el sistema más eficiente de fijación de carbono en el suelo. Los ganaderos mueven los hatos de un potrero a otro utilizando cercas eléctricas móviles y emplean un sistema de mangueras y bebederos portátiles para garantizar una disponibilidad de agua constante (Eccardi y Suárez, 2021a).

Este pastoreo, aumenta la eficiencia de utilización, mejora el potencial de crecimiento de la planta y el ciclo de nutrientes del suelo. De otro lado, las plantas que no se consumen son aplastadas por la cantidad de patas pisando el suelo, con lo cual se logra una limpieza natural que logra renovar la pradera o para aquellos predios que han tenido problemas de malezas y se quiere eliminarlas. Con el Pastoreo Ultra Alta Densidad (PUAD), se visualiza regeneración del suelo por acumulación de materia orgánica, aparición de especies gramíneas en letargo y de especies arbóreas nativas minimizando los impactos ambientales negativos (Díaz, 2020).

Este sistema busca que el animal se adapte al medio, evitando conductas antropomórficas que interfieran con los ciclos naturales del ecosistema, con este manejo se reduce paulatinamente los costos en concentrados, maquinaria, fertilizantes e insumos agropecuarios beneficiando a productores pequeños y medianos (Díaz, 2020).



*Ilustración 13. Pastoreos de Ultra Alta Densidad HDA La Cascada
Fotografía del Autor*

4.3. Pastos y Forrajes

La importancia económica de la ganadería ha aumentado extraordinariamente; la carne, la leche, la mantequilla y el queso son apreciados cada vez más como alimentos de gran valor biológico. Evidentemente, la obtención de tales productos requiere una alimentación cuidadosamente equilibrada de los animales, y por ello, el conocimiento del valor nutritivo de los alimentos es de gran importancia económica y nutricional, no sólo para el ganadero, sino también para el sector industrial. En efecto, con estos conocimientos nutricionales, y el de los requerimientos animales, se tendría una idea clara acerca de cómo debe suplementarse para maximizar la respuesta productiva animal (Pond et al., 2003).

Los forrajes son la Fuente disponible más económica para la alimentación de rumiantes, particularmente en el trópico de América donde existen grandes extensiones de tierra dedicadas a la explotación bovina (Lascano et al., 2002).

4.3.1. Brachiarias

La *Brachiaria brizantha* (*Brachiaria brizantha*) es una de las especies forrajeras más utilizadas en áreas de pastos cultivados para la ganadería en Colombia (Macedo, 2006). El género *Brachiaria* reúne las especies más utilizadas como forrajeras en América tropical tales como *B. brizantha* cv. Marandú, Toledo y La Libertad; *B. decumbens* cv. Basilisk; *B. humidicola* y *B. ruziziensis* cv. Kennedy (Argel, 2006).

Esta especie, se caracteriza por ser de porte semierecto y por su alta resistencia al salivazo (*Deois flavopicta*). El cultivar conocido como MARANDÚ posee una alta resistencia antibiótica al salivazo, razón por la cual esta especie ha sido rápidamente adoptada en todo el trópico americano. Esta gramínea proporciona un forraje palatable de calidad nutricional similar al *B. decumbens*. De otro lado, el marandú no tolera los suelos con drenaje deficiente y requiere de mayor fertilidad, por lo tanto, este cultivar no persiste en los suelos utisoles y oxisoles de baja fertilidad que se encuentran en muchas partes de América tropical. Cuando este cultivar se halla en una pastura mixta, parece ejercer un efecto alelopático en varias especies leguminosas (Gándara et al., 2017).

La producción de BRACHIARIA BRIZANTA VARIEDAD MARANDU puede oscilar entre los 8.000 y 10.000 kg de materia seca por hectárea año, dependiendo de la fertilidad del suelo y las precipitaciones. La digestibilidad promedio del forraje producido por esta especie es de 66%, con un rango que puede variar entre 56 y 75%, dependiendo de la edad del rebrote. El contenido de proteína bruta promedio es de 10%, oscilando entre 8 y 13%, según la edad del rebrote y la fertilidad del suelo (mayor contenido de Nitrógeno) (Olivera et al., 2006).

El pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) se caracteriza por tener un mayor rendimiento y se adapta a las diversas condiciones ambientales del país, constituyéndose como fuente primordial en la dieta de los bovinos (Dávila, 2012), estas especies crecen desde el nivel del mar hasta los 2000 metros, son bien adaptadas en regiones tropicales con precipitaciones de 1000 a 3500 mm por año; posee buena capacidad de adaptación en las zonas donde los suelos son ácidos y con una baja fertilidad, arcillosos o arenosos con un excelente drenaje y buena tolerancia a la sequía, resistente al mión (*Aeneolamia varia*) de los pastos y a la quema; asimismo, presenta una buena palatabilidad y consumo por los rumiantes y equinos, una de las gramíneas más adaptadas a las condiciones edafoclimáticas (Sarmiento et al., 2010).



*Ilustración 14. Pasto Brachiaria Brizanta
Fotografía del Autor*

4.3.2. Tifton 78

La Estación Experimental de las Llanuras Costeras de Georgia y el USDA-ARS lanzaron Tifton 78 en 1984 (Corriher y Redmon, 2015). Tifton 78 (*Cynodon* sp.) fue seleccionado de la F1 de Tifton 44 x Callie; en comparación con Coastal, Tifton 78 produce más materia seca, se propaga más rápido, se establece más fácilmente y comienza a crecer antes en la primavera (Hill et al., 1993).

En comparación con Callie, Tifton 78 produce más rizomas y es más resistente al invierno, es inmune a *Puccinia cynodontis*, a la que Callie es muy susceptible. Tifton 78 ha superado a Coastal tanto en pruebas de recorte como de pastoreo. Se cree que es tan resistente al invierno como la costera (aunque menos

que el Tifton 44) y ha sobrevivido a temperaturas de -18°C en condiciones de campo sin pérdida de soporte (Burton y Monson, 1988)



*Ilustración 15. Pasto Tifton 78
Fotografía del autor*

El pasto Tifton 78 es más digestible y presenta mayores rendimientos en comparación con el pasto *Cynodon dactylon* de la variedad Coastal, pero los productores de Estados Unidos manifiestan que han tenido resultados erráticos con el establecimiento y la persistencia en los suelos arenosos de Florida (Chambliss y Johnson, 2020). Gracias a su digestibilidad permite mejorar las ganancias de los animales (Corriher y Redmon, 2015).



*Ilustración 16. Combinación de pasto Guinea con Tifton 78
Fotografía del Autor*

4.3.3. Guinea

El pasto Guinea, *Panicum máximum* Jacq, es de origen africano, se introdujo a América en 1967 para luego ser liberado en 1993 por el Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPQ) en Brasil. Es una especie productiva en ambientes tropicales (Reynoso et al., 2009).

Es una especie perenne, de crecimiento erecto que se desarrolla en matojos o macollos, siendo por lo tanto de baja cobertura del suelo. Puede alcanzar hasta tres metros de altura y presenta aceptable cubrimiento del suelo. Posee hojas largas y anchas, la inflorescencia es una espiga abierta con ramificaciones laterales. Los cariósides o semillas sexuales poseen una esterilidad alta, es una especie con alto rango de adaptación. Se desarrolla desde 0 hasta 1800 m.s.n.m., crece bien en

suelos bien drenados de alta fertilidad, es resistente a sequias por poseer un gran sistema radicular, por lo que se le conoce como pasto siempre verde (Estrada, 2002). Cuando el pasto alcanza de 0.8 a 1 m de altura o antes de la floración, se considera la época más adecuada para el pastoreo, porque en estas condiciones presenta hasta el 60% de digestibilidad. El pasto muy maduro es poco gustoso y ello disminuye considerablemente el consumo animal (McVaugh y Anderson, 1983).

El pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) alcanza una alta productividad en materia seca, de alrededor de 12 a 18 t/ha (Mateus Echeverría et al., 2018). *Panicum máximo* jacq es una especie tolerante al pisoteo y la sequía, es un alto productor de forraje de buena calidad, palatabilidad y digestibilidad; posee una clara ventaja sobre otras especies de pasto ya que tiene la capacidad de soportar ciertos niveles de sombra sin interferir en su producción (Ledesma, 2006).



*Ilustración 17. Pasto Guinea
Fotografía del Autor*

4.4. Tipo de Ganado

El comportamiento en sistemas de razas europeas (*Bos taurus*) ha demostrado, fehacientemente, dificultades para su adaptación a las condiciones tropicales que incluyen altos costos en instalaciones y alimentos importados. Los genotipos, resultados del cruzamiento con razas más resistentes (*Bos indicus*), así como de nuevas razas, tanto cubanas (Siboney y Mambí) como criollas, provenientes de otros países de la región, han logrado resultados prometedores con el uso más eficiente de los recursos regionales (Senra, 2005a).

El ganado Blanco Orejinegro (BON) es una raza criolla colombiana de la especie *Bos taurus*, descendiente de razas europeas que fueron traídas a Colombia en la época de la colonia. El ganado Blanco Orejinegro descendiente del ganado traído por Colón durante su segundo viaje, ha sobrevivido durante casi 500 años en las áreas tropicales colombianas productoras de café. Además de su capacidad adaptativa este ganado ha mostrado otras características como docilidad, habilidad para aprovechar forrajes de mala calidad, gran habilidad materna, mayor precocidad sexual, alta fertilidad, mayor productividad en cruces F1 (carne y leche) y marcada resistencia a ectoparásitos. Estas características, en conjunto con hallazgos moleculares recientes que sugieren alta variabilidad genética, resistencia a patógenos bacterianos y virales demuestran que esta raza, es portadora de información genética importante que la convierte en una alternativa para la producción en condiciones tropicales (López et al., 2001).

Presenta características fenotípicas específicas, como un pelaje blanco, orejas negras, buenos aplomos y buen ancho de pecho y pelvis, con buenas características productivas para carne y leche. Adicionalmente, exhibe adaptación al trópico y resistencia a enfermedades infecciosas. En Colombia se han utilizado algunos cruces de BON con otras razas, incluyendo la raza Holstein para mejorar la calidad de la leche y aumentar la producción de carne (Gallego Gil et al., 2008).



*Ilustración 18. Ejemplares raza Blanco Orejinegro
Fotografía del Autor*

La incorporación de medidas de eficiencia alimenticia dentro de los objetivos de mejora, como puede ser el caso del programa de mejoramiento de las razas criollas colombianas, puede incrementar el potencial genético de los animales para que tengan menos consumo mientras que sostienen el mismo nivel de producción, puesto que se ha demostrado que los animales más eficientes presentan múltiples beneficios, tales como disminución de consumo de materia seca, menos producción de estiércol y menos emisión de metano (Nkrumah et al., 2005). Adicionalmente, los

parámetros de una función de crecimiento pueden ser usados como una alternativa para programas de selección, buscando precocidad, mayor peso y mejor calidad de la canal (Souza y Bianchini, 1994).



*Ilustración 19. Hembra y cría de la raza BON
Fotografía del Autor*

Los parámetros de crecimiento están influenciados por el manejo, las condiciones de alimentación propias del hato y las características de la raza. Sin embargo, al comparar los resultados con otros estudios realizados sobre este tema, en razas como Angus, Cebú y algunos cruces comerciales, fue posible observar iguales o mejores parámetros productivos, de acuerdo con el modelo de Brody para el ganado BON (Rincón y Quintero, 2015).



*Ilustración 20. Toro de la raza BON
Fotografía del Autor .*

5. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en la Hacienda La Cascada, ubicada en el municipio de Victoria, departamento de Caldas. El predio llevaba aproximadamente 60 años de pastoreo continuo. La Cascada es un sistema en el que se evidencian dos momentos distintos del avance en la implementación del pastoreo de ultra alta densidad, a saber: potreros con PRV durante seis años con el PUAD establecido tres años antes del presente estudio, y potreros en transición, dos años de PRV y seis meses de PUAD.

La Cascada está ubicada en el km 35 vía La Dorada - Norcasia sobre las coordenadas 5.5576460, - 74.8629560, cuenta con una altitud media de 450 msnm, clasificado ecológicamente como bosque muy húmedo tropical (bmh-T) (Holdridge, 1967). Esta es la zona de vida más predominante de la región, con una biotemperatura media mayor de 24°C y promedio anual de lluvias de 2.500 a 4.000 mm. Topográficamente el 65% del terreno es ondulado y un 35% cuenta con zonas quebradas; los suelos son franco arenoso con influencias de origen volcánico. El promedio anual de temperatura es de 28°C, con picos de 40°C, presentando una precipitación promedio anual de 3.700 mm; y una humedad relativa superior al 80% (IDEAM, 2021).

Este estudio emplea pastoreo de ultra alta densidad para el cual están destinadas 32 ha divididas en las siguientes tres (3) áreas: vega, ladera y quebrada. La pastura es una mezcla de *Brachiaria Brizanta* Marandu (***Brachiaria brizantha***), Tifton 78 y Guinea (***Panicum maximum***). Las rotaciones se manejan con dos

cuerdas eléctricas fijas que componen franjas. Se cuenta con 19 franjas de 1.5 ha, a las cuales se les hace movimientos de cinta eléctrica de 1200 m² cada uno, realizando cinco cambios diarios (a las 09:00, 11:00, 13:00, 15:00 y 17:00 horas, respectivamente) con periodos de ocupación entre 2 y 3 días por franja, y entre 48 y 55 días de reposo. La carga aproximada es de 60.000 kg de animal en pie. Cada franja cuenta con 4 bebederos móviles de 250 L de capacidad y 12 saladeros móviles, se suministra 100 gr día de sal proteica comercial con 10% de proteína y 1.2 Mcal·Kg⁻¹ por animal.

5.1. Animales en Pastoreo

Se utilizaron 211 animales de la raza Bon, así: 100 vacas con un promedio de peso de 420 kg, 50 novillas de vientre 300 kg de peso promedio, 60 terneros 140 kg de peso promedio y 1 toro 650 kg.



*Ilustración 21. Animales en sistema PUAD antes de ingresar a un nuevo cambio
Fotografía del Autor*



*Ilustración 22. Animales en sistema PUAD durante el pastoreo
Fotografía del Autor*



*Ilustración 23. Potrero en un sistema PUAD luego de que los animales lo han pastoreado
Fotografía del Autor*

5.2. Mediciones y Análisis

Se tomaron y analizaron 30 muestras mensuales de suelo mediante calicatas de 50cm x 50cm y 40cm de profundidad, durante seis meses en los dos tipos de potreros: (15 muestreos mensuales) PUAD establecido y (15 muestreos mensuales) PUAD en transición. Las muestras se transportaron al Laboratorio de Conservación de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas para realizar análisis de densidad aparente (DA), materia orgánica (MO), infiltración (I) y clasificación textural, para posteriormente construir una base de datos.



*Ilustración 24. Calicata
fotografía del autor*



*Ilustración 25. Toma de muestra en zona de ladera
Fotografía del Autor*

5.2.1. Análisis Químicos

➤ **Determinación de materia orgánica:** se evaluó a través del contenido de carbono orgánico con el método de **WALKLEY Y BLACK**. Este método se fundamenta en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado (Zamudio, 2006).

Los reactivos utilizados fueron:

1. Dicromato de potasio 4N: se pesaron 49,04 g de sal pura y se aforó a 1 litro con agua destilada.

2. Sulfato ferroso amoniacal 0,5 N: se disolvieron 196,1 g de la sal en 800 ml de agua destilada, se agregaron 20 ml de ácido sulfúrico concentrado y se llevó a volumen de 1 litro.

3. Ferroina.

4. Ácido sulfúrico concentrado.

Para el desarrollo de la técnica, se pesaron 0.30 g de suelo previamente seco y tamizado (en malla 2mm), colocados en un Erlenmeyer de 250 ml, luego se agregaron 5 ml de solución de Dicromato de potasio, a continuación, se añadieron 10 ml de ácido sulfúrico concentrado y se dejó enfriar por 30 min. Una vez enfriado, se le agrego 100 ml de agua destilada, 4 gotas de FERROINA (color rojo al titular), para finalmente titular con sulfato ferroso agitando constantemente.

Paralelamente se preparó una muestra patrón o blanco en idénticas condiciones, pero sin la muestra de suelo.

Los cálculos realizados, se describen a continuación:

1. CARBONO TOTAL:

$$\%C = (B-M) * N * 0,003 * (100+Hw)$$

pm

Donde:

B - Volumen de Sulfato empleado en el Blanco.

M - Volumen de Sulfato empleado en la muestra.

N - Normalidad de la solución tituladora ferrosa.

Hw - Humedad de la muestra.

Pm - Peso de la muestra.

2. MATERIA ORGÁNICA:

$$\% M. O = \frac{\%CO}{0,58}$$



Ilustración 26. Tamiz malla 2mm Fotografía del Autor

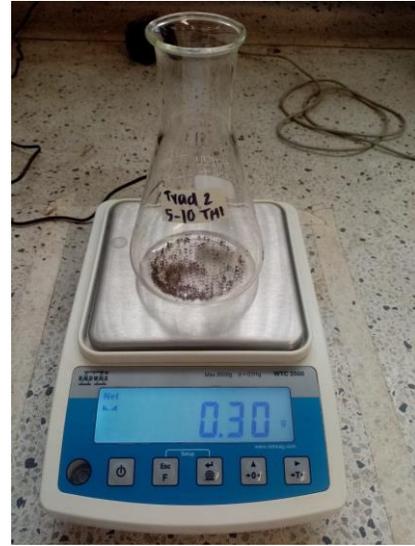


Ilustración 27. 0.30 gr de suelo Fotografía del Autor



Ilustración 28. Erlenmeyer con 10ml de ácido sulfúrico concentrado Fotografía del Autor



*Ilustración 29. Erlenmeyer titulados
Fotografía del Autor*

5.2.2. Análisis físicos

Para la determinación de estas variables se realizaron las siguientes pruebas: Infiltración (I), Densidad Aparente (DA) y determinación textural.

- Infiltración: se realizó por medio del método del cilindro simple.

La conductividad hidráulica expresa la aptitud de un medio poroso como lo es el suelo para transmitir el agua, se distinguen dos tipos de transmisión de agua en el suelo, la que se realiza en régimen no saturado y en régimen saturado (M Aoki y Sereno, 2005).

El principio del funcionamiento de un infiltrómetro, consiste en un cilindro abierto que se introduce suavemente en el suelo, se somete a una carga de agua y

se mide el volumen de este líquido que es drenado por unidad de tiempo a lo que se le llama capacidad de infiltración (Zamudio, 2006).

Se llevó a cabo en campo donde se saturó de agua común el cilindro por un tiempo de 5 minutos y se realizó la medición de la lámina de agua infiltrada. Posteriormente estos cálculos se llevaron a lámina infiltrada por hora.

➤ Densidad Aparente: esta se determinó por medio del Método del cilindro metálico.

La Densidad Aparente (D_a) de un suelo es la relación que hay entre la masa (peso) de un suelo seco (Normalmente a 105°C), no disturbado y el volumen ocupado por dicho suelo. Es importante porque su valor puede indicar el grado de compactación del suelo, es decir que establece la relación de sólidos y poros en un momento dado. La densidad aparente de un suelo mineral oscila generalmente entre valores de 1,0 a 1,8 g/cm^3 , mientras que, en suelos orgánicos, ricos en materia orgánica o Andisoles, son inferiores a 1,0 g/cm^3 .

Si la densidad aparente supera el valor de 1.8 g/cm^3 , los suelos se consideran compactos (no siempre es este el valor), impidiendo que las raíces penetren en estos. En cambio, en suelos con densidades intermedias, las raíces penetran fácilmente; contribuyendo así a un crecimiento vegetativo más rápido de toda la planta y generando como resultados mayores rendimientos (Zamudio, 2006).

Se realizaron las cajuelas para la toma de las muestras de suelo a las diferentes profundidades (0 a 5, 5 a 10, 10 a 20, 20 a 30 y 30 a 40 cm).

Inicialmente se limpió el área de suelo, posteriormente se ubicó el cilindro en el suelo. Con la ayuda de un martillo plástico se enterró el cilindro en el suelo hasta que este quedó completamente lleno. Este fue retirado cuidando que no se saliera el suelo que estaba dentro de él.

El cilindro con la muestra del suelo fue almacenado en bolsas plásticas para su posterior análisis en el laboratorio.

En el laboratorio se pesaron cada una de las muestras de suelo con el cilindro. Luego se llevaron los cilindros con el suelo al horno secador MEMMERT a 105°C hasta eliminar completamente la humedad y hasta que se obtuvo un peso constante.

Una vez la muestra de suelo del cilindro estuvo seca, se realizó un nuevo pesaje con el cilindro, luego se pesó el cilindro vacío, se tomaron las medidas de radio y altura para finalmente realizar los cálculos con el fin de determinar la densidad aparente del suelo y humedad.

Los cálculos realizados, se describen a continuación:

HUMEDAD GRAVIMÉTRICA %

$$W. = \frac{psh - pss}{Pss} \times 100\%$$

DENSIDAD APARENTE (gr/cc)

$$DA = \frac{pss}{vt}$$

Donde:

pss- Peso suelo seco.

psh – Peso suelo húmedo.

vt- Volumen total.



*Ilustración 30. Cilindros con muestras del suelo en el horno
Fotografía del Autor*

➤ **Determinación textural del suelo**

Determinar la textura se refiere específicamente a las proporciones de arena, limo y arcilla (partículas menores de 2 mm de diámetro), en una masa de suelo. La presencia de partículas gruesas de tamaño mayor a las arenas muy gruesas y que su tamaño se encuentre entre más de 2 mm, pero que sean menores de 25 cm, modifica los nombres de las clases texturales como franco arenoso gravilosa o franca rocosa.

La textura del suelo es una propiedad física que se usa como criterio importante para evaluar otras propiedades como superficie específica, permeabilidad, capacidad de retención de agua, índices de plasticidad, entre otros; en Química de suelos, ayuda para pronosticar la capacidad de intercambio de cationes; en Taxonomía como parámetro para clasificar los suelos, y en conservación de suelos para evaluar la cantidad de suelo perdido por erosión (Zamudio, 2006).

Para esta prueba, se utilizó el método del hidrómetro o de Bouyoucos, que consiste en determinar la cantidad de sólidos en suspensión por medio del hidrómetro. La profundidad del centro de flotación del hidrómetro varía con la densidad de la suspensión y también con la textura. Bouyoucos (1962) determinó que después de 40 segundos, todas las partículas mayores de 50 micras se sedimentan, de tal manera que no tendrán ninguna influencia sobre el hidrómetro. Las lecturas realizadas 2 horas después, corresponden a partículas mayores a 5 micras y mayor a 2 horas, partículas menores de 2 micras (Zamudio, 2006).

Equipos y Materiales

- Hidrómetro de Bouyoucos
- Cilindros para suspensión de 1.000 ml
- Agitador tipo malteadora HAMILTON BEACH 18.000 rpm
- Agitador manual
- Horno secador HEMMERT
- Cronómetro

- Balanza analítica
- Frasco lavado

Se utilizó como reactivo:

Agente dispersante: solución de hexametáfosfato de sodio al 8% (NaPO_3)₆

El suelo fue secado previamente a temperatura de $100 \pm 3^\circ\text{C}$, luego fue tamizado por malla de 2 mm. Posteriormente se pesaron 50 g de suelo seco, para ser depositado en el vaso metálico, se le agregaron 30 ml de agente del dispersante; completando con agua común hasta $\frac{3}{4}$ partes del vaso metálico. Y se procedió a agitación durante 10 minutos.

Posteriormente, se pasó la muestra del vaso metálico al cilindro de vidrio que tiene dos aforos (dos líneas marcadas en la parte superior del vaso) y se completó con agua común hasta unos 6 cm por debajo del aforo inferior del cilindro de vidrio 1130ml (marca inferior que se observa en el cilindro). Continuamente se introdujo el bulbo del hidrómetro dentro del cilindro y posteriormente se completó con agua hasta el aforo inferior.

Una vez completado con agua se retiró el Hidrómetro de la solución, y se procedió a agitar vigorosamente la suspensión con un agitador metálico por un tiempo de 1 minuto a lo largo de todo el cilindro. Al terminar la agitación comenzó el conteo de 40 segundos. Mientras transcurrió este tiempo, se introdujo suavemente el hidrómetro al cilindro y al final de los 40 segundos se leyó la escala del hidrómetro con la vista nivelada al borde superior del contenido.

Se tomaron las lecturas de la temperatura con el termómetro (lectura 1 del hidrómetro y temperatura). Dejando así reposar 2 horas el cilindro con la suspensión para nuevamente tomar la lectura con el hidrómetro y el termómetro.

Con base en las lecturas obtenidas, se hicieron las respectivas correcciones de las lecturas del hidrómetro consultando la tabla de corrección de Fisher – Oden donde aparecen valores que se restan o se suman a la lectura del hidrómetro según sea el caso dependiendo de la temperatura. Finalmente se separaron las arenas para ser procesadas. Los cálculos realizados, se describen a continuación:

% Arena total (2 a 0.05 mm) =

$$\frac{100 - \text{Lectura corregida por } T^{\circ}\text{C a los } 40'' * (100)}{\text{g de masa de suelo seco a } 105^{\circ}\text{C (Mss)}}$$

% Arcilla total (<0.002 mm) =

$$\frac{\text{Lectura corregida por } T^{\circ}\text{C a las 2 horas} * (100)}{\text{g de masa de suelo seco a } 105^{\circ}\text{C (Mss)}}$$

% Limos (0.05 mm a 0.002 mm) =

$$100 - (\% \text{ arenas} + \% \text{ arcillas})$$

Con los resultados anteriores se verifica en el diagrama de textura para determinar la granulometría de los suelos (diagrama triangular de clases texturales, USDA). Valores para grados centígrados, deducida de la ecuación de sedimentación de Fisher – Oden.

TEMPERATURA	FACTORES DE CORRECCIÓN
14	-1.46
16	-0.98
18	-0.44
19.44 (67°F)	0.00
20	+0.18
22	+0.86
24	+1.61
26	+2.41
28	+3.28
30	+4.20



*Ilustración 31. Agitación del suelo seco con el agente dispersante por 10 minutos
fotografía del Autor*



*Ilustración 32. Traspaso de muestras a cilindro de vidrio
Fotografía del Autor*



*Ilustración 33. Reposado por dos horas
Fotografía del Autor*

- Testigo Absoluto: se tomó como suelo absoluto, la zona boscosa ubicada en linderos con el predio La Cascada, las muestras fueron recolectadas para sus respectivos análisis, al principio del muestreo (muestreo1) y al finalizar el mismo (muestreo 6).



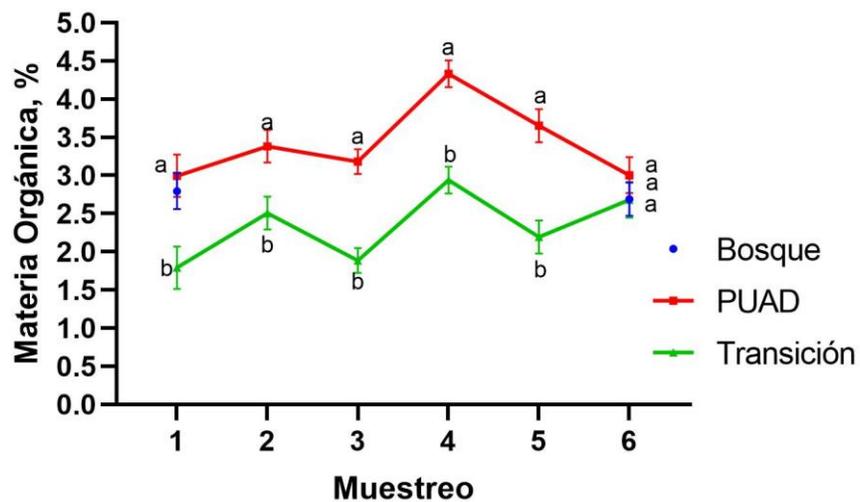
*Ilustración 34. Zona boscosa utilizada como suelo absoluto
Fotografía del Autor*

5.3. Análisis Estadístico

El procesamiento de datos y los análisis estadísticos se realizaron usando el paquete SAS v.9.4 (SAS Inst. Cary, NC). Se efectuaron tres tipos de análisis: Mediante análisis de varianza, estratificado por muestreo (1 a 6), se evaluó el efecto de sistema (PUAD y transición), profundidad y su interacción lineal sobre MO. Posteriormente se usó análisis de regresión lineal de MO sobre el muestreo, para comparar las pendientes entre los sistemas. Adicionalmente, y usando únicamente la información de 0 a 5 cm de profundidad, se analizó para cada muestreo el efecto del sistema sobre la infiltración y densidad aparente.

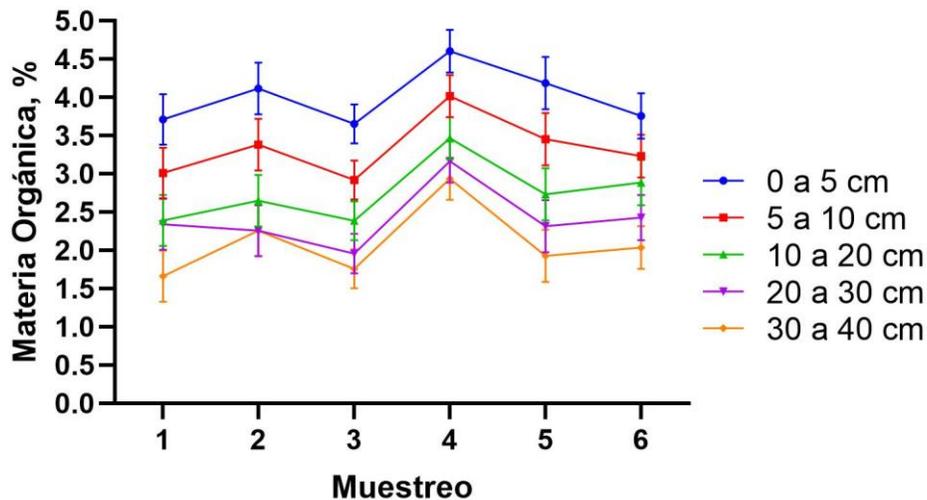
6. RESULTADOS

Como se aprecia en la gráfica 1, los sistemas Bosque y PUAD no son significativamente diferentes entre ellos en el muestreo 1 para materia orgánica y ambos son superiores al sistema Transición. En los muestreos 2, 3, 4 y 5 se puede apreciar un mayor contenido de materia orgánica en el sistema PUAD que en Transición. Para el muestreo 6 se observa que no hay diferencia significativa entre los 3 sistemas (PUAD, Bosque y Transición).



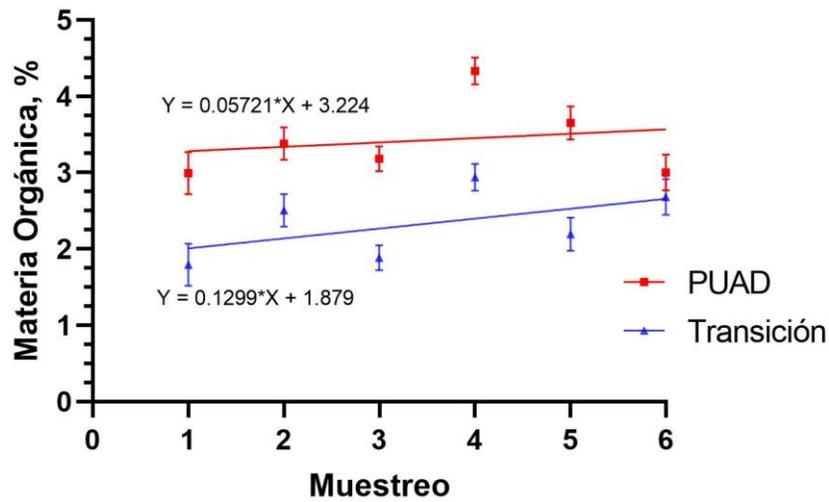
Grafica 1. Efecto del sistema sobre MO. Promedios identificados con letras diferentes en cada muestreo son diferentes a la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

En la gráfica 2, como es de esperarse, se puede apreciar que, en la profundidad de 0 a 5 cm, existe mayor contenido de MO materia orgánica que en las muestras tomadas entre 30 y 40 cm de profundidad. En las profundidades intermedias se aprecia el gradiente en el contenido de MO.



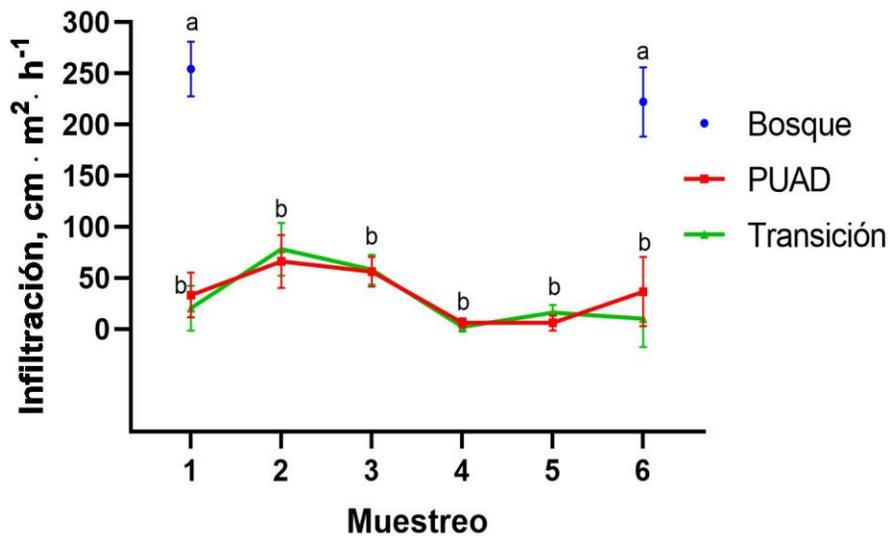
Grafica 2. Efecto de las profundidades sobre la MO.

Como se observa en la gráfica 3, las pendientes (se entiende por pendiente la inclinación de la recta en la gráfica desde el punto 1 al punto 6 y corresponde a una regresión lineal) no fueron significativamente diferentes de cero ni entre ellas, a pesar de que el PUAD comenzó el muestreo con una diferencia marcada en cantidad de materia orgánica (3.22 %) al sistema de transición (1.88 %), las pendientes no varían en el transcurso de los 6 meses.



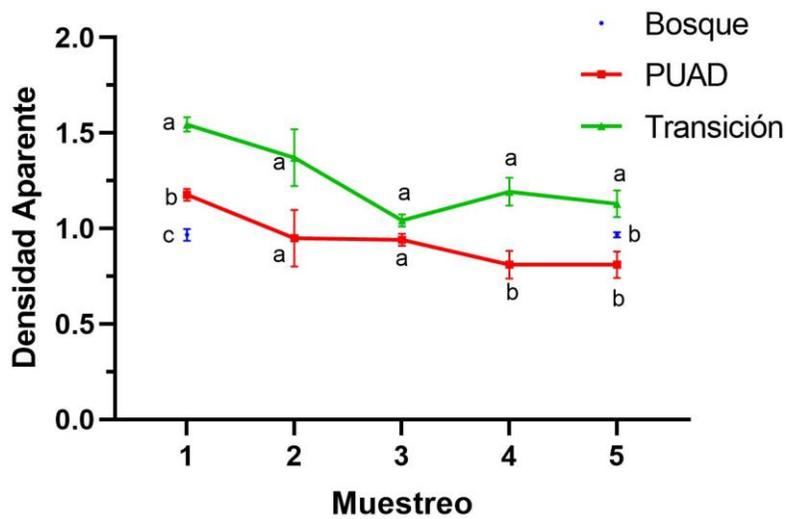
Grafica 3. Regresión lineal de la materia orgánica sobre el muestreo. Comparación de pendientes $P > 0.05$.

En la gráfica 4 se aprecia la infiltración en cm de columna por m^2 hora, donde se observa que el bosque presenta una mayor infiltración que los sistemas PUAD y Transición, donde estos dos últimos no presentaron ninguna variación significativa entre ellos a lo largo de los 6 meses de muestreo.



Grafica 4. Infiltración

En la gráfica 5 se muestra como la densidad aparente inicial es significativamente mayor en los potreros en Transición que en los PUAD, y en estos mayores que en el bosque. En los muestreos 2 y 3 no hay diferencia entre PUAD y Transición, mientras que en los muestreos 4 y 5 es significativamente mayor la DA en Transición que en PUAD. De manera interesante, se aprecia que en el muestreo 5 no hay diferencia estadística en DA entre PUAD y bosque.



Grafica 5. Densidad aparente

7. DISCUSIÓN

Con los muestreos realizados durante 6 meses podemos interpretar que, el Pastoreo de Ultra Alta Densidad tiende a igualar el sistema bosque a lo largo del tiempo, en lo que se refiere a materia orgánica y densidad aparente. Los 6 meses de muestreo en los que se llevó a cabo este estudio pueden ser insuficientes para verdaderamente llegar a apreciar el alcance de sistemas como PUAD.

Se estima que el 85% de los sistemas de la producción en Colombia, se encuentran en áreas vulnerables a la desertificación y el 48% del país es susceptible a la erosión (Cancillería de Colombia, 2019).

Hillenbrand et al. (2019) afirman que los sistemas de pastoreo en la tierra coevolucionaron con los rumiantes que pastoreaban, la evolución de los pastos y pastoreos sobre los últimos 40 millones de años ha contribuido a la expansión de los suelos en regiones de pastizales semiáridas a semihúmedas. Es así como se puede concluir que el pastoreo es una adaptación a las condiciones particulares del entorno de los pastizales y requiere sistemas de gobernanza y tenencia igualmente adaptados; existe un lento, pero seguro progreso a favor del pastoreo en el mundo, este progreso ha sido posible, entre otras cosas, gracias a los avances en la ciencia de la ecología de los pastizales, al reconocimiento de que los argumentos en contra del pastoreo constituyeron a menudo violaciones de los derechos humanos fundamentales, y al crecimiento de la presencia y voz de mujeres y hombres pastores en la esfera pública (Davies et al., 2020).

Según Savory (1983) la emulación de los procesos naturales, en cualquier actividad productiva, sin duda debe de generar mejoras en la sostenibilidad y debe ser el camino más apropiado para un equilibrio del hombre con el ambiente. Comprender los procesos naturales como un todo, es un paso obligatorio para alcanzar la sostenibilidad y sustentabilidad de los procesos productivos primarios.

Hoy en día, implementar nuevas herramientas que imiten los modelos de la naturaleza puede ser una alternativa que ayude a la recuperación de nuestros suelos; la implementación de nuevas tecnologías, como lo son pastoreos rotativos intensivos de corta duración, puede ser una alternativa que permita sacar de la estigmatización al gremio ganadero y al bovino como tal, de lo que hoy en día es considerado como la mayor especie causante del cambio climático. Como lo menciona, Savory (1983), existen infinidad de afectaciones que se han ocasionado por el uso inadecuado de los bovinos, favoreciendo la contaminación del agua, suelo y aire. Los humanos, de forma antropogénica, quisimos modificar los procesos naturales guiados por el ego, logrando dilucidar que en medio de esa manipulación se alcanzarían mayores ganancias económicas, todos estos principios y doctrinas erradas.

El presente estudio soporta la idea que afirma que el Pastoreo de Ultra Alta Densidad PUAD puede ser una herramienta de sustentabilidad y regeneración del suelo, al respecto, Díaz (2020) obtuvo resultados de regeneración del suelo por acumulación de materia orgánica en el Pastoreo Ultra Alta Densidad (PUAD), reportando una baja en los impactos ambientales negativos, de esta manera, se

aumentó la eficiencia en el uso de los recursos por unidad de área; una teoría planteada inicialmente por el médico veterinario Zietsman (2014) en su libro.

Al analizar los datos estadísticamente en la gráfica 1, se observa que la variable materia orgánica no presentó diferencias significativas con el bosque ni al principio de los muestreos ni al final, teniendo en cuenta que aún no existen suficientes datos registrados para sistemas como el PUAD, lo más cercano para comparar este estudio son sistemas intensivos como el PRV. En este sentido, Pinheiro y Restrepo (2009) indicaron que el manejo agroecológico acompañado con PRV mejora las condiciones en el suelo. Lo anterior también fue corroborado en diferentes estudios, entre ellos, el de Jaramillo (2002) quien comparando un pastoreo tradicional con un pastoreo intensivo en diferentes años, encontró que la MO aumenta con el paso de los años con un pastoreo intensivo de 24 horas.

Los reportes de Teutscherová et al. (2021) sobre las variaciones y los cambios en las condiciones ambientales del suelo coinciden con lo reportado en el presente trabajo.

Como lo mencionan Urón y Bastos (2021) el pastoreo de Ultra Alta Densidad promueve la actividad biológica de los suelos, lo cual se vio reflejado a lo largo de los muestreos. Sin embargo, se recomienda realizar estudios con un periodo, más largo que nos permita evidenciar con mayor certeza las bondades de los Pastoreos de Ultra alta Densidad (PUAD).

Céspedes Flores et al. (2012) encontraron que el C acumulado en suelo disminuye a medida que aumenta la profundidad, más de la mitad de este C se

encuentra en los primeros 0.2 m de profundidad. Lo que es similar a lo observado en el presente estudio en la gráfica 2, donde se aprecia que, en la profundidad de 0 a 5 cm, existe mayor contenido de MO materia orgánica, que en las muestras tomadas entre 30 y 40 cm de profundidad. Zhou et al. (2007) manifestó que, con una carga instantánea alta, la conversión de pastizales a pasturas duplicaría la producción de biomasa aérea e incrementaría el C y el nitrógeno del suelo en 20%, lo que podría dar respuesta a la diferencia entre las distintas profundidades del presente estudio.

Según Pinheiro M (2011), la incorporación de materia orgánica a través de la bosta y el sistema radical, permiten que la fijación pueda llegar a ser hasta de 14,467 kg de CO₂-e, por hectárea año. Es decir, que en un período de 3 años (considerándolo como la vida media del bovino), la fijación sería de aproximadamente 43,400 kg de CO₂-e. Por consiguiente, determinó que, por cada unidad de C emitida por un bovino, se fijan 12.5 veces más en las pasturas bajo PRV, lo que podría aclarar por qué en la gráfica 3 el pastoreo PUAD era levemente mayor al pastoreo en transición y al final de este estudio no presentaron diferencias significativas.

En este estudio no se detectaron efectos del sistema de pastoreo sobre la infiltración de agua en el suelo. El análisis estadístico mostró que no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los sistemas para la variable infiltración (gráfica 4). Estos resultados guardan relación con lo observado por Wood et al. (2020).

Respecto a la Densidad Aparente, se puede apreciar en la gráfica 5 cómo a medida que transcurren los muestreos, el sistema PUAD va mostrando una mejoría hasta lograr no tener una diferencia significativa respecto al bosque. Monti et al. (2019) en su trabajo concuerdan con este resultado, donde evaluaron un PRV con un sistema de pastoreo continuo, a lo que concluyeron que los valores de Densidad Aparente si bien se consideraron normales en ambos casos, eran menores en el PRV.

8. CONCLUSIONES

- Los sistemas bosque y PUAD no fueron significativamente diferentes entre ellos.
- Se logró apreciar que el Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD) proporciona un beneficio sobre la Materia Orgánica.
- La Densidad Aparente no traduce una mejora en la infiltración.
- Aunque el objetivo de los sistemas de pastoreo de corta duración o Pastoreos de Ultra Alta Densidad (PUAD) son loables, se requieren datos objetivos y significativos, que demuestren que estos sistemas son una opción viable para la ganadería colombiana.

9. RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta que el suelo no se recupera rápidamente, se recomienda incorporar, no sólo el material orgánico depositado por los animales como son las bostas y orina, sino que también debe ser considerado otro tipo de material orgánico como lo son las ramas, hojas y frutos de los árboles.
- Para estudios futuros se recomienda incorporar variables biológicas y físicas tanto del suelo como lo son la retención de agua y la microbiología de este y en los animales las ganancias de peso, intervalos entre partos, natalidad, que permitan un resultado más exacto.

10. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y GRÁFICAS

Ilustración 1. Pastoreo Continuo	21
Ilustración 2. Pastoreo Continuo	23
Ilustración 3. Pastoreo Alterno	25
Ilustración 4. Pastoreo Alterno	26
Ilustración 5. Pastoreo Rotacional	27
Ilustración 6. Pastoreo Rotacional	28
Ilustración 7. Pastoreo en Franjas.....	30
Ilustración 8. Pastoreo de Alta Densidad.....	32
Ilustración 9. Pastoreo de Alta Densidad.....	33
Ilustración 10. Pastoreo Racional Voisin	35
Ilustración 11. Pastoreo Racional Voisin	38
Ilustración 12. Pastoreo de Ultra Alta Densidad	39
Ilustración 13. Pastoreos de Ultra Alta Densidad HDA La Cascada.....	41
Ilustración 14. Pasto Brachiaria Brizanta	44
Ilustración 15. Pasto Tifton 78	45
Ilustración 16. Combinación de pasto Guinea con Tifton 78.....	46
Ilustración 17. Pasto Guinea.....	47
Ilustración 18. Ejemplares raza Blanco Orejinegro.....	49
Ilustración 19. Hembra y cría de la raza BON	50
Ilustración 20. Toro de la raza BON.....	51
Ilustración 21. Animales en sistema PUAD antes de ingresar a un nuevo cambio.....	54
Ilustración 22. Animales en sistema PUAD durante el pastoreo.....	54
Ilustración 23. Potrero en un sistema PUAD luego de que los animales lo han pastoreado	55
Ilustración 24. Calicata.....	56
Ilustración 25. Toma de muestra en zona de ladera	56
Ilustración 26. Tamiz malla 2mm Fotografía del Autor	59
Ilustración 27. 0.30 gr de suelo Fotografía del Autor	59
Ilustración 28. Erlenmeyer con 10ml de ácido sulfúrico concentrado	59
Ilustración 29. Erlenmeyer titulados.....	60
Ilustración 30. Cilindros con muestras del suelo en el horno.....	63
Ilustración 31. Agitación del suelo seco con el agente dispersante por 10 minutos.....	68
Ilustración 32. Traspaso de muestras a cilindro de vidrio	68
Ilustración 33. Reposado por dos horas.....	69
Ilustración 34. Zona boscosa utilizada como suelo absoluto.....	69
Grafica 1. Efecto del sistema sobre MO. Promedios identificados con letras diferentes en cada muestreo son diferentes a la prueba de Tukey ($p < 0.05$)	71
Grafica 2. Efecto de las profundidades sobre la MO.....	72
Grafica 3. Regresión lineal de la materia orgánica sobre el muestreo. Comparación de pendientes $P > 0.05$	73
Grafica 4. Infiltración	73
Grafica 5. Densidad aparente.....	74

11. Referencias

- Argel, P. J. 2006. Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14
- Arronis Diaz, V. 2017. Sistemas intensivos sostenibles de producción de carne como estrategia para enfrentar el cambio climático. Instituto Nacional de Innovaciones y Transferencias en Tecnologías Agropecuaria 4075:54
- Avendaño, J. C. 1996. Recomendaciones prácticas para instrumentar el Pastoreo Intensivo Tecnificado. En: *Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales. 1er Foro Internacional*. FIRA-Banco de México, Veracruz, México.
- Banco Mundial. 2019. Los árboles y las vacas ofrecen un camino para la recuperación en Colombia Grupo Banco Mundial.
- Bouyoucos, G. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. *Agronomy journal* 54(5):464-465.
- Bravo Parra, A. M. 2021. Cadenas sostenibles ante un clima cambiante. La ganadería en Colombia. In: P. d. I. N. y. S. N. B. Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente (ed.). *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Alemania*.
- Burton, G. W., y W. G. Monson. 1988. Registration of 'Tifton 78' bermudagrass. *Crop science* 28(1):187-188.
- Cancillería de Colombia. 2019. Desertificación. In: P. A. Ministerio de relaciones exteriores (ed.), Bogotá, Dc
- Cardona Mejía, J. F. 2012. 17 pastos especies forrajeras. In: *Asistegan* (ed.) Fedegan. p 72. San Martín, Bogotá, Dc.
- Castaneda Aguilar, R. A., A. Cojocarú, E. Howton, C. Lakner, M. Nguyen, M. Schoch, J. Yang, y N. Yonzan. 2020. Poverty and Shared Prosperity 2020: Reversals of Fortune. In: I. B. f. R. a. *Development* (ed.). World Bank, Washington, DC.
- Castaño Uribe, C., R. Carrillo Carrillo, y F. Salazar Holguín. 2002. Conceptos, Definiciones e Instrumentos de la Información Ambiental de Colombia. Sistema de Información Ambiental de Colombia-SIAC, Colombia.
- Castro, M. 2008. Evaluación Productiva de los Sistemas de Pastoreo, Universidad de Sucre, Sincelejo.
- Céspedes Flores, F. E., J. A. Fernández, J. A. Gobbi, y A. C. Bernardis. 2012. Reservorio de carbono en suelo y raíces de un pastizal y una pradera bajo pastoreo. *Revista fitotecnia mexicana* 35(1):79-86.
- Chambliss, C. G., y F. A. Johnson. 2020. Bermudagrass Production in Florida. *Universidad de Florida* 2002(1):8.
- Chaverra Gil, H. 1967. Manejo de potreros. Agrosavia, Antioquia, Colombia.
- CIPAV. 2021. Acción de mitigación nacionalmente apropiada NAMA de la ganadería bovina sostenible en Colombia. p 10, Bogotá (Colombia): Gobierno de Colombia.
- Corriher, V. A., y A. L. Redmon. 2015. Bermudagrass varieties, hybrids and blends for Texas. Department of Soil and Crop sciences
- Davies, J., P. Herrera, J. Ruiz Mirazo, C. Batello, I. Hannam, J. Mohamed-Katerere, y E. Nuesiri. 2020. Mejorar la gobernanza de las tierras de pastoreo. In: G. o. T. T. *Guides* (ed.) No. 6. p 170. Fao, Roma.

- Dávila, W. 2012. Efecto de la Aplicación de Dosis de Fertilizantes Edáficos, sobre el rendimiento de forraje verde del pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*), en la zona de Echeandía, Provincia de Bolívar. Guaranda: Universidad Estatal de Bolívar.
- Devesa, A., y M. J. Cali. 2021. Ganadería regenerativa en Río Negro. 2683-9997, EEA Alto Valle, INTA.
- Díaz, J. M., A. Pérez, P. Lewin, B. Requena, y S. Oteyza. 2006. Colombia: Nota de análisis sectorial. Agricultura y desarrollo rural. In: C. d. I. d. I. F. I. C. Division. (ed.). p 68. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Colombia.
- Díaz, M. 2020. Implementación y seguimiento de un modelo regenerativo bajo el sistema de pastoreo de ultra alta densidad puad en ganadería bovina doble propósito, Universidad de Pamplona.
- Eccardi, F., y D. Suárez. 2021a. Enfrentar La Crisis Climática con la Ganadería Este País. p 8. Este País y Medio Ambiente Mexico.
- Eccardi, F., y D. Suárez. 2021b. Enfrentar la crisis climática con la ganadería Este País p8. Este País y Medio Ambiente, Mexico.
- Estrada, J. 2002. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. 1° ed, Manizales, Colombia.
- Galeano, A. P., y C. Manrique. 2010. Estimación de parámetros genéticos para características productivas y reproductivas en los sistemas doble propósito del trópico bajo colombiano. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia 57(2):119-131.
- Gallego Gil, J. L., F. L. Moreno Osorio, y J. A. Tobón Castaño. 2008. Manejo de la raza criolla Blanco Orejinegro, BON y sus cruzamientos: su conservación y uso racional en los sistemas de producción. p 39. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA Antioquia, Colombia.
- ganaderia-Fedegan, F. c. d. 2020. El enorme aporte de la ganadería a la economía de Colombia Agricultura de las Americas, Bogotá, Colombia.
- Gándara, L., C. I. Borrajo, J. A. Fernández, y M. M. Pereira. 2017. Efecto de la fertilización nitrogenada y la edad del rebrote sobre el valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. "Marandú". Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 49:69-77.
- Gregorini, P., L. Agnelli, y C. Masino. 2007. Producción animal en pastoreo: Definiciones que clarifican significados y facilitan la comprensión y utilización de términos usados comúnmente, Universidad Nacional de La Plata, Argentina y actualmente en USDA-ARS, Argentina.
- Guerrero, A., y M. Londoño. 2014. Análisis del cambio climático y el ambiente en las cuencas lecheras del valle de Ubaté – Chiquinquirá y del Caquetá como herramienta para el fortalecimiento de la política pública del sector lechero colombiano. In: P. d. A. P. a. S. L. e. C. e. d. d. p. DCI-ALA/2011/22872. (ed.). Escenarios y Estrategias del Componente Ambiental y el Cambio Climático en la Política Pública para el sector Lechero Colombiano., Bogotá.
- Herd, R. M., y P. F. Arthur. 2009. Physiological basis for residual feed intake. *Animal Science* 87:E64-E71.
- Hernández, L., J. Sánchez, y J. Lazo. 1998. Caracterización espacial de la biomasa subterránea en pastizales del Instituto de Ciencia Animal. *Acta botánica cubana*:7.
- Hill, G. M., R. N. Gates, y G. W. Burton. 1993. Forage quality and grazing steer performance from Tifton 85 and Tifton 78 bermudagrass pastures. *Journal Animal Science* 71(12):3219-3225. doi: 10.2527/1993.71123219x.
- Hillenbrand, M., R. Thompson, F. Wang, S. Apfelbaum, y R. Teague. 2019. Impacts of holistic planned grazing with bison compared to continuous grazing with cattle in South Dakota shortgrass prairie. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 279:156-168.

- Holdridge, L. R. 1967. Life zone ecology. life zone ecology holdridge.
- Holmann, F., L. Rivas, J. Carulla, L. Giraldo, S. Guzman, M. Martinez, B. Rivera, A. Medina, y A. Farrow. 2003. Evolución de los Sistemas de Producción de Leche en el Trópico Latinoamericano y su interrelación con los Mercados: Un Análisis del Caso Colombiano. ResearchGate:38.
- ICA, I. C. A.-. 2016. Censo Pecuario Nacional-2016
- ICA, I. C. A.-. 2021. Censo Pecuario año 2021.
- IDEAM. 2021. Atlas interactivo. IDEAM.
- IDEAM, S., I. IGAC, y W. PNN. 2012. Capa Nacional de Cobertura de la Tierra (periodo 2005-2009): Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1: 100.000. V1. 0
- IGAC, C. 2001. Los Conflictos de uso de la tierra en Colombia. Consultado el 03 de diciembre de 2017.
- INATEC, I. N. T. 2016. Manual Del Protagonista De Pastos y Forrajes., Managua nicaragua.
- Jaramillo, D. F. 2002. Introducción a la ciencia del suelo.
- Jurandir, M., y G. Lebron. 2018. Pastoreo voisin y empastada ecológica: Bases para una pecuaria sustentable.
- Lasater, L. 2011. La filosofía Lasater de la cría vacuna. 3 ed, San Angelo, TX.
- Lascano, C. E., R. Pérez, B. Plazas, H. Camilo, J. Medrano, M. Argel, y J. Pedro. 2002. Pasto Toledo (Brachiaria brizantha CIAT 26110): gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. CIAT.
- Ledesma, R. 2006. Desarrollo de sistemas ganaderos: Una alternativa de manejo en ecosistemas degradados del Chaco semiárido., Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina.
- Lerner, A. M., A. F. Zuluaga, J. Chará, A. Etter, y T. Searchinger. 2017. Sustainable cattle ranching in practice: moving from theory to planning in Colombia's livestock sector. Environmental management 60(2):176-184.
- Lester, R. B. 2002. La situación del mundo Informe Anual del Worldwatch Institute sobre progreso hacia una sociedad sostenible. p 23-54.
- Livi-Bacci, M. 2009. Historia mínima de la población mundial. Barcelona: Ariel, DL 1999.
- López, H., A., O. A. Saldarriaga, R. Arango, A. E., L. Rugeles, M. T., T. Zuluaga, F. N., Á. Olivera, M., G. Bermúdez, N. R., B. Bedoya, G., y L. Ossa, J. E. 2001. Ganado Blanco Orejinegro (BON): una alternativa para la producción en Colombia. Colciencias pecuaria 14:8.
- M Aoki, A., y R. Sereno. 2005. Modificaciones de la conductividad hidráulica y porosidad del suelo estimadas mediante infiltrómetro de disco a tensión. Agricultura técnica 65(3):295-305.
- Mahecha, L. 2003. Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 16(1):11-18.
- Mahecha, L., L. A. Gallego Gil, y J. Pwlaez. 2001a. Situacion actual de la ganaderia de carne en colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad Revista colciencias pecuaria 15:213 - 225.
- Mahecha, L., L. A. Gallego, y J. Pelaez. 2001b. situacion actual de la ganaderia de carne en colombia y alternativas para impulsar su competttividad y sostenibilidad. revista colciencias pecuaria 15:213 - 225.
- Martínez, A. P., y J. E. Caro. 2019. Competitividad en el sector ganadero en Colombia: enfoque desde la historiografía económica, social y empresarial. Panorama Económico 27(2):453-480.

- Mateus Echeverría, H. M., C. Muñoz, S. Rodríguez, y J. Barros Henríquez. 2018. Estrategias de manejo de praderas para mejorar la productividad en la ganadería en las regiones Caribe y Valles Interandinos. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA.
- McVaugh, R., y W. Anderson. 1983. Flora Novo-Galiciana: a descriptive account of the vascular plants of western Mexico.
- Mendoza Espinosa, L., A. L. Quintanilla Montoya, y V. Sandoval Magaña. 2014. Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático Estado de Colima. In: I. p. e. m. a. y. d. s. d. Colima. (ed.). p 126. Universidad de Colima, Colima, México.
- Monti, M., G. Marcuzzi, y M. Destéfano. 2019. Análisis comparativo de parámetros edáficos y NDVI entre un sistema de Pastoreo Racional Voisin y agricultura en siembra directa. *Cadernos de Agroecología* 14(2)
- Moore, S. S., F. D. Mujibi, y E. L. Sherman. 2009. Molecular basis for residual feed intake in beef cattle. *Journal of animal science* 87(suppl_14):E41-E47.
- Morales, L. 2017. La paz y la protección ambiental en Colombia Propuestas para un desarrollo rural sostenible No. 17. *Dialogo Interamericano, Liderazgo para las Americas*.
- Moron Morón, L. M. 2009. Ventajas y desventajas de los sistemas de pastoreo y confinamiento en la producción de carne en raza cebú en el departamento del Cesar. *Ciencia Unisalle*
- Nkrumah, J. D., E. K. Okine, G. W. Mathison, K. Schmid, J. A. Basarab, M. A. Price, Z. WANG, y S. S. Moore. 2005. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *Animal Science* 84(3):145-153.
- Olivera, Y., R. Machado, y P. P. Del Pozo. 2006. Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género *Brachiaria*. *Pastos y Forrajes* 29(1)
- Pagnussatt, E. 2018. El derecho a una alimentación sana. *Inseguridad alimentaria y salud humana. Dilemata* (26):169-177.
- Pennock, D., y N. McKenzie. 2016. Estado Mundial del Recurso del Suelo p92. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, Roma.
- Pezo, D. 2019. Intensificación sostenible de los sistemas ganaderos frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: Estado del arte. In: F. p. e. m. a. mundial (ed.). p 85. Banco Interamericano del Desarrollo.
- Pinheiro M, L. C. 2011. Pastoreo Racional Voisin. Tecnología Agroecológica Para el Tercer Milenio. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina.
- Pinheiro, S., y J. Restrepo. 2009. Agricultura orgánica. Feriva, Cali, Colombia.
- Pond, W. G., D. C. Church, y K. R. Pond. 2003. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa S.A. De C.V.
- Reinosso Ortiz, V., y C. Soto Silva. 2006. Cálculo y manejo en pastoreo controlado: II) Pastoreo rotativo y en franjas. *Veterinaria (Montevideo)* 41(161-162):15-24.
- Reynoso, O. R., A. H. Garay, S. C. da Silva, J. P. Pérez, J. F. Quiroz, A. Carrillo, J. Haro, y A. Núñez. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 47(2):203-213.
- Rincón, J., y J. Quintero. 2015. Comparación de modelos no lineales para describir el crecimiento en ganado Blanco Orejinegro (BON). *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 10:32-37.
- Sarmiento, C., J. B. Veiga, B. Rischkowsky, O. R. Kato, y M. Siegmund Schultze. 2010. Characterization and evaluation of pastures and cattle at smallholder agriculturalists in northeast Pará State, Brazil. *Acta Amazonica* 40:415-423.

- Savory, A. 1983. The Savory grazing method or holistic resource management. *Rangelands Archives* 5(4):155-159.
- Senra, A. 2005a. Indices para controlar la eficiencia y sostenibilidad del ecosistema del pastizal en la explotación bovina revista cubana de ciencia agrícola. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39(1):13-22.
- Senra, A. F. 2005b. Principales sistemas de pastoreo para la producción de leche y su adecuación a las condiciones de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39:415-426.
- Souza, J. C., y S. Bianchini, E. 1994. Estimativa do peso de bovinos de corte, aos 24 meses, da raça Nelore, usando curvas de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia* 23(01):85-91.
- Stagnaro, G. C., y M. N. Bury. 2008. Ganadería bovina de doble propósito: Problemática y perspectivas hacia un desarrollo sustentable. *Ediciones Astro Data S.A.* V:25.
- Teutscherová, N., E. Vázquez, M. Sotelo, D. Villegas, N. Velásquez, D. Baquero, M. Pulleman, y J. Arango. 2021. Intensive short-duration rotational grazing is associated with improved soil quality within one year after establishment in Colombia. *Applied Soil Ecology* 159:103835.
- Urón, C., y C. Bastos. 2021. Análisis de la implementación de pastoreo de ultra alta densidad con bovinos blanco orejinegro en la granja experimental de la UFPSO. *REVISTA COLOMBIANA DE ZOOTECNIA* 7(12):24-31.
- Voisin, A. 1967. Productividad de la hierba. Tecnos.
- Voisin, A. 2018. *Dynamique des herbages*. Editions France Agricole.
- Wood, K., H. Rubio, y C. Wood. 2020. *Rangeland management and hydrology*.
- Zamudio, A. M. 2006. *Métodos analíticos del Laboratorio de Suelos*. 6° ed. Instituto Geografico Agustin Codazzi, Bogota.
- Zhou, Z., O. J. Sun, J. Huang, L. Li, P. Liu, y X. Han. 2007. Soil carbon and nitrogen stores and storage potential as affected by land-use in an agro-pastoral ecotone of northern China. *Biogeochemistry* 82(2):127-138.
- Zietsman, J. 2014. *Man, cattle and veld*. Beef power llc.