

Modelo de simulación para el cálculo de la densidad de los recursos forrajeros en un sistema silvopastoril para ganadería doble propósito en Norte de Santander

Brayan Eduardo Angarita Suarez

Código: 1.094.283.822

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona

Trabajo de grado presentado para optar por el título de: Zootecnista

Tutores:

MVZ, Esp, MSc, PhD Román Enrique Maza Ortega

Docente de la Facultad de Ciencias Agrarias

Pilar Eugenia Bucheli León

Investigadora Master de AGROSAVIA

13 de diciembre de 2020

Nota de Aceptación

Jurado 1

Jurado 2

Tutor

Pamplona, 14 de diciembre de 2020

DEDICATORIA

La culminación de esta etapa de formación profesional la dedico primeramente a Dios todo poderoso por permitirme el regalo de la vida. Acreedor y dueño de todas mis metas y logros, quien en su infinita gracia ha sido mi guía, luz y mi mejor amigo en cada paso.

Dedicado a mis padres María Cristina Suárez y José María Angarita pilares fundamentales de mi vida, los que con su amor, apoyo y confianza me han impulsado cada día a crecer en todos los aspectos de mi vida. Por ayudarme a reconocer lo bueno en mí, por sus consejos y observaciones que me han permitido orientar de la mejor manera el rumbo de mi vida.

A mis hermanos por darme siempre su amor y apoyo incondicional en cada momento. Por quienes siento el respeto, admiración y amor más grande del mundo. Simplemente mi mejor equipo.

A William de Jesús Vélez y Nancy Janeth León, a quienes considero mis segundos padres. Que por intermediación de Dios me han compartido de su amor y bendiciones, ayudando siempre a encaminar la realización de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de Pamplona mi Alma mater por brindarme la oportunidad de acceder al programa de Zootecnia, por brindarme los espacios y los medios para lograr cumplir con mi formación profesional.

A mi tutor y amigo Román Maza por su colaboración, paciencia y motivación para llegar hoy a cumplir con esta meta.

Agradezco a AGROSAVIA, por brindarme la oportunidad de ser parte de su gran familia, así como de disponer de las herramientas necesarias para llegar a cabo mi proceso de formación.

Agradezco en especial a Pilar Eugenia Bucheli, mi orientadora en AGROSAVIA, por compartir sus conocimientos, tiempo, entrega, respeto y confianza para cumplir con esta meta.

Agradezco a Don José Eli Soto propietario de la finca el Hato, quien muy amablemente ofreció de su tiempo, disposición y del lugar para llevar a cabo este trabajo.

Agradezco a Christian Thomas Carvajal y a Juan Leonardo Cardona, quienes me compartieron su conocimiento, asesoría y consejos para llevar a cabo de la mejor forma la orientación del trabajo.

Agradezco a mis dos mejores amigas Yuliana Leal Isidro y Leidys Ríos Ramos, compañeras incondicionales en este proceso que iniciamos juntos, a quienes agradezco por su cariño sincero, por sus locuras, por cada anécdota y recuerdo memorable que compartimos a lo largo de estos 5 años.

Agradezco a todos los docentes y compañeros con los que compartí las aulas de clase, de quienes también aprendí mucho y que aportaron su granito de arena para lograr culminar este proceso.

Contenido

Lista de Tablas	6
Lista de figuras	7
Resumen	8
Introducción	10
Justificación.....	12
Marco Teórico	13
Situación actual de la ganadería en Colombia	14
Sistemas Silvopastoriles en Colombia	17
Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS).....	17
Bases de nutrición bovina	18
Objetivos.....	24
Objetivo General	24
Objetivos específicos	24
Metodología.....	25
Localización	25
Recursos forrajeros y toma de muestras	25
Estimación de masa forrajera y disponibilidad de Kg MS	25
Modelo de simulación para la densidad de los recursos forrajes	27
Análisis NIRS.....	28
Toma de muestra de leche	28
Análisis estadístico.....	28
Resultados y discusión.....	29
Conclusiones	59
Recomendaciones	60
Referencias bibliográficas	61

Lista de Tablas

Tabla 1 Composición nutricional de los recursos forrajeros del SSP y sus respectivas variables	29
Tabla 2 Análisis de Varianza (ANOVA) de la Composición Nutricional de los Recursos Forrajeros del SSP31	
Tabla 3 Disponibilidad de Kg FV y MS de las especies de estrato bajo presentes en la finca El Hato	45
Tabla 4 Disponibilidad de Kg FV y MS para la especie Pennisetum purpureum por el método de estratificado.	47
Tabla 5 Disponibilidad de Kg FV y MS de especie Tithonia diversifolia, Guazuma ulmifolia, Leucaena leucocephala	48
Tabla 6 Caracterización de las Vacas en Producción de la Finca el Hato, Salazar de las Palmas.....	50
Tabla 7 Composición fisicoquímica de la leche de la Finca el Hato, Salazar de las Palmas.....	50
Tabla 8 Exigencias nutricionales (CMS, PC, ENI) para las vacas en producción Finca el Hato	53
Tabla 9 Estimación del consumo de MS y aporte de nutriente en las vacas en producción, potrero “El Tesoro”	54
Tabla 10 Escenario 1. Modelo de simulación para el cálculo de la densidad de recursos forrajeros en la finca el Hato	56
Tabla 11 Escenario 2. Modelo de simulación para el cálculo de la densidad de recursos forrajeros en la finca el Hato	57

Lista de figuras

Figura 1 <i>Aplicación de los términos de energía utilizados en Nutrición Animal</i>	21
Figura 2 <i>Macrocomponentes de los Recursos Forrajeros</i>	34
Figura 3 <i>Fraccionamiento de Carbohidratos y Fibra Detergente de los Recursos Forrajeros de la Finca el Hato</i>	36
Figura 4 <i>Concentración de Lignina de los Recursos Forrajeros de la finca el Hato</i>	38
Figura 5 <i>Composición Mineral de los Recursos Forrajeros de la Finca el Hato</i>	40
Figura 6 <i>Valor energético de los recursos forrajeros de la finca El Hato, Salazar de las Palmas</i>	41
Figura 7 <i>Concentración de taninos en los recursos forrajeros de la finca el Hato</i>	43

Resumen

El uso de ofertas tecnológicas un tema de alto impacto. El objetivo del presente estudio fue desarrollar un análisis de la densidad y calidad de los recursos forrajeros en un sistema silvopastoril en ganadería doble propósito en el municipio de Salazar de las Palmas, que tuvo como insumo el uso de ofertas tecnológicas como la espectroscopía de infrarrojo cercano NIRS (por su sigla en inglés), empleada para el análisis de la composición química de forrajes tropicales y el sistema de información [AlimenTro](#), ofrecidos por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Se realizó el análisis nutricional de los principales recursos forrajeros de un sistema Silvopastoril compuesto por: Estrato bajo: Braquiaria (*Brachiaria decumbens*) y Estrella (*Cynodon nlemfuensis*); estrato medio: Kingrass (*Pennisetum purpureum*), Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y estrato alto: Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y Leucaena (*Leucaena leucocephala*), las fracciones analizadas fueron: MS, PB, E.E, FDN, Taninos, CNF, CF, Ca, P, Mg, Digestibilidad de MS, Lignina, EB, ENm, ENg, ENI, las cuales, mediante un análisis de varianza se determinó que son diferentes ($P < 0,05$) a excepción del componente CNF ($P > 0,05$), en cuanto a su disponibilidad se estimó por técnica de doble muestreo y estratificado, determinando una disponibilidad de 5825,4; 3412,2; 15609; 904,4; 6,95; 51,03 de Kg MS para *B. decumbens*, *C. nlemfuensis*, *P. purpureum*, *T. diversifolia*, *G. ulmifolia* y *L. leucocephala* respectivamente, con la aplicación del modelo de simulación se obtuvo que se requiere una densidad óptima de 3.717 o 2.295 árboles/ha de *G. ulmifolia* y *L. leucocephala* respectivamente, según los escenarios y objetivos planteados concluyendo que la composición nutricional, disponibilidad y densidad de estos recursos fueron determinados por su clasificación taxonómica, época del año, edad de corte y manejo.

Palabras claves: Sistema silvopastoril, recursos forrajeros, densidad, calidad nutricional, ofertas tecnológicas.

Abstract

The use of technological offerings a high impact issue. The objective of this study was to develop an analysis of the density and quality of forage resources in a silvopastoral system in dual-purpose livestock in the municipality of Salazar de las Palmas, which had as an input the use of technological offers such as nirS near-infrared spectroscopy, used for the analysis of the chemical composition of tropical fodder and the [AlimenTro](#), information system, offered by the Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA). Nutritional analysis was carried out of the main forage resources of a Silvopastoral system composed of: Low stratum: Brachiaria (*Brachiaria decumbens*) and Estrella (*Cynodon nlemfuensis*); medium stratum: Kingrass (*Pennisetum purpureum*), Gold button (*Tithonia diversifolia*) and high stratum: Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) and Leucaena (*Leucaena leucocephala*), the fractions analyzed were: MS, PB, E.E., FDN, Tannins, CNF, CF, Ca, P, Mg, Digestibility of MS, Lignin, EB, ENm, ENg, ENI, which, by means of a variance analysis, were determined to be different ($P < 0.05$) with the exception of the component CNF ($P > 0.05$), in terms of their availability was estimated by double sampling and tiered technique, determining an availability of 5825.4; 3412,2; 15609; 904.4; 6.95; 51.03 Kg MS for *B. decumbens*, *C. nlemfuensis*, *P. purpureum*, *T. diversifolia*, *G. ulmifolia* and *L. leucocephala* respectively, with the application of the simulation model it was obtained that an optimal density of 3,717 or 2,295 trees/ha of *G. ulmifolia* and *L. leucocephala* respectively is required, depending on the scenarios and objectives raised concluding that the nutritional composition, availability and density of these resources were determined by their taxonomic classification, time of year, age of cut and management.

Keywords: Silvopastoral system, forage resources, density, nutritional quality, technological offers.

Introducción

Colombia, es un país rico en cuanto a biodiversidad en fauna y flora, culturas y recursos naturales además de una gran variedad en condiciones climáticas por su ubicación geográfica tropical (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2016). A pesar de esta disponibilidad de recursos para la producción de alimentos de calidad para el consumo humano, se tiene un gran reto para garantizar una alimentación adecuada para que los animales produzcan alimentos (productos nobles) en cantidades y calidad óptimas para la alimentación humana (Latham y FAO, 2002; Caravaca, 2006). La amplia gama de recursos naturales existentes, los cuales muchos son desconocidos, en su composición química, usos y manejo agronómico; por lo tanto, no son aprovechados de manera eficiente para satisfacer las exigencias nutricionales de los animales y, consecuentemente, las necesidades generadas por el constante desarrollo y crecimiento económico del país (Cardona et al., 2012).

En el trópico se presenta estacionalidad climática lo cual afecta el comportamiento productivo y calidad de los forrajes (Afanador, 1996). Así, en la época de lluvias se observa una alta de calidad y disponibilidad de masa de forrajera, sin embargo, en la época seca se observa un descenso significativo del valor nutritivo y disponibilidad de forrajes destinados a la alimentación de bovinos, lo cual acarrea bajos indicadores productivos en los sistemas de producción de bovinos en Colombia y a esto se le suma el cambio climático el cual es cada vez más intenso, todo lo anterior genera que sea cada vez más difícil cultivar, cosechar, criar animales y gestionar bosque (Ramírez et al., 2017).

En referencia a lo anterior, existe una tendencia de aumento en el número de productores que implementan el uso de nuevas formas de producción como lo son los SSP y la conservación de bosques en predios ganaderos, para contribuir, a la generación de bienes y la provisión de servicios ambientales de importancia global, lo cual convierte a los sistemas ganaderos asociados con árboles en una gran oportunidad de compensación ambiental. Así mismo, la ganadería bovina es la actividad económica con mayor presencia en el campo colombiano pues la hay en todas las regiones, en todos los pisos térmicos,

en todas las escalas de producción, y también en diversas especialidades: cría, levante, ceba, lechería especializada y doble propósito (FEDEGAN, 2018). Por consiguiente, el presente estudio se basa en el planteamiento de un modelo práctico que les permita a los actores vinculados al sector ganadero poder manejar un enfoque más amplio de factores indispensables en la producción bovina como es la alimentación, nutrición y las decisiones que hay que tomar en torno a este pilar productivo, haciendo énfasis en el uso adecuado, racional y sostenible de los recursos forrajeros denominados como la base de la alimentación, que constituyen la alternativa más económica para satisfacer el consumo voluntario en bovinos (Cardona et al., 2012).

Justificación

En Colombia, la producción de pastos y forrajes está enfocada principalmente en la producción ganadera, sin embargo; hay poca información sobre la existencia, zonas sembradas, toneladas cultivadas, etc. Colombia debido a sus diferentes pisos térmicos y a su biodiversidad, presenta un gran potencial en cuanto a la disponibilidad y variedad de recursos naturales, los cuales incluyen una gran diversidad de especies de pastos y forrajes. (Cardona et al., 2012). Por tal motivo, la creación de fuentes de información de fácil acceso y comprensión representa un paso más en el largo camino de capacitación, apropiación y divulgación del conocimiento técnico científico que les permita a los productores conocer las potencialidades y limitaciones de los recursos forrajeros que se desarrollan y que son aprovechados en sus predios para ser destinados a la alimentación de bovinos. Dicha información servirá, como herramienta para la toma de decisiones acorde a las situaciones del día a día como: planificaciones forrajeras, sistema de alimentación en los animales, formular dietas para suplir las exigencias nutricionales de sus animales de forma más acertada o definir planes de suplementación (Garavito, 2012).

Por otro lado, se busca propiciar el desarrollo de una ganadería Sostenible al generar conocimiento y divulgar los múltiples beneficios que tiene la implementación de Sistemas Silvopastoriles (SSP) en aspectos como la mejora en la calidad de suelos, composición nutricional de recursos forrajeros, y la disponibilidad final de forraje, debido a que en regiones como el Norte de Santander de las 771.004 ha cubiertas por pastos, solo 2.700 ha están siendo manejadas bajo este tipo de sistema, presentándose la problemática de la alta implementación de sistemas extensivos de ganadería poco sostenibles; esto en gran medida siendo atribuida a la falta de conocimiento por parte los productores de la amplia gama de alternativas que se presentan para mejorar sus prácticas y formas de producción (Ojeda et al., 2003).

Marco Teórico

En la hoja de ruta de la ganadería colombiana 2018-2022, FEDEGAN (2018), define que *“La ciencia, la tecnología y la Innovación deben ser entendidas como procesos de suma importancia para la gestión del conocimiento en la búsqueda constante de nuevas y mejores formas de hacer las cosas a partir del saber, sin duda alguna, los cimientos sólidos del desarrollo”*. Haciendo alusión a la importancia de la adaptación, la inclusión y la apropiación de las nuevas tecnologías, conocimientos científicos y de la promoción de estos en el mundo actual, lo cual abarca ampliamente al sector agropecuario colombiano. Según lo proyectado por Afanador (1996) en el Plan Estratégico de Modernización Tecnológica de la Ganadería Colombiana, este recalcó la necesidad de buscar un proceso de reordenamiento del sector ganadero, donde a través de diferentes estrategias e instrumentos se llegara a la promoción, generación y aplicación de alternativas tecnológicas para el desarrollo de modelos de producción eficientes y eficaces que fueran utilizadas a lo largo de las diferentes cadenas agropecuarias regionales de producción y consumo, junto con la sostenibilidad para llegar al objetivo final de satisfacer la cada vez creciente demanda del mercado cárnico y lácteo siempre enmarcando el mejoramiento de la competitividad de los sistemas ganaderos.

Teniendo en contexto esto, una de las entidades públicas encargadas de la promoción de dichos factores de desarrollo, promulgación de conocimiento científico, en favor de la transformación del campo colombiano es AGROSAVIA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria), quien a través del marco de la Agenda Dinámica Corporativa se encuentra el proyecto *“Fortalecimiento las capacidades de los actores de las cadenas de carne y leche bovina para la toma de decisiones en los sistemas de alimentación a través del uso de tecnologías de información y comunicación TIC’s”* de la cual se basa el presente estudio, siendo parte de su propiedad intelectual y que mediante la implementación, desarrollo y promulgación de la Tecnología NIRS así como del sistema de información

[AlimenTro](#) busca el fortalecimiento de la capacidad científica y tecnológica de Colombia (AGROSAVIA, 2020; Autor, 2020).

Situación actual de la ganadería en Colombia

En el país el Censo pecuario para el año 2020, la población bovina se encuentra distribuida en 655.661 predios, lo cual llega a totalizar 28.245.262 cabezas de ganado, que comparándolo con las cifras del año 2019 en el cual se reportaron 623.794 predios y un total de 27.324.027 cabezas de ganado, lo que significa que el país ha tenido un crecimiento del 5,1% y del 3,7 % en cuanto a predios y animales respectivamente en relación al año 2019. El 68% del total de ganado bovino se encuentra distribuido en los departamentos de: Antioquia (11,3%), Caquetá (7,9%), Casanare (7,6%), Córdoba (7,6%), Santander (5,9%), Cundinamarca (5,3%), Magdalena (5,2%), Cesar (5,1%) y Bolívar (4,7%) (ICA, 2020). Asimismo, los sistemas de producción se encuentran distribuidos de la siguiente manera: Doble propósito: 39%, Cria:35%, Ceba:20%, Lechería especializada:6%, en el cual el hato bovino colombiano se encuentra denominado el cuarto con mayor población a nivel de Latinoamérica.

Sector Lechero en Colombia

En el país dentro del balance y perspectivas del sector ganadero colombiano, la producción láctea para el año 2018 estuvo muy definida por la incidencia del régimen de lluvias, donde se registró un déficit hídrico significativamente marcado (fenómeno del niño) a finales de dicho año; consecuentemente originó una escasez de leche durante el año 2019 principalmente en regiones como la Caribe, Andina y Orinoquia, esto en contramedida de la oferta y la demanda llevo a un alza en el precio pagado por litro de leche generando un mejor pago real al productor pero a su vez una disminución en el acopio de la leche, haciendo que el 2019 quedara registrado como el año con el mayor número de importación de productos derivados lácteos como leche en polvo, lacto suero, quesos y entre otros. Para dicho año la producción fue de 7.301 millones de litros de leche que comparándolo con el año 2018 tuvo solo un incremento del 0.6%, Asimismo en relación al precio del litro de leche se

pagó al productor a \$ 1.073 pesos moneda colombiana finalizando el año con un incremento del 10% es decir pagándose a \$1.184 pesos moneda colombiana teniendo en cuenta las bonificaciones establecidas por el Gobierno Nacional a través de la Resolución 017 de 2012 la cual modifica los valores de proteína, grasa, sólidos totales y las bonificaciones o descuentos por calidad higiénica.(Fondo Nacional del Ganado y Federación Colombiana de Ganaderos, 2019).

Sector cárnico y de crías en Colombia

En el país la producción cárnica ha sido en gran medida influenciada por problemas estructurales como el contrabando y los sacrificios clandestinos, donde para el año 2018 se produjeron 935.025 toneladas de carne y para el año 2019 se presentó una disminución en la producción para 932.813 toneladas de carne, es decir el 0,2%, donde la tasa de extracción pasó de un 19,3% para el año 2012 y 2015 a llegar al 15,5% al 2019, este porcentaje se explica por el aumento en el inventario nacional bovino pero a la vez un bajo consumo nacional, así como la pérdida de mercados internacionales por la pérdida del estatus sanitario lo que disminuyó la comercialización de carne y animales en pie (FEDEGAN y FNG, 2019).

Sistema de producción doble propósito en Colombia

Basado en la estadística de que el 39% del hato bovino colombiano (FEDEGAN, 2018) está destinado al doble propósito, es decir, producir carne y leche simultáneamente en una misma finca. La característica principal de este sistema, es obtener estos productos en base a los animales obtenidos por el cruce de ganado *Bos indicus* con razas especializadas o criollas (*Bos Taurus*) como Holstein, normando, pardo suizo, blanco orejinegro principalmente en zonas de trópico bajo (en alturas entre los 0 a 1000 metros sobre el nivel del mar), donde una de sus principales características es el ordeño diario de la vaca, con amamantamiento restringido del ternero durante toda la lactancia, la cual como en muchos otras formas de ganadería se establecen bajo un manejo de pastoreo de tipo extensivo,

tradicional o convencional predominantemente, con baja utilización de insumos, donde los animales están expuestos a alta irradiación solar, cambios de importancia en los ecosistemas naturales a causa de la deforestación y potrerización, emisiones de gases de efecto invernadero, degradación suelo y agua (DANE, 2015). Este tipo de sistema está expuesto a factores como las características del suelo, las diversas condiciones climáticas y a variabilidad de las mismas (López et al., 2016).

De acuerdo con lo anterior y lo planteado por Murgueitio (1992), de que hay certeza en que el sistema doble propósito es el más apropiado para llevar a cabo la producción bovina en el trópico con la mejora en sus parámetros productivos y sus diferentes subsistemas, sin embargo la respuesta de adaptación a las diversas condiciones agroecológicas y económicas son insuficientes para asegurar su permanencia en el tiempo, principalmente cuando se analiza el deterioro creciente de las bases ambientales y sociales que lo sustentan.

Situación actual de la ganadería en Norte de Santander

La orientación productiva de la ganadería bovina en Norte de Santander se concentra en el doble propósito y la cría; además, se distribuye en trópico alto, medio y bajo. El inventario bovino es de 2,14 millones de cabezas, distribuidas en 62.225 mil predios lo cual constituye un inventario importante (ICA, 2020), cuya media de producción oscila en 3,9 litros de leche/día/animal, con una producción general diaria de 225.824 litros de leche/día de los 343.622 litros que se producen en promedio en el departamento junto con los sistemas de producción tradicional y lechería especializada. (Secretaría de desarrollo económico, 2019). El área en Norte de Santander con destinación en pastos es de 466.833 Ha y 964.355 Ha en pastos y malezas, con una capacidad de carga de 0,67 y 0,32 respectivamente. Los pastos predominantes son Kikuyo (*Pennisetum clandestinum Hochst ex Chiov.*), Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y Brachiaria (*Brachiaria decumbens*) (Cardona et al., 2012). Así, el porcentaje invertido en insumos como: sales, suplementos alimenticios y medicamentos se encuentra por encima del promedio nacional (6,4%), sin embargo, el departamento no invierte en insumos y suplementos como

concentrados, henos y ensilados, situación que explica los niveles de natalidad en sus municipios.

(DANE, 2015).

Sistemas Silvopastoriles en Colombia (SSP)

Son sistemas que interaccionan el componente animal, componente no leñoso (forrajes herbáceos) y componentes leñosos perennes (árboles y arbustos), buscando mejorar el componente nutricional y productivo de los animales mediante el aprovechamiento racional de los recursos y maximizar el desempeño económico y ambiental (Bueno, 2010), presentándose como alternativa de producción sostenible, en donde se evidencia la mejora en la cantidad y calidad nutricional de los forrajes ofertados (Mahecha et al., 2000 citado por Mejía et al., 2017) contribuyendo a la recuperación de las características propias del suelo, al ciclaje y fijación de nutrientes, mantenimiento y conservación de la diversidad eco sistémica, captura de CO², además de sus servicios económicos, sociales y productivos que tienen incidencia en el desarrollo rural y competitividad ganadera (Chara et al., 2011 citado por Sanchez, 2020).

Dentro de los recursos forrajeros disponibles para el establecimiento de SSP existe una amplia variedad de opciones para sus diferentes estratos, donde su elección dependerá de las características ambientales de la zona, suelo y especie forrajera, así como de la orientación productiva del componente pecuario y presupuesto económico de cada predio ganadero (Sanchez, 2020).

Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (*Near Infrared Reflectance Spectroscopy*, NIRS)

La técnica de espectroscopía de reflectancia de infrarrojo cercano(NIRS) es un método analítico que permite el muestreo frecuente de los recursos forrajeros en los sistemas ganaderos , fundamentada en el uso de la espectroscopia que estudia la interacción entre la radiación electromagnética y la materia con la quimiometría en la aplicación de métodos matemáticos a la química analítica generando modelos matemáticos que relacionan los cambios de energía en la región NIR (mitad del espectro

electromagnético 800-2500 nm) y la composición química del recurso forrajero (Ariza-Nieto et al., 2018). Esta composición se agrupa en macrocomponentes, fraccionamiento de proteínas y carbohidratos, metabolitos secundarios y minerales. Dentro de las principales ventajas de la técnica sobresalen, su sostenibilidad ya que no requiere de reactivos químicos, la rapidez de sus resultados para agilidad en la toma de decisiones, y permite determinar los cambios en la calidad del forraje por efecto del tipo, edad y factores agroclimáticos (AGROSAVIA, 2020; Vásquez et al., 2004).

Bases de nutrición bovina

Los bovinos son clasificados dentro del grupo de los rumiantes o denominados como “pastores naturales” es decir son forrajeros por naturaleza, una de sus características principales es su tracto digestivo compuesto por cuatro compartimientos denominados: Rumen, retículo, omaso y abomaso, cuyos compartimientos se encuentra poblados de microorganismos, que les facilitan degradar componentes como la fibra de las plantas o forrajes y así cubrir sus exigencias de nutrientes para mantenerse, crecer, reproducirse y producir (Gasque, 2008; Rasby y Rush, 2005). De las especies vegetales usadas y que constituyen la alimentación de animales de granja se tiene una gran variedad de compuestos y estructuras de orden químico con funciones en el animal, habiendo unas más conocidas que otras, sin embargo, solo algunos de todos estos compuestos son realmente útiles para el organismo y otros que son anti productores llegando a causar trastornos (Shimada, 2003). El nivel de producción de los animales básicamente está determinado por factores como el consumo de la materia seca, el valor nutricional de las materias primas de la dieta y la respuesta del animal, siendo ese consumo de materia seca el punto de partida para ofrecer los nutrientes necesarios para satisfacer dichas exigencias nutricionales. (Lopes et al., 2009).

Materia seca

Es la proporción del alimento donde encontramos los diferentes nutrientes (energía, proteína, minerales y vitaminas). En los alimentos, la materia seca se clasifica en compuestos orgánicos (materia orgánica) e inorgánica (materia mineral), su valor se obtiene de retirar la proporción de agua presente el forraje. En base a ella se puede tener una mejor planificación en los sistemas de alimentación bovina en cuanto a disponibilidad forrajera y en relación al aporte de estos nutrientes presentes, se define su calidad en relación a las necesidades y limitaciones de los animales en el hato (Álvarez y Afanador, 2016; Church et al., 2002).

Proteína

Son los principales constituyentes orgánicos esenciales de alto peso molecular, que contienen Hidrogeno, Oxígeno, Carbono, Nitrógeno y generalmente Azufre, íntimamente relacionadas con procesos constituyentes de la vida de la célula (McDonald, 1999) constituidas por cadenas de aminoácidos, presentes en mayor cantidad en los tejidos animales, con una distribución total en las células del organismo, participantes en todos los procesos biológicos del animal. Su porcentaje de inclusión en la alimentación varía en mayor o menor cantidad de factores como la edad ya que en animales jóvenes se requiere para procesos de crecimiento y desarrollo y en la madurez se declina, pues solo se requieren para mantener los tejidos corporales, a excepción de que en estados fisiológicos como la producción, mantenimiento de la preñez y lactancia, las exigencias aumentan debido a la mayor salida de proteínas en productos de la concepción y la leche, lo que demanda una mayor intensidad metabólica, que dependiendo de factores como la naturaleza de la proteína y su tránsito por el rumen pueden llegar a afectar la cantidad de proteína que se digiere y se absorbe en el rumen, y la que pasa por el rumen para digerirse y absorberse en el intestino (Church et al., 2002; Gasque, 2008).

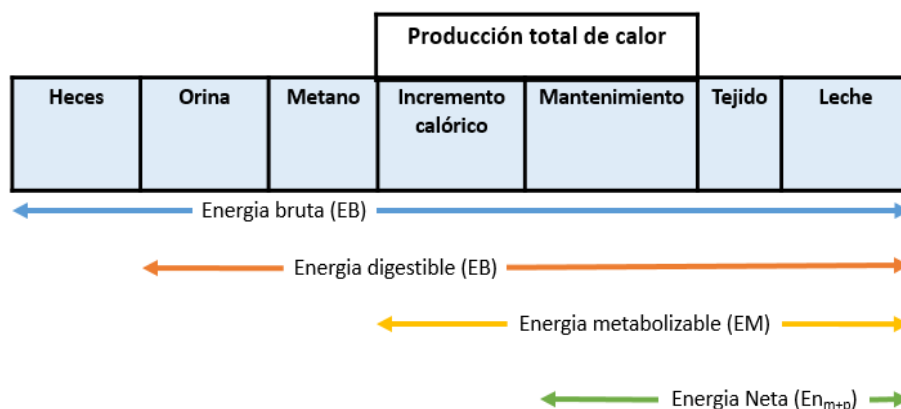
Carbohidratos

Los carbohidratos forman el 75% de la materia seca de los forrajes, son los constituyentes principales de gran parte de los tejidos vegetales, estos se clasifican en: 1. Carbohidratos fibrosos en los que se encuentran la hemicelulosa, celulosa y lignina que son de lenta digestibilidad a nivel ruminal 2. Carbohidratos no fibrosos en los que principalmente se encuentra la pectina, almidón y azúcares, variando en su complejidad, número y composición.

Por otro lado, en los animales representan una fuente de energía para desarrollar funciones vitales, en base a ellos se determinan parámetros como el peso corporal del animal, su producción y la composición de la leche en términos de grasa y proteína. Esta energía disponible por los carbohidratos se puede medir en diferentes unidades como: Joule(J), Kilocalorías (Kcal), Calorías (Cal), Megacalorías(Mcal), de igual forma al interior del organismo animal se producen pérdidas graduales de la siguiente forma: La energía total o bruta del alimento (**Figura 1**) empieza a tener pérdidas en procesos corporales como la deposición fecal, en base a estas pérdidas se define la energía digestible(ED), retomando esta energía si se le consideran las pérdidas energéticas en la orina y en la producción de gases combustibles procedentes de la fermentación ruminal se refiere a energía metabolizable(EM) que con la resta del conjunto de pérdidas de calor totales se obtiene la Energía Neta (EN) que es utilizada funcionalmente en cubrir requerimientos de mantenimiento (ENm), Lactancia (ENI) y ganancia de peso (ENg) en el ciclo de vida del animal.(Álvarez y Afanador, 2016; Church et al., 2002) Una gran proporción de carbohidratos se convierten en AGV (Ácidos Grasos Volátiles) en el rumen destacando el Ácido acético, butírico y propiónico que antes de ser absorbidos a nivel sanguíneo se convierten en precursores de proteína, grasa y lactosa en la leche (Gasque, 2008).

Figura 1

Aplicación de los términos de energía utilizados en Nutrición Animal



Nota: Fuente (Church et al, 2002) Adaptado por (Autor, 2020).

Fibra en detergente

Son los compuestos principales de la pared celular de los forrajes o plantas, representan un alto porcentaje de la materia seca, la calidad nutricional de la fibra presente en el forraje varía dependiendo de la proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina presente en este. Dentro de las formas de expresar el contenido de fibra de los forrajes encontramos la Fibra Detergente Neutro (FDN), la cual ofrece una estimación más precisa de la fibra total del forraje, asociada principalmente con llenado físico del animal (Cruz y Sánchez, 2000), donde se conoce la Fibra Detergente Neutro físicamente efectiva (FDNef) encargada de estimular el proceso de rumia y la salivación, recalcando que la fibra solo puede ser degradada a nivel ruminal y que el grado de lignificación de la pared celular del forraje es uno de los principales factores limitantes en la digestión de esta, la hemicelulosa y celulosa son fermentados en el rumen por un grupo de bacterias denominadas fibrolíticas, cuyo producto de esa fermentación es el ácido acético, fuente de energía y precursor de calidad en leche (González, s.f; Francesa, 2017; Palladino et al., 2006). De igual manera se enfatiza que la lignina no es considerada un carbohidrato, pero se engloba en esta definición por la estrecha relación con ellos (Palladino et al., 2006).

Grasa bruta

Son compuestos orgánicos insolubles en agua, importantes para funciones bioquímicas y fisiológicas de vegetales y animales, se clasifican en lípidos simples, compuestos, derivados, esteroides y terpenos, actuando como transportador de sustratos en las reacciones enzimáticas, portadores de electrones, transportador de sustratos en las reacciones enzimáticas, componentes en las membranas biológicas, reserva de energía, además cumplen función protectora como fuente de calor para el mantenimiento de la temperatura corporal. En el análisis de componentes de los forrajes o alimentos corresponde a la fracción del extracto etéreo (E.E) la producción energética obtenida de la oxidación completa de la grasa es 39 MJ/ kg MS, siendo superior a la del glucógeno que produce 17 MJ/Kg MS (McDonald, 1999; Church et al, 2002).

Minerales

Los minerales constituyen la parte inorgánica de la materia seca del forraje, éstos se clasifican en dos grupos dependiendo de la cantidad en que se necesitan: 1. Macrominerales: Calcio(Ca), Cloro (Cl), Fósforo (P), Magnesio (Mg), Potasio(K), Sodio(Na), Azufre(S) 2. Microminerales: Cobre(Cu), Zinc(Zn), Hierro(Fe), Manganeso(Mn), Yodo(I), Cobalto(Co), Selenio(Se) principalmente. Estos cumplen funciones fundamentales en ámbitos metabólicos y fisiológicos, por ser parte activa en reacciones bioquímicas, esenciales para la vida del animal, con gran influencia en procesos inmunitarios, productivos y de reproductivos del mismo, cuya deficiencia produce sintomatologías o efectos de baja productividad como bajas ganancias de peso, infertilidad, alta tasa de morbilidad, bajas producciones de leche (Church et al., 2002; Egaña, 1995; Sales, 2017).

Metabolitos secundarios

También denominados como factores antinutricionales, son compuestos químicos producidos por las plantas o forrajes en su metabolismo secundario y que cumplen funciones de defensa,

reproducción o de almacenamiento, estos se presentan en una amplia gama como :1. Inhibidores de proteínas y de la digestión: (Taninos, Saponinas) 2. Quelatantes (Oxalatos, glucosinolatos) 3. Anti vitamínicos 4. Tóxicos (Mimosina, nitratos) y pueden tener efectos diversos sobre los animales ya que en su ingreso al rumen una proporción puede ser metabolizados por la microbiota y presentan efectos benéficos, pero otros no, lo que afecta directamente la conversión alimenticia, fermentación ruminal, dinámica digestiva, la digestibilidad del forraje y en niveles excesivos causan patologías graves y toxicidad. (Carmona, 2007).

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un modelo de simulación para el cálculo de la densidad de los recursos forrajeros en un sistema silvopastoril de ganadería doble propósito en Norte de Santander

Objetivos específicos

Definir una base de datos con la información de nutricional de los recursos forrajeros (arbórea, arbustiva, leguminosas y gramíneas) disponibles en la zona.

Determinar la disponibilidad real de kilogramos(Kg) de materia seca para cada recurso forrajero (arbórea, arbustiva, leguminosas y gramíneas) disponibles en la zona.

Estimar la densidad forrajera óptima para satisfacer las exigencias nutricionales de las vacas en producción, para mantener el equilibrio de los recursos forrajeros y su sustentabilidad en el tiempo

Metodología

Localización

La investigación se desarrolló en la Finca El Hato, ubicada N 07°48'50.1'' W 72°47'07.7'' en la vereda La Loma del municipio de Salazar de las Palmas, Colombia, sobre la microrregión macizo de Santurbán. El predio se encuentra certificado en buenas prácticas ganaderas (BPG), cuenta con una extensión total de 240 hectáreas, de las cuales 170 ha son destinadas a la producción ganadera doble propósito bajo un sistema silvopastoril, el suelo presenta una textura predominantemente arcillosa y topografía en pendiente. Se encuentra a una altitud de 900 m.s.n.m y presenta una precipitación y temperatura promedio de 900 mm y 26°C, respectivamente. La investigación fue realizada en época de lluvias (Alcaldía Salazar de las Palmas, 2018).

Recursos forrajeros y toma de muestras

En el predio se cuenta con gran diversidad de recursos forrajeros distribuidos en los diferentes estratos del SSP, donde de acuerdo a la composición botánica de las praderas, especies usadas en el banco de proteína y lote de pasto de corte se seleccionaron: 1. Estrato bajo: Braquiaria (*Brachiaria decumbens*) y Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), 2. Estrato medio: Kingrass (*Pennisetum purpureum*) y Botón de oro (*Tithonia diversifolia*), 3. Estrato alto: Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y Leucaena (*Leucaena leucocephala*).

Estimación de masa forrajera y disponibilidad de Kg MS

Especies estrato bajo: Para la recolección de muestras y estimación de la masa forrajera se empleó la técnica del doble muestreo, que combina el muestreo indirecto (no destructivo) y el muestreo directo (destructivo), haciendo el corte a una altura de 10 cm en áreas de 0,25 m² delimitado con cuadro construidos con tubos de PVC, tomando tres muestras por cada punto de disponibilidad. Dicha recolección se llevó en un potrero denominado “el tesoro” para la especie *Brachiaria decumbens*, para

Cynodon nlemfuensis se realizó en “El Pino” los cuales se seleccionaron teniendo como base el orden secuencial de la rotación de potreros llevada a cabo en ese momento y el promedio de descanso manejado al interior de la finca el Hato para las pasturas que es de 60 días.

Especies estrato medio: Para las especie *Pennisetum purpureum* se realizó la colecta de muestras mediante el uso de un método estratificado debido a su crecimiento de tipo erecto, identificando tres puntos de referencia en base a su altura (bajo, medio y alto), tomando por punto tres cuadros de 1 m² a una edad promedio de 60 días, para la *Tithonia diversifolia* las muestras se tomaron en el banco de proteína con fecha de establecimiento en el año 2018 con una edad de rebrote a los 60 días, el cual tiene una extensión de ¼ ha, donde se manejó una distancia de siembra de 1 mt x 1 mt a dos hileras en 16 surcos para esta especie, teniendo estos datos se seleccionaron 5 arbustos al azar del banco, a los que se les hizo defoliación total, registrando en un formato de campo los datos de altura de las plantas al momento de realizar la defoliación y el peso obtenido del material vegetal representado por sus hojas.

Especies estrato alto: La especie *Guazuma ulmifolia* se encuentra con frecuencia en los predios ganaderos a nivel local, siendo un componente del SSP con alta presencia en potreros del predio. Por consiguiente, su muestreo se realizó en “el tesoro”, contabilizando un total de 40 individuos de esta especie, teniendo en cuenta la altura de estos y que su principal uso en el predio es para sombra y el ramoneo, se seleccionaron 5 individuos haciendo una defoliación parcial del árbol. Debido a la altura de estos, solo se hizo defoliación en las ramas a los que tenían acceso los animales para ramonear durante el pastoreo. Para la especie *Leucaena leucocephala*, la toma de muestras se realizó en el banco de proteína, la cual se encuentra sembrada a una distancia de 2mt x 2mt en un área de ¼ ha, calculando una densidad de 187 árboles de los cuales se seleccionaron 5 árboles al azar los cuales tenían un tiempo de rebrote de 60 días realizando defoliación total, midiendo su altura y peso.

Todas las muestras de cada recurso forrajero fueron empacadas en bolsas Doy-Pack especiales desarrolladas por AGROSAVIA, que permiten el mantenimiento de las propiedades físicas y químicas de las muestras de forraje fresco durante los procesos de envío, transporte y recepción en laboratorio, así como llevar la trazabilidad de la muestra, son resistentes, de bajo impacto ambiental y sus dimensiones son las apropiadas para la cantidad de muestra a enviar.

Se enviaron 350 gramos de forraje verde por especie para el análisis NIRS, los cuales se obtuvieron de realizar un cuarteo de la biomasa total recolectada de cada especie, descartando dos porciones opuestas, volviendo a homogenizar y repitiendo el proceso hasta obtener dicha cantidad. La hora de colecta fue entre las 10 am y 12 pm entre el 13 al 23 de octubre de 2020.

Modelo de simulación para la densidad de los recursos forrajes

Para la simulación, se tuvo en cuenta factores como: 1. Caracterización de las vacas en producción de la finca el Hato (Peso corporal; Nivel de producción; % Grasa en leche; Semana de lactancia), 2. Composición nutricional de los recursos forrajeros, 3. Disponibilidad de Kg FV y MS de cada forraje, 4. Estimación del consumo de real de MS de las vacas lo cual se hizo mediante aforos antes y después del pastoreo en un potrero representativo del predio denominado el "Tesoro" el cual posee una extensión de 25.000 m², con un periodo de descanso de 60 días y 7 días de ocupación donde los principales recursos alimenticios presentes son la *Brachiaria decumbens* y *Guazuma ulmifolia*, 5. Exigencias nutricionales de las vacas en producción la cual se realizó mediante métodos de estimación lineal propuestos por Elizondo (2002), 6. Balance de nutrientes, donde posteriormente se realizó las estimaciones de la densidad de recursos forrajeros óptimos necesarios para asegurar la productividad, sostenibilidad y sustentabilidad del sistema. Para el cálculo de la densidad óptima de recurso arbóreo que se debería tener por hectárea, se tuvo como base las deficiencias nutricionales que se presentan con la utilización de la especie *Braquiaria decumbens* y *Guazuma ulmifolia*, teniendo un remanente del 15% de MS con el objetivo de: 1. Dar un equilibrio a animales por encima del promedio de

caracterización (peso corporal, nivel de producción, % grasa en leche), 2. Aumentar la disponibilidad y consumo de *G. ulmifolia*, considerando que se puede lograr una mejor utilización de esta especie utilizada en la alimentación de los bovinos y 4. Tener un plan de respaldo para las épocas de bajas precipitaciones donde la calidad y cantidad de las pasturas disminuye en gran proporción (Ramírez et al,2017).

Análisis NIRS

El análisis composicional de los recursos forrajeros por medio de la tecnología NIRS, se realizaron en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA ubicado Km 14 vía Mosquera, Cundinamarca, cuyos resultados se encuentran en el sistema de información [AlimenTro](#).

Toma de muestra de leche

Esta muestra se obtuvo después del ordeño de las 30 vacas en producción en ese momento, tomando una muestra al azar de las diferentes cantinas y homogenizando para obtener una muestra de 300 mL con la que se determinó su composición (**Tabla 7**) mediante los análisis fisicoquímicos realizados en el laboratorio de leche de la pasteurizadora la Mejor ubicada en la Calle 7 norte. #4-33, Cúcuta, Norte de Santander.

Análisis estadístico

Los resultados de las variables MS, PB, E.E, FDN, Taninos, CNF, CF, Ca, P, Mg, Digestibilidad de MS, Lignina, EB, ENm, ENg, ENI obtenidas de las muestras recolectadas en el SSP de cada recurso forrajero analizadas mediante NIRS y reportadas en [AlimenTro](#), fueron sometidas a análisis de varianza, adoptando la especie forrajera como variable de clasificación. Para el análisis fue utilizado el procedimiento ANOVA, en el que se usó el método de comparación de medias LSD Fisher de software InfoStat versión 2020e, en la cual significancia estadística fue considerada cuando $P \leq 0.05$.

Resultados y discusión

Composición nutricional de los recursos forrajeros del SSP

En la **Tabla 1** se pueden observar la base de datos de los recursos forrajeros presentes en el SSP y los resultados de laboratorio obtenidos por medio de la tecnología NIRS para los 6 recursos alimenticios, encontrando un total de 43 muestras con sus respectivas variables, las fracciones se encuentran expresadas en g 100 g⁻¹ MS para la mayoría de componentes nutricionales, a excepción de la lignina expresada en g Kg⁻¹ MS y el valor energético de los forrajes expresada en Mcal Kg⁻¹ MS.

Tabla 1

Composición nutricional de los recursos forrajeros del SSP y sus respectivas variables

Especie forrajera	n	MS	PC	E.E	FDN	Lig	Tan	CNF	CF	Ca	P	Mg	Dig MS	EB	ENm	Eng	ENI
		g 100 g ⁻¹ MS				g Kg ⁻¹ MS	g 100 g ⁻¹ MS				Mcal Kg ⁻¹ MS						
Brachiaria decumbens	10	22,3	9,66	1,63	66,63	9,44	2,09	10,19	2,03	0,35	0,23	0,26	55,84	4,03	0,96	0,41	1,13
		22,93	9,95	1,89	63,23	7,9	2,18	11,04	0,77	0,35	0,28	0,28	56,65	4,06	0,99	0,44	1,15
		24,79	8,86	1,45	65,93	9,46	2,42	11,05	2,71	0,41	0,25	0,24	54,47	4,05	0,9	0,36	1,1
		29,25	8,64	1,38	67,24	9,08	1,81	11,7	2,25	0,39	0,22	0,22	54	4,06	0,88	0,34	1,09
		28,57	7,57	1,08	68,58	8,94	1,55	10,73	2,45	0,34	0,2	0,17	52,89	4,03	0,84	0,3	1,06
		30,34	8,31	1,39	66,2	9,02	0,46	7,15	0,34	0,42	0,21	0,29	53,42	3,95	0,86	0,32	1,07
		29,28	7,69	1,27	67,35	8,85	0,71	8,32	0,76	0,42	0,2	0,29	53,64	4,01	0,87	0,33	1,08
		30,29	6,69	1,13	69,75	9,34	0,41	9,93	1,35	0,45	0,2	0,25	52,79	4	0,83	0,29	1,06
		30,8	8,71	1,5	63,8	8,8	0,49	7,52	0,42	0,49	0,21	0,3	54,15	3,96	0,89	0,35	1,09
		28,88	7,96	1,2	68,92	8,9	0,6	8,27	0,76	0,43	0,19	0,27	53,56	3,98	0,86	0,32	1,08
Cynodon nlemfuensis	10	28,41	16,58	2,14	61,83	7,52	2,75	7,39	2,13	0,24	0,24	0,23	60,7	4,18	1,15	0,59	1,24
		38,97	8,29	1,31	72,34	9,48	1,07	7,76	0,71	0,34	0,2	0,19	53,28	4,08	0,85	0,31	1,07
		29,03	10,29	1,72	67	8,88	2,46	8,84	1,75	0,35	0,18	0,17	55,29	4,1	0,94	0,4	1,12
		36,63	8,24	1,34	69,27	8,95	1,73	6,01	0,23	0,38	0,25	0,22	52,5	4,09	0,82	0,28	1,05
		26,33	12,64	1,74	65,56	8,38	2,41	7,78	2,2	0,37	0,24	0,18	57,19	4,14	1,01	0,46	1,16

			35,08	5,98	0,97	72,46	9,52	1,28	11,08	2,86	0,4	0,19	0,19	51,53	4,03	0,78	0,25	1,03
			25,88	18,59	1,81	59,91	7,14	2,68	7,25	2,42	0,29	0,3	0,23	62,93	4,19	1,24	0,67	1,29
			38,48	6,34	1,2	68,72	9,32	1,85	9,19	1,71	0,36	0,23	0,2	51,63	4	0,79	0,26	1,03
			23,22	18,79	2,02	60,61	7,33	2,29	6,83	1,91	0,26	0,31	0,23	62,84	4,22	1,23	0,66	1,29
			28,16	11,86	1,58	64,76	8,08	1,63	6,98	1,07	0,39	0,23	0,21	57,19	4,09	1,01	0,46	1,16
Pennisetum purpureum	6		22,72	8,27	1,56	68,41	9,37	2,7	8,91	1,55	0,28	0,1	0,1	53,95	4,09	0,88	0,34	1,09
			40,74	9,63	2,67	67,63	8,85	1,24	10,69	2,58	0,44	0,22	0,21	55,72	4,03	0,95	0,4	1,13
			22,91	16,23	1,81	57,91	7,01	1,17	9,27	3,21	0,31	0,28	0,21	61,95	4,12	1,2	0,63	1,27
			40,97	11,7	1,75	65,52	7,94	1,98	9,88	2,93	0,31	0,22	0,2	57,19	4,08	1,01	0,46	1,16
			30,53	7,96	1,35	64,79	8,07	2,12	12	3,57	0,24	0,19	0,2	54,46	4,08	0,9	0,36	1,1
			26,07	7,2	1,2	63,84	8,36	2,22	12,95	3,54	0,16	0,11	0,23	53,89	4,06	0,88	0,34	1,09
Tithonia diversifolia	6		16,39	27,56	2,4	43,05	5,67	0,01	6,1	0,05	2,55	0,44	0,82	73,76	4,16	1,63	1,03	1,54
			23,84	16,96	1,52	36,96	3,29	2,01	17,33	9,58	2,07	0,33	0,44	68,12	3,96	1,43	0,84	1,41
			25,26	21,2	1,86	42,47	5,29	1,28	8,6	3,44	2,41	0,4	0,77	69,59	4,15	1,48	0,89	1,44
			27,49	21,9	3,18	35,12	4,95	3,34	7,47	3,62	2,36	0,3	0,64	71,22	4,28	1,54	0,95	1,48
			29,37	18,86	3,87	38,36	5,91	4,61	12,34	7,78	2,06	0,24	0,64	67,26	4,27	1,39	0,81	1,39
			16,39	27,56	2,4	43,05	5,67	0,01	6,1	0,05	2,55	0,44	0,82	73,76	4,16	1,63	1,03	1,54
Guazuma ulmifolia	6		37,64	14,25	4,46	53,81	5,7	2,45	8,69	2,22	1,16	0,19	0,35	59,99	4,23	1,12	0,57	1,22
			43,93	12,6	5,51	53,01	6,28	1,85	8,99	2,85	1,1	0,14	0,38	60,72	4,23	1,15	0,59	1,24
			42,06	12,05	5,72	52,22	6,24	3,06	8,91	2,66	1,2	0,14	0,38	59,44	4,23	1,1	0,54	1,21
			40,19	13,52	6,09	50,85	6,36	1,9	7,68	2,42	1,33	0,16	0,4	61,59	4,23	1,18	0,62	1,26
			43,08	12,4	5,51	53,14	6,34	1,87	9,63	3,38	1,03	0,14	0,37	60,32	4,22	1,13	0,57	1,23
			42,89	12,82	6,24	52,39	6,12	2,33	8,59	2,51	1,31	0,15	0,39	60,65	4,25	1,14	0,58	1,24
Leucaena leucocephala	5		27,39	25,42	2,74	40,61	4,13	5,95	10,52	3,97	0,7	0,25	0,31	73,63	4,45	1,63	1,03	1,53
			31,59	20,84	2,14	58,62	4,81	21,6	11,36	3,9	0,91	0,2	0,25	66,71	4,32	1,37	0,79	1,38
			54,79	26,38	2,76	42,19	5,36	7,69	10,44	3,71	0,45	0,22	0,37	74,47	4,44	1,66	1,05	1,55
			37,79	27,72	3,22	32,5	4,9	7,47	8,88	3,01	1,05	0,18	0,3	75,64	4,45	1,7	1,09	1,58
			32,55	24,36	2,22	39,66	6,08	8,54	10,46	4,13	0,8	0,19	0,24	73,32	4,53	1,62	1,01	1,53

Nota: MS= Materia seca, PB=Proteína bruta, E. E= Extracto Etéreo, FDN=Fibra Detergente Neutra, Lig =Lignina, Tan=Taninos,

CNF=Carbohidratos no Fibrosos, CF=Carbohidratos Fibrosos, Ca=Calcio, P=Fosforo, Mg=Magnesio, Na=Sodio, Dig MS= Digestibilidad

Materia Seca, EB=Energía bruta, ENm= Energía Neta mantenimiento, ENg=Energía Neta ganancia, ENI=Energía Neta lactancia Fuente:

AlimenTro, (2020)

En general, se puede observar que las fracciones analizadas en los recursos forrajeros son diferentes

($P \leq 0.05$) a excepción de los CNF ($P > 0.05$). (Tabla 2)

Tabla 2

Análisis de Varianza (ANOVA) de la Composición Nutricional de los Recursos Forrajeros del SSP

Ítem	Especie forrajera						EEM	Valor-P
	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Tithonia diversifolia</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>		
	g/100 g ⁻¹ MS							
Materia seca	27,74c	31,02bc	30,66bc	24,47c	41,63a	36,82ab	2,360	0,0003
Proteína bruta	8,40c	11,7b	10,1bc	21,30a	12,94b	24,94a	1,250	0,0001
Extracto etéreo	1,39c	1,58c	1,72c	2,5b	5,5b	2,6a	0,200	0,0001
FDN	66,7a	66,2a	64,6a	39,1c	52,5b	42,72c	1,740	0,0001
Taninos	1,2b	2,0b	1,9b	2,2b	2,2b	10,2a	0,900	0,0001
CNF	9,5ab	7,9b	10,6a	10,3a	8,7ab	10,3a	0,770	0,0798
CF	1,38d	1,70cd	2,90bc	4,89a	2,67bcd	3,7ab	0,560	0,0008
Calcio	0,41d	0,34d	0,29d	2,29a	1,19b	0,78c	0,050	0,0001
Fosforo	0,22bc	0,24b	0,19cd	0,34a	0,15d	0,21bcd	0,016	0,0001
Magnesio	0,26cd	0,21de	0,19e	0,66a	0,38b	0,29c	0,023	0,0001
Diges MS	54,14c	56,51c	56,19c	69,99a	60,45b	72,75a	1,160	0,0001
	g/Kg MS							
Lignina	8,9a	8,4a	8,2a	5,0c	6,1b	5,0c	0,280	0,0001
	Mcal/Kg MS							
Energía bruta	4,01e	4,11cd	4,08de	4,16bc	4,23b	4,44a	0,026	0,0001
ENm	0,89c	0,98c	0,97c	1,49a	1,14b	1,60a	0,046	0,0001
ENg	0,35c	0,43c	0,42c	0,90a	0,58b	0,99a	0,040	0,0001
ENI	1,09c	1,14c	1,14c	1,45a	1,23b	1,51a	0,026	0,0001

Nota: Medias con una letra común no son diferentes ($P > 0,05$), FDN=Fibra Detergente Neutra,

CNF=Carbohidratos no Fibrosos, CF=Carbohidratos Fibrosos, Diges MS= Digestibilidad Materia Seca,

ENm=Energía Neta mantenimiento, ENg= Energía Neta ganancia de peso, ENI= Energía Neta para la

lactancia, EEM= Error Estándar de la Media. Fuente: Autor, (2020)

Macrocomponentes de los recursos forrajeros

Se puede analizar que la MS estuvo representada por el *G. ulmifolia* que fue la especie forrajera que presenta mayor proporción de materia seca con una media de **41,63 g MS** es decir un 41,63% seguido de la *Leucaena leucocephala* que obtuvo una media de 36,82 g MS (36,82%) en las cuales no hubo diferencia ($P > 0,05$), pero que al compararse con las especies *Brachiaria decumbens*, *C. nlemfuensis*, *P. purpureum*, *T. diversifolia* si fueron diferentes ($P \leq 0,05$) (**Tabla 2**), caso contrario a lo mencionado por Báez (2018), quien reporto una materia seca menor del 30,98 % para *G. ulmifolia* frente a la especie gramínea de pasto estrella *Cynodon plectostachyus* con un 70,7% MS con una alta diferencia a la encontrada en este estudio para *Cynodon nlemfuensis* del 31,02%. Asimismo, Maldonado et al. (2018) reportaron una materia seca del 24,8% para esta especie, atribuyendo dicha variación posiblemente al estado fenológico del recurso en el momento de colecta, condiciones ambientales, época en la que se cosecho, y tipo de suelo, de igual forma al relacionar ese contenido de MS en esos forrajes y su contenido de proteína total, tuvieron una relación inversa, es decir, a medida que aumento el contenido de MS disminuyo el contenido de proteína reportando para la especie de *G. ulmifolia* y *Cynodon plectostachyus* una proteína total del 18,35% y 7,59% respectivamente, siendo mayor a la reportada en este estudio para *Guazuma ulmifolia* (12,94%) pero menor a la *Cynodon nlemfuensis* (11,7%) (**Figura 2**).

Resultados similares fueron obtenidos por Reyes et al. (2009), quienes evaluaron la producción de MS y concentración de PB en 21 genotipos de pasto *Brachiaria*, reportando una proteína media de 12,9% para *B. decumbens* siendo mayor a la reportada en este estudio (8,4%) quienes concluyeron que, a mayor producción de materia seca, había disminución en la proporción de proteína debido al decremento de la proporción de hojas en la biomasa aérea total de la planta.

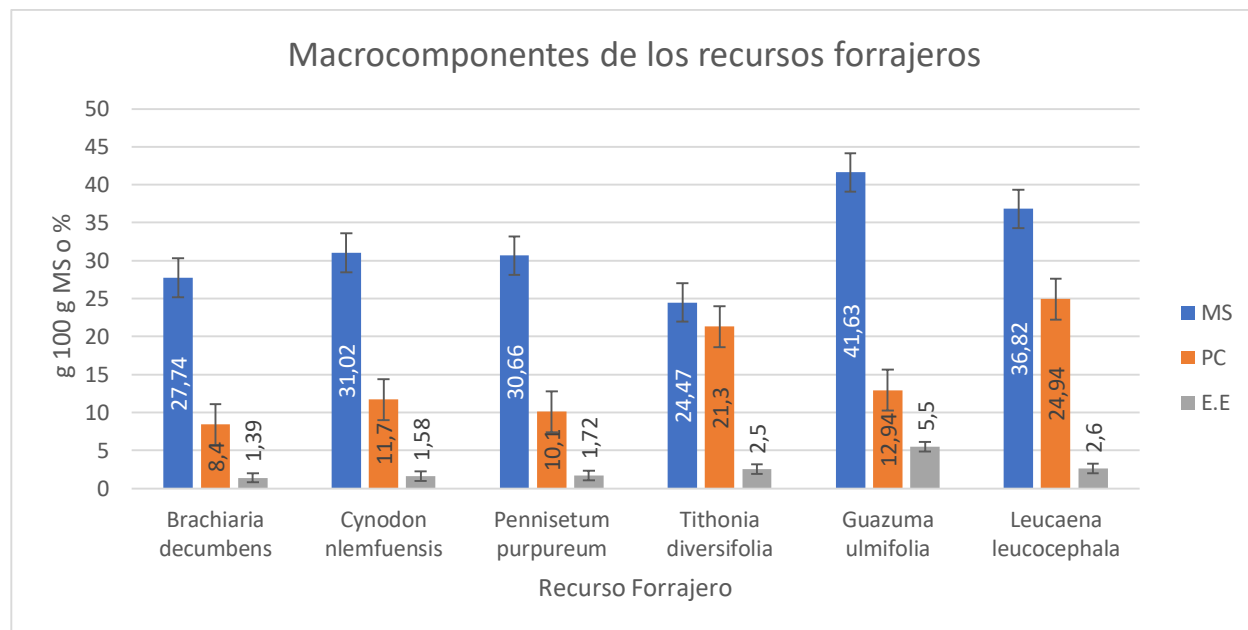
De igual forma, Rodríguez y Roncallo (2013) evaluaron la producción de forraje y su respuesta en cabras en crecimiento en arreglos silvopastoriles que se basaron en *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala* y *Crescentia cujete*, así, determinaron y resaltaron la alta producción de materia seca del

Guácimo especialmente a las 16 semanas después del rebrote (1.311,6 Kg MS/ha), seguido de la Leucaena (1,135,5 Kg MS/ha) con contenido de PC de 14,9% y 20,1%, FDN de 41,6% y 36,2% respectivamente, valores con una alta diferencia a los encontradas en este estudio, donde en FDN la media para estas especies fue de 42,72% y 52,5 % respectivamente, así se concluyó que la asociación de estas dos especie permitió el crecimiento de las cabras y mayor presentación del celo, donde se evidencio de igual manera que el %FDN del forraje se aumentó en relación al incremento de la edad del rebrote.

Según lo menciona Carmona (2007), donde a nivel de campo la especie y la madurez del forraje (o edad de aprovechamiento) afecta la concentración de FDN y por consiguiente su digestibilidad. Con base a esto, en la nivel general (**Tabla 2**) se encuentra que la digestibilidad de la MS de los recursos forrajeros analizados fue diferente ($P \leq 0.05$), donde la *L.leucocephala* y *T diversifolia* no fueron diferentes ($P > 0.05$) y presentaron los mayores niveles de digestibilidad 72,75% y 69,99% respectivamente; de igual manera no hubo diferencia ($P > 0.05$) entre las tres (3) especies gramíneas 54,14%, 56,51% y 56,19%; para *B. decumbens*, *C. nlemfuensis* y *P. purpureum* (**Figura 2**), las cuales si fueron diferentes en comparación a las arbustivas y leguminosas, tal como lo plantea Carmona (2007), donde los cambios en la digestibilidad asociados a la madurez del mismo, es de mayor impacto en la amplia gama de gramíneas que en las leguminosas y/o arbustivas forrajeras, lo que a nivel ruminal se va a ver reflejado en que, a mayor digestibilidad, el tiempo de retención en el rumen del recurso forrajero va a ser menor, por ende, no se va a limitar el consumo voluntario al haber un rápido tránsito por el tracto digestivo.

Figura 2

Macrocomponentes de los Recursos Forrajeros



Nota: MS= Materia seca, PC=Proteína cruda, E.E = Extracto etéreo, Fuente: Autor, (2020)

Respecto al extracto etéreo (E.E) se observó (**Tabla 2**) que los forrajes fueron diferentes entre ellos ($P < 0.05$) donde *G. ulmifolia* tuvo una mayor concentración (5,5 g), seguido de *L. leucocephala* (2,6 g), *T. diversifolia* (2,5 g), *P. purpureum* (1,72 g), *C. nlemfuensis* (1,58 g) y *Brachiaria decumbens* (1,39 g) expresados en g por cada 100 g MS cuyo valor puede ser interpretado en % también (**Figura 2**). De esta forma, los valores hallados fueron mayores a los reportados por Maldonado et al. (2018), quienes reportaron para *Guazuma ulmifolia* y *Cynodon nlemfuensis* presentes en SSP, un E.E de 4,6% y 4,5% respectivamente, dicha variación en comparación a los valores acá reportados puede deberse a que dicho análisis se realizó en plantas jóvenes de guácimo con hojas y tallos, mientras que en el presente estudio solo se tuvo en cuenta las hojas, y los árboles ya se encontraban en un estado maduro, lo cual es diferente a lo reportado Fernández et al. (2017), quienes en un SSP intensivo valoraron nutricionalmente las especie Leucaena y estrella, encontrando un 1,7% y 1,15% de E.E respectivamente.

Para la especie *Tithonia diversifolia*, Wambui et al. (2006) citado por Mejía et al. (2017), reportan que el E.E en un SSP usada en ramoneo directo, los datos varían entre 1,9 a 5,2% encontrando dentro del rango el dato obtenido en este estudio. Para *Pennisetum purpureum* el E.E se obtuvo en una proporción de 1,72 % mayor a Guaicha et al. (2017), quienes reportan 1,42%. Por su parte para *Brachiaria decumbens* Quezada (2018), reporta un E.E con valor de 1,75%, pasto usado para la alimentación de vacas charoláis mestizas, siendo mayor al aquí reportado. Estos valores pudieron ser alterados en medida al aumento en proporción de otros componentes como la FDN cuyos valores no son alterados en la lignina o las cenizas del forraje, presentándose este tipo de situación principalmente en gramíneas tropicales (Correa, 2006 citado por Ordaz et al., 2018), para este caso se podría atribuir un balance óptimo debido al impacto positivo de la *Leucaena leucocephala* en la fijación de nitrógeno a nivel del suelo, ayudando a promover la calidad nutricional de las especies asociadas.

Fraccionamiento de carbohidratos y fibra de los recursos forrajeros

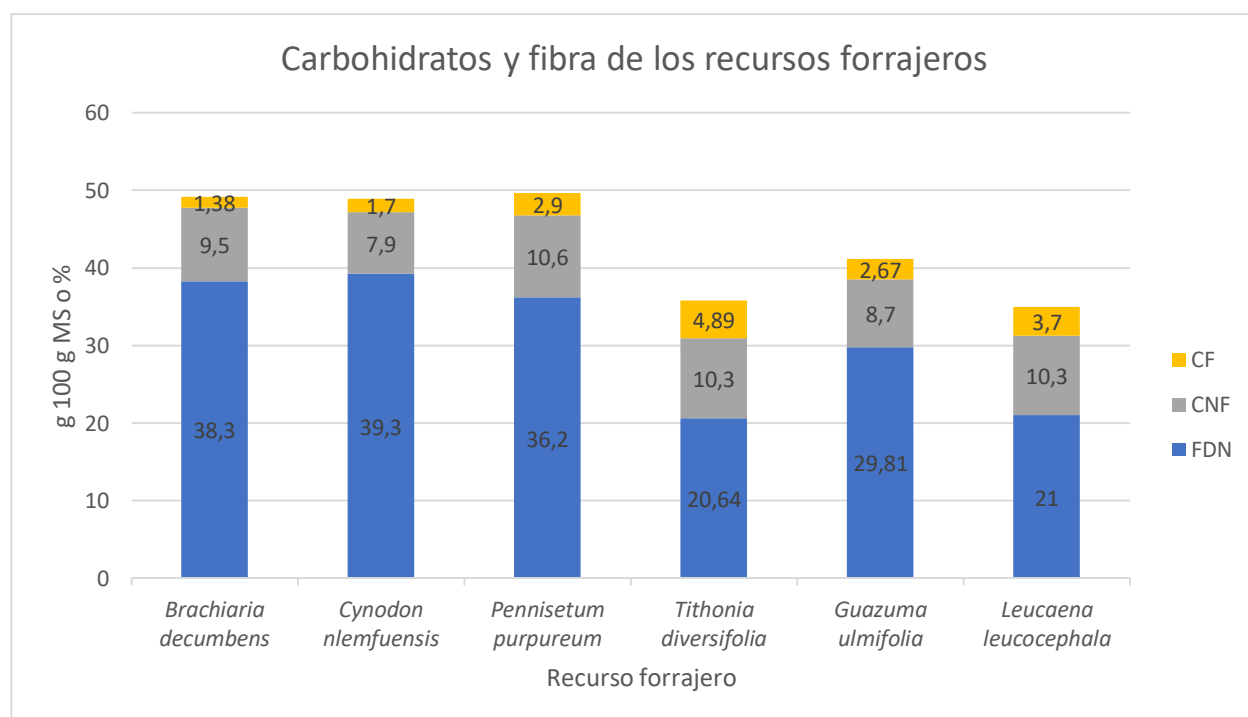
No fue observada diferencia ($P > 0.05$) en la concentración de CNF entre los distintos recursos forrajeros (**Tabla 2**), lo que indica que dicha variable estuvo en valores constantes en los 6 recursos forrajeros. La media más alta fue *Pennisetum purpureum* (10,6 g 100 g MS) es decir 10,6% y la media menor la obtuvo la gramínea, *Cynodon nlemfuensis* (7,9 g 100 g MS) (**Figura 3**), siendo una proporción estable teniendo en cuenta que estos disminuyen al aumentar la edad del forraje y respecto a la especie forrajera. Estos carbohidratos son representados principalmente por almidón y azúcares solubles, importantes nutrientes de reserva tal.

Chacón y Gonzales (1998) citado por Rincón et al. (2008), describen que los CNF actúan como los principales mecanismos en la activación del rebrote, su persistencia y mantenimiento en la producción de biomasa forrajera, y aunque en este estudio se estandarizó un corte para las gramíneas a 10 cm de altura, este puede ser un factor a tener en cuenta, pues pudo haber sido lo que determinó la composición de CNF en estas especies.

A nivel general la concentración de CNF, se podría interpretar como ideal debido al tipo de sistema en que se encuentran los recursos forrajeros, representando mayores niveles de reserva que serán usadas para que la planta se mantenga, conservando y desarrollando sus funciones vitales para la producción de biomasa aérea y subterránea para sobrellevar periodos de estrés (sequia); lo que se traduce en menor tiempo de recuperación para los forrajes después de ser consumidos por el animal (López, 1998; Lucas, 2003 citados por Rincón et al., 2008).

Figura 3

Fraccionamiento de Carbohidratos y Fibra Detergente de los Recursos Forrajeros de la Finca el Hato



Nota. FDN=Fibra detergente neutra, CNF=Carbohidratos no fibrosos, CF= Carbohidratos fibrosos.

Fuente: Autor, (2020)

En cuanto a la proporción de carbohidratos fibrosos se presentó diferencia ($P \leq 0.05$) entre los recursos forrajeros (**Tabla 2**) reportándose proporciones de 1,38%; 1,70%; 2,90%; 4,89%; 2,67% y 3,7% para *B. decumbens*, *C. nlemfuensis*, *P. purpureum*, *T. diversifolia*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala*

respectivamente. Analizándose que la *T. diversifolia* y la *L. leucocephala* no presentaron diferencia, sin embargo, fueron observadas diferencias en relación con las especies gramíneas, quienes presentaron menor contenido de carbohidratos fibrosos (celulosa, hemicelulosa y lignina).

En la **Tabla 2**, se puede observar diferencia ($P \leq 0.05$) en la concentración de lignina entre los 6 recursos forrajeros. Donde en *G. ulmifolia* (6,1 g), *L. leucocephala* (5,0 g), *Tithonia diversifolia* (5,0 g), siendo mayor en las especies *Brachiaria decumbens* (8,9 g), *Cynodon nlemfuensis* (8,4 g) y *Pennisetum purpureum* (8,4 g), reportados por Kg MS (**Figura 4**).

Estos valores, son diferentes a los reportados por Maldonado et al. (2018), quienes evaluaron el comportamiento productivo de ovinos peli buey en pastoreo suplementados con follaje de *Guazuma ulmifolia* Lam y trabajando el pastoreo con la especie *Cynodon nlemfuensis*, reportan en las propiedades bromatológicas de estas especies una lignina de (13,3%) y de (5,1%) respectivamente, donde se observó una buena respuesta productiva por parte de los animales al incluir este tipo de recursos en la alimentación. De la misma forma, resultados diferentes fueron reportados por Palladino et al. (2006), quienes observaron que las leguminosas poseen un mayor contenido de lignina que las gramíneas.

En otro estudio, Ordaz et al. (2018), determinaron la composición química del pasto Kinggrass (*Pennisetum purpureum*) en diferentes intervalos de corte; donde el contenido de lignina de tallo y hojas aumento a partir de los 90 días en intervalos de 5,3 a 6,5% siendo mayor al reportado en este estudio para esta especie a pesar de presentar una edad menor. Caso contrario a lo reportado por Cartago (2008) citado por Chacón y Vargas (2009), quienes a una edad de cosecha de 60 días reportaron una lignina de 12,15%.

Por otro lado, Ramírez et al. (2009), reportaron para *Brachiaria decumbens* a una edad de 105 días una lignina de 7,5% en época de lluvia.

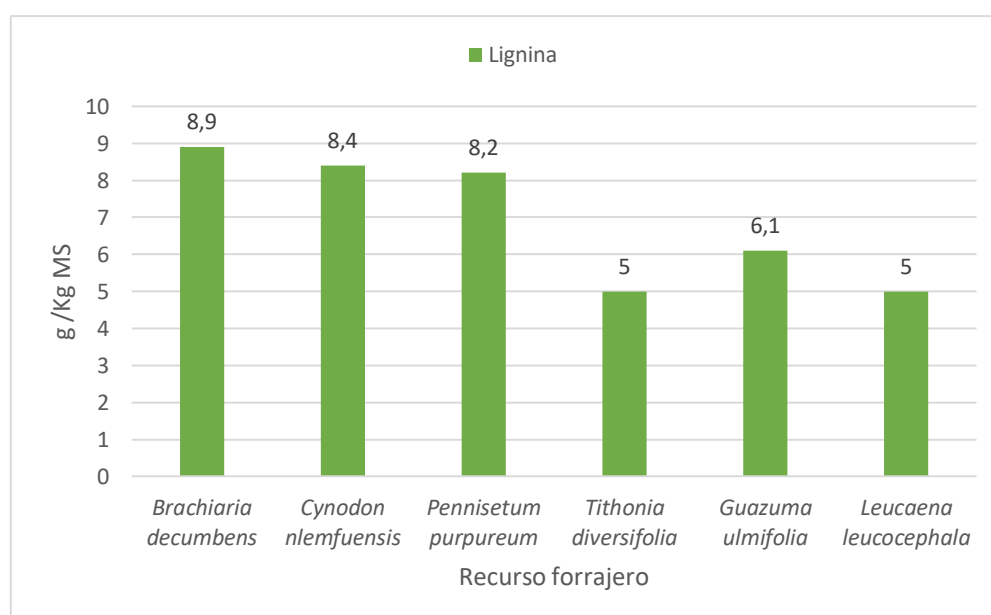
Martínez et al. (2016), evaluaron la composición nutricional de Leucaena asociada con pasto estrella en SSP intensivo, reportando una lignina de 6,84% a una edad de 63 días y determinando que en

las hojas jóvenes de las especies asociadas a mayor edad iniciaron los procesos de lignificación que redujeron la calidad de estas.

En otro estudio realizado por Heuzé et al. (2015) citado por Mejía et al. (2017), reportaron concentración de lignina de 9,2% para *Leucaena* usada en SSP para ramoneo directo. Para nuestro estudio se puede deducir que el contenido y proporción de CNF, CF y lignina estuvo influenciado posiblemente por la edad de las especies como factor común, sin embargo, esta variable no fue evaluada en nuestro estudio. Otro factor puede ser, la parte de la planta en la que se realizó el muestreo, teniendo en cuenta que fisiológicamente en las gramíneas, la lignina está localizada en todos los tejidos de la planta a excepción del floema; mientras que en las leguminosas se encuentra en el xilema solamente, lo que lo hace que el resto de tejidos sean más digestibles y este en menor proporción (Dean, 2015), siendo importante ya que en el muestreo y análisis del presente estudio la composición química de las gramíneas se analizó, tallo y hojas lo que pudo influir en estos parámetros mientras en las especies arbóreas y arbustivas solo se analizaron las hojas.

Figura 4

Concentración de Lignina de los Recursos Forrajeros de la finca el Hato



Minerales

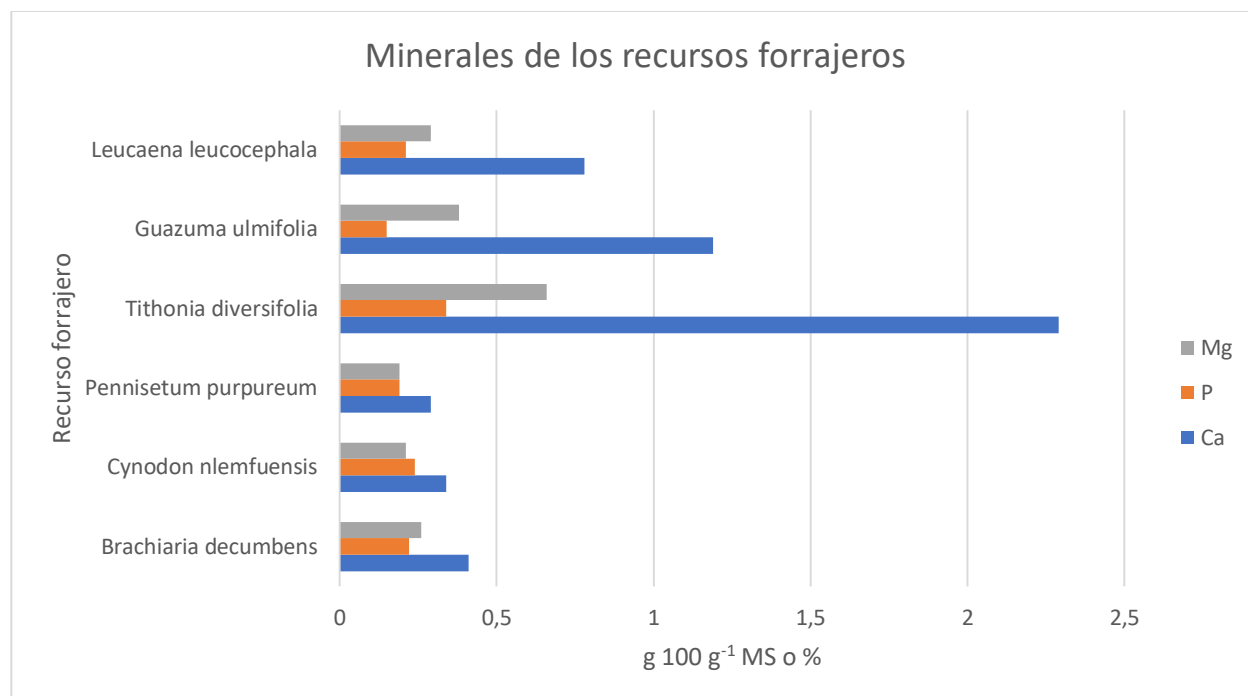
La concentración mineral de los recursos forrajeros fue diferente ($P < 0.05$), siendo la *T. diversifolia* la especie con mayor concentración de Calcio (Ca), Fosforo (P) y Magnesio (Mg) (**Figura 5**). Hallando similitudes y diferencias a lo reportado por Astúa et al. (2020), quienes reportaron para *Tithonia diversifolia* a una edad de 60 días sin fertilización nitrogenada una concentración de 2,3 g por 100 g MS, siendo igual a los reportados en este estudio. Sin embargo, la concentración de fosforo y magnesio fueron diferentes, obteniendo valores de 0,28 y 0,79 g 100 g MS, para fósforo y magnesio, respetivamente. Además, en dicho estudio se observó que las concentraciones de calcio aumentaron su concentración a mayor edad, lo que se entendería como normal debido a que este mineral tiene acción a nivel de pared celular, por eso su alta correlación (Taiz et al., 2015 citado por Astúa et al., 2020).

La concentración mineral de las especies gramíneas no fue diferente entre ellas ($P > 0.05$) (Tabla 2), con poca variación entre estas (**Figura 5**). Fernández (2017), evaluó la composición nutricional para Leucaena (*Leucaena leucocephala*) y pasto estrella (*Cynodon sp*) y reportó contenido de calcio y fósforo de 0,91 %, 0,22 % y 0,33 %, 0,34 %, respectivamente a los 43 días de edad bajo un SSP intensivo. Adicionalmente, Ramírez et al. (2009), reportan valores para *Brachiaria decumbens* a los 60 días de 0,15% P y 0,40% Ca en época lluviosa, guardando similitud con los obtenidos en este estudio.

En general, se puede inferir que la concentración mineral de los forrajes estudiados varió en función de la edad de las muestras recolectadas, ya que minerales como el fosforo su mayor concentración es encontrada en plantas jóvenes en proceso de crecimiento, lo cual tiene efecto de disolución al producirse mayor desarrollo vegetativo. Así mismo, las concentraciones de calcio aumentaran en función de este por ser componente activo de la pared celular de los forrajes. Además, es importante tener en cuenta las relaciones de sinergismo y antagonismo que pueden estar presentándose entre minerales, la cuales que no se evaluaron en este estudio (Astúa et al., 2020; Ramírez et al., 2009).

Figura 5

Composición Mineral de los Recursos Forrajeros de la Finca el Hato



Nota: Fuente: Autor, (2020)

Valor energético de los forrajes

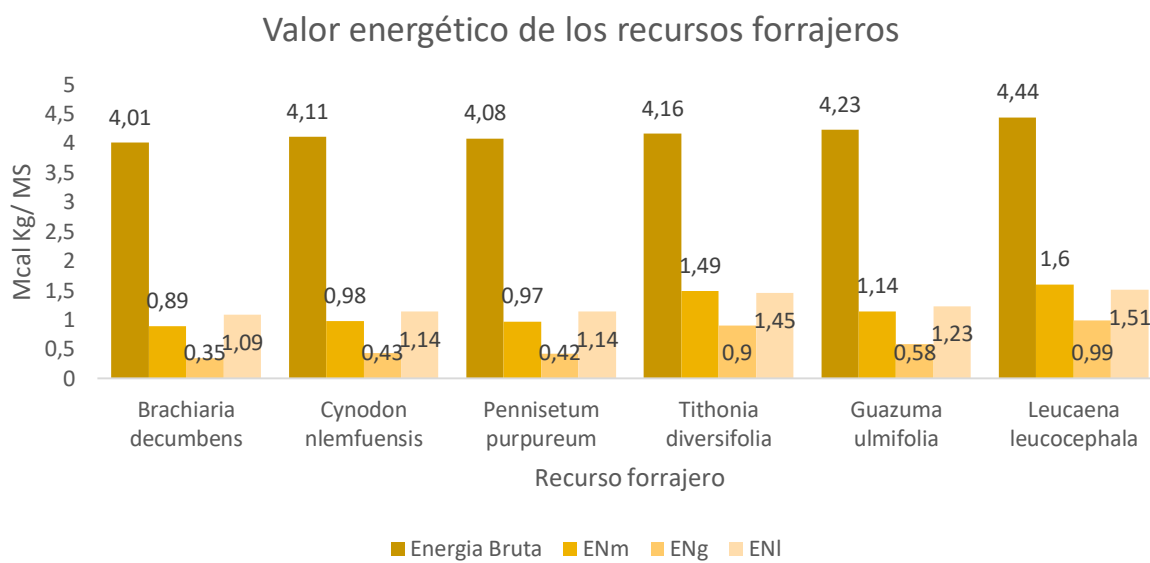
En la **Tabla 2** se observa que la concentración de Energía Bruta (EB), Energía Neta para Mantenimiento (ENm), Ganancia de peso (ENG) y Lactancia (ENI) fueron diferentes ($P < 0.05$) entre los recursos forrajeros. La especie que presentó mayor valor energético fue la leguminosa *Leucaena leucocephala*, (EB:4,44; ENm 1,6; ENG 0,99 y ENI 1,51 Mcal/Kg MS), seguido de *G. ulmifolia* y *T. diversifolia*, *P. purpureum*, *C. nlemfuensis* y *B. decumbens* (**Figura 6**). Estos resultados evidencian la diferencia en el valor energético por clasificación taxonómica entre gramíneas, leguminosas y arbóreas; siendo las gramíneas las especie con menor valor energético (**Figura 6**).

Los valores obtenidos en este estudio son diferentes a los de Campeche et al. (2011), quienes para la especie *Leucaena* registraron una energía bruta de 3,3 Mcal/ Kg MS. En contraste, son inferiores a los reportados por Fernández (2017), quien reporta para esta especie manejada en SSP intensivo una

energía bruta de 4,2 Mcal/ Kg MS, guardando mayor grado de similitud a la hallada en este estudio por el tipo de sistema en que está siendo manejada.

Figura 6

Valor energético de los recursos forrajeros de la finca El Hato, Salazar de las Palmas



Nota. Fuente: Autor, (2020)

Para la especie *Tithonia diversifolia* se obtuvieron valores de EB de 4,16 Mcal/Kg MS, similar a la reportada por Ortiz et al. (2014), donde se obtuvieron 4,2 Mcal/ Kg MS para esta especie.

Valles et al. (2016), encontraron un valor energético bruto a cuatro edades de corte para *Brachiaria decumbens* de 3,8 Mcal/Kg MS y para *Pennisetum purpureum* 3,6 Mcal/Kg MS, siendo inferiores a los de este estudio.

De igual forma, para *Cynodon nlemfuensis*, se obtuvo un valor de EB de 4,08 Mcal/kg MS teniendo similitud a lo reportado por Fernández (2017), para esta especie (EB de 4,1 Mcal/Kg MS) manejada bajo SSP intensivo.

Así, se analiza que la ENm disponible para el animal en relación con la energía bruta o total de los recursos forrajeras es, en las especies gramíneas de 23%, para la leguminosa 36%, arbustiva 35% y 27%

arbórea. La ENg disponible, la relación fue 9,82% para gramíneas, 22% para leguminosa, 21% para arbustiva y 13% arbórea. Para ENI, la relación fue de 27% para gramíneas, 34% para leguminosa, 29% para arbórea y 34% en arbustiva.

De igual manera, se pudo interpretar que a medida que las concentraciones de lignina aumentaron en la composición de los forrajes, especialmente en las gramíneas se vio afectado su valor energético, tal y como lo reporta Salazar (2007) citado por Arce (2016), quien menciona que la lignina es un componente importante en la disponibilidad energética y en la digestibilidad de la fibra, pues al aumentar su contenido en el forraje, disminuye la degradación de celulosa y hemicelulosa principalmente, por ende la energía disponible será menor para el animal.

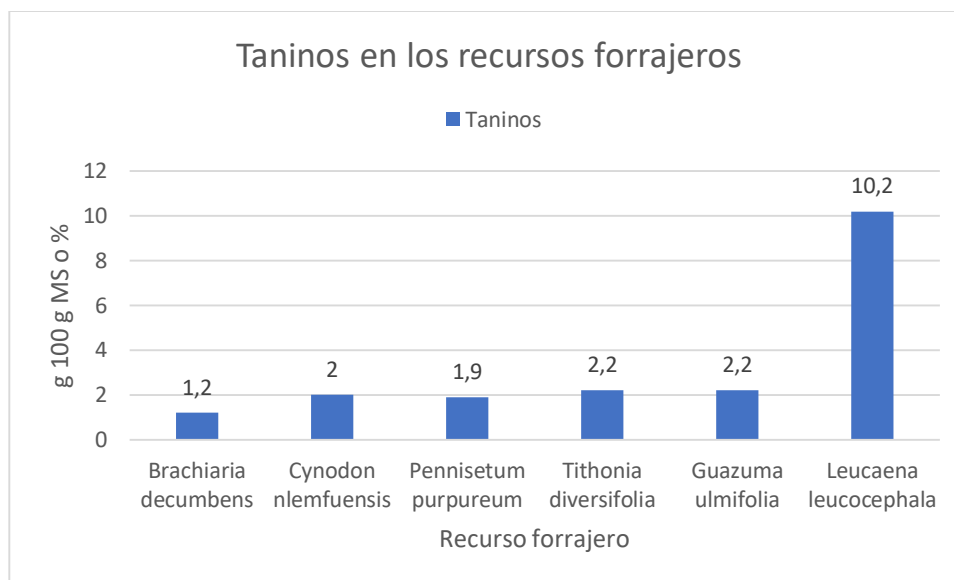
Metabolitos secundarios (Taninos)

En la **Tabla 2** se observa diferencia en la concentración de taninos en los recursos forrajeros ($P < 0.05$). Siendo la leguminosa *Leucaena leucocephala* la especie con mayor contenido de taninos con 10,2 g/100 g MS, seguida de *G. ulmifolia* y *T. diversifolia*, diferentes en comparación con las especies gramíneas las cuales tuvieron una concentración mucho menor.

Comparando el resultado de la *Leucaena* en este estudio con una investigación realizada por García et al (2008), quienes realizaron una caracterización de diez cultivares forrajeros de *Leucaena leucocephala* basándose en su composición química y degradabilidad ruminal, reportaron taninos condensados para esta especie en valores que van desde 3 a 4,9%, siendo menores al hallado en el presente estudio.

Figura 7

Concentración de taninos en los recursos forrajeros de la finca el Hato



Nota. Fuente: Autor, (2020)

Para *Tithonia diversifolia* se obtuvo una concentración de 2,2 g/100 g MS siendo mayores a los reportados por Verdecia et al. (2011) citado por Mejía et al. (2017), quienes tuvieron una concentración de 1,04 a 1,42%.

El *Guazuma ulmifolia* tuvo una concentración igual a *T. diversifolia* de 2,2 g/100 g MS mayores a Hoyos (2014), quien reporto un 0,0023% de taninos en las hojas de guácimo determinado mediante KMnO_4 0,1 N. De igual manera, en cuanto a la concentración de taninos presentes en las demás especies forrajeras estudiadas su literatura y su reporte es bastante escasa, así mismo, es importante resaltar que los taninos se pueden clasificar en hidrolizables y condensados, para el presente estudio se evaluaron en los condensados, en equivalencia con la presencia de Catequina por Kg/MS (Vélez et al., 2014), por consiguiente, la concentración encontrada de taninos no se podría definir como buena o mala, pues la presencia de estos compuestos interviene directamente en la digestibilidad, tasa de pasaje, nivel de consumo, disponibilidad energético-proteico y el peso corporal del animal, si se da en niveles superiores al 2% de la MS (Makkar et al., 2007; Newell-McGloughlin, 2008 citados por Herrera et al., 2017).

Por otro lado, se ha estudiado la importancia de su inclusión en dietas asociativas entre leguminosas y gramíneas con el fin de disminuir la emisión y producción de gas metano en el tracto gastrointestinal de bovinos (Sallamab et al. 2010). Como Angarita et al, (2015), quienes realizaron un análisis cuantitativo de las poblaciones microbianas ruminales por PCR en vacas alimentadas con *L. leucocephala* en el bosque seco tropical de Colombia donde se observó la influencia de los taninos condensados sobre la disminución de la población metanogénicas de los bovinos y por ende la emisión de gases entéricos como CH₄. n de bacterias metanogénicas.

Disponibilidad de Kg de MS y FV de los Recursos Forrajeros

A continuación, se presentan la disponibilidad en Kilogramos (Kg) de MS y Forraje verde (FV) de los diferentes recursos forrajeros presentes en el SSP, calculados mediante técnicas de doble muestreo y método estratificado (Tabla 3).

Tabla 3

Disponibilidad de Kg FV y MS de las especies de estrato bajo presentes en la finca El Hato

Especie forrajera	P.R	Cuadro 1		Cuadro 2		Cuadro 3		F. Vi (a)	Pesaje puntos destructivos g/m ² (b)	Frecuencia *pesaje (a*b)	Kg FV/m ² ($\sum a*b$)/ $\sum a$ /1000	Kg MS/ha
		P.F g/0.25 m ²	A.P cm	P.F g/0.25 m ²	A.P cm	P.F g/0.25 m ²	A.P cm					
<i>Brachiaria decumbens</i>	P1	345	69	225	64	280	71	9	1133	10200	2,1	5825,4
	P2	290	89	485	85	445	75	9	1627	14640		
	P3	485	123	560	121	555	113	7	2133	14933		
	P4	580	114	450	137	730	124	6	2347	14080		
	P5	585	100	1410	189,5	780	154	9	3700	33300		
						\sum	40		10940	87153,33		
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	P1	125	20	75	21	145	19	6	460	2760	1,1	3412,2
	P2	170	25	180	35	148	31	10	664	6640		
	P3	230	39	330	42	280	47	6	1120	6720		
	P4	335	57	350	65	300	57	8	1313	10507		
	P5	455	70	560	62	470	59	10	1980	19800		
						\sum	40		5537,33	46426,67		

Nota. P. R=Clasificación punto de referencia; P. F= Peso del forraje; A. P= Altura de la planta; F.

Vi=Frecuencias Visuales (número de veces que se observó el punto de referencia en la pradera); Pesaje

puntos destructivos= \sum de los pesos del forraje de cada cuadro en cada punto de referencia. (Fuente:

AlimenTro, 2020 adaptado por Autor, 2020).

En cuanto a la disponibilidad de MS/ha en el SPP para la especie *Brachiaria decumbens*, se obtuvo una disponibilidad de 2,1 Kg FV/m² para un total de 5.825,4 Kg/MS/ha. Estos resultados son similares a los reportado por Reategui et al. (2019) al evaluar la disponibilidad de MS/ha bajo dos presiones de pastoreo, reportando 6.000 Kg MS bajo una presión alta de pastoreo, donde observo mayor disponibilidad de forraje al incrementar la relación hoja tallo.

Para *Cynodon nlemfuensis* la producción fue de 3.412,2 Kg MS/ha menor a Villalobos (2013), quien reporta 4.484 kg MS/ha a pesar de esta tener solo una edad de rebrote de 25, encontrando que la diferencia radica en el uso de fertilización NPK, práctica que no se realizó en este estudio. Además, es diferente a Salazar (2007), quien reporto 4.642 kg MS/ha para pasto estrella entre 26 y 30 días de rebrote.

En nuestro estudio se logró observar que hubo alta producción de masa forrajera para *Brachiaria decumbens*, teniendo en cuenta las altas precipitaciones presentes en la zona al momento en que se realizó el muestreo, tal y como mencionan Paz et al. (2018), quienes preconizan la relación existente entre la precipitación, producción de biomasa e índices espectrales de la vegetación, concluyendo que la precipitación es uno de los factores principales en la producción de biomasa en pastizales tropicales.

En contraste, este comportamiento no se evidenció para *Cynodon nlemfuensis* quien tuvo una menor producción a la reportada por los autores, analizando que el exceso de humedad (precipitación) pudo afectar su producción debido a su baja tolerancia a las condiciones de anegación (Cook et al., 2005; Mislevy 2002 citado por Villalobos, 2013).

Tabla 4

Disponibilidad de Kg FV y MS para la especie *Pennisetum purpureum* por el método de estratificado.

Especie forrajera	P. Ref	Cuadro 1		Cuadro 2		Cuadro 3		Peso \bar{X} Kg/m ²	Kg FV/ha*	Kg MS /ha
		P.F Kg/m ²	A.P cm	P.F Kg/m ²	A.P cm	P.F Kg/m ²	A.P cm			
<i>Pennisetum purpureum</i>	Punto bajo	1,73	120	2,6	137	3,2	135	2,51	50911	15609
	Punto medio	5,4	180	4,8	175	4,5	165	4,90		
	Punto alto	8,39	250	7,4	245	7,8	248	7,86		
							\bar{X}	5,09		

Nota: P. Ref =Clasificación punto de referencia, P. F= Peso del forraje, A. P= Altura de la planta, Kg FV/ha= Kilogramos de forraje verde por hectárea, Kg MS/ha= Kilogramos de materia seca por hectárea

Fuente: (Autor, 2020).

La disponibilidad de MS para *Pennisetum purpureum* fue calculada en 15.609 Kg MS/ha en base a la caracterización estratificada que se realizó en nueve (9) puntos diferentes. Estos valores son inferiores a los reportados por Vivas et al. (2019), quienes obtuvieron una producción para época lluviosa de 21.700 Kg MS/ha a una edad de 70 días.

Así mismo, Álvarez et al. (2013), reportaron un rendimiento promedio en MS de clones de *Pennisetum purpureum* en periodo lluvioso de 26.000 Kg/ha. Estos valores son mayores a los hallados en este estudio, debido a la heterogeneidad presente en los estratos muestreados, ya que el forraje no se encontraba a una misma edad de rebrote, por ende, la relación hoja-tallo no es homogénea (Paz et al., 2018). Teniendo en cuenta que el comportamiento productivo para esta especie está altamente relacionado y determinado en la época lluviosa donde las temperaturas disminuyen, la humedad del suelo aumenta y las horas luz son menores, representando posiblemente un exceso hídrico que puede producir asfixia o pudrición de las raíces, lo que se refleja en la disminución del crecimiento o muerte del forraje (Rodríguez et al., 2011 citado por Álvarez et al., 2013).

Tabla 5

Disponibilidad de Kg FV y MS de especie *Tithonia diversifolia*, *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala*

Especie forrajera	n	Arbusto 1		Arbusto 2		Arbusto 3		Arbusto 4		Arbusto 5		Peso \bar{X} (g)	Altura \bar{X} (cm)	Kg FV disp.	Kg MS disp.
		P.F	A.P	P.F	A.P	P.F	A.P	P.F	A.P	P.F	A.P				
		g	Cm	G	cm	g	cm	g	cm	g	cm				
<i>Tithonia d.</i>	2400	1290	250	1680	254	1780	300	1520	260	1430	180	1540	248,8	3696	904,4
<i>Guazuma ulmifolia</i>	40	165	200	470	270	530	800	530	600	390	270	417	428	16,7	6,95
<i>Leucaena</i>	187	665	350	690	300	725	320	890	450	735	430	741	370	138,6	51,03
TOTAL													3851	962,38	

Nota. Kg FV disponibles= (Peso \bar{X} especie*n individuos).

La disponibilidad de MS para las especies *Tithonia diversifolia* fue 904,4 Kg MS, *Guazuma ulmifolia* de 6,95 Kg MS y *Leucaena leucocephala* de 51,03 Kg MS, teniendo en cuenta que para *T. diversifolia* y *L. leucocephala* está disponibilidad no se calculó por hectárea, sino con el número de individuos presentes en total en el banco forrajero en base a su distancia de siembra, contabilizando 2.400 arbustos y 187 árboles respectivamente. Para el caso de *Guazuma ulmifolia* se hizo conteo del total de árboles presentes en el potrero “el tesoro”.

Así, los valores obtenidos en este estudio fueron diferentes a Lazo et al. (2015), quienes a una edad de 60 días reportaron para *Tithonia diversifolia* en época lluviosa una producción de 2.640 Kg MS ha/corte. También fueron diferentes a los reportados por Castillo et al. (2016), quienes evaluaron la producción de Kg MS/ha en distancia de siembra de 1 x 1 obteniendo una producción de 3.380 Kg/ha/corte. Analizado nuestro estudio, se puede inferir que, si se aumenta la extensión, así como la cantidad de arbustos para completar la hectárea, se esperaría que la producción de MS fuera incluso mayor a la reportada por estos autores.

Para *Guazuma ulmifolia*, Navas et al. (2017), reportan para una densidad de 10.000 plantas/ ha una producción en época de lluvia de 800 Kg MS/ha con corte a los 45 días, es decir, por planta se producen 0,08 Kg MS, inferior a Manríquez et al. (2011), quienes con corte a las 16 semanas en árboles dispersos en potrero reportan una producción de 1,7 Kg MS/árbol, es decir, la media encontrada para nuestro estudio es muy baja. Esta variación se debe posiblemente, a que el proceso de recolección dicha defoliación fue parcial, debido a la altura de estos árboles los cuales se encuentran en una etapa adulta, por tal motivo, solo se hizo defoliación del forraje accesible para el consumo de los bovinos al momento del pastoreo.

Para *Leucaena leucocephala* la disponibilidad de MS fue menor a la hallada por Román et al, (2016) quienes para una densidad de 40.000 plantas/ha en SSP intensivo obtuvieron una disponibilidad de 2.200 Kg/MS/ha en época lluviosa, es decir, que por planta se produjeron 0,55 kg MS, mayor a la media de 0,27 Kg MS obtenidos en este estudio para esta especie.

Igualmente, Hernández et al. (2020), obtuvieron una disponibilidad de 190 kg MS/ha en un establecimiento de 5.000 plantas/ha de esta especie en un SSP intensivo con 50 días de descanso, lo que se puede traducir en una producción de 0,038 Kg de MS por planta, menor a la que acá se reporta a causa del factor edad de aprovechamiento y estado fenológico de la especie.

Modelo de simulación para el cálculo de la densidad de los recursos forrajeros en un sistema silvopastoril.

A continuación, se puede observar los datos de caracterización del lote de vacas de la finca el Hato (Tabla 6).

Tabla 6

Caracterización de las Vacas en Producción de la Finca el Hato, Salazar de las Palmas

Caracterización de las vacas en producción finca el Hato	
Animales en producción	30
Peso promedio (Kg)	490
Producción leche media día/ lote	260
Producción leche media/ vaca/ día	8,6
Edad promedio del hato (meses)	72 meses
Semana de lactancia promedio	16,7 semanas
Días de lactancia promedio	116 días (2 tercio)
# Partos promedio	3
Cruces presentes	Holstein, Gyr, Lucerna, Brahmán, Sahiwal, Pardo Suizo

Composición fisicoquímica de la leche

En la **Tabla 7**, se puede observar la composición fisicoquímica de la leche de las vacas en relación a la densidad y crioscopia se encuentran dentro de los valores estándares (Zambrano, 2017), así como las pruebas de agua, adulterantes y alcohol son negativas.

Tabla 7

Composición fisicoquímica de la leche de la Finca el Hato, Salazar de las Palmas

Resultados de pruebas fisicoquímicas de la leche										
Acidez %Ácido Láctico	Grasa (%)	Densidad	Proteína (%)	SNG (%)	ST (%)	Agua (%)	Peróxido (%)	CRIO	ADU	ALC
0.135	3.6	1,0304	3.1	8.46	12.06	0	0	-0,538	Neg	Neg

Nota: SNG= Sólidos no grasos, ST= Sólidos Totales, CRIO=Crioscopia, ADU= Adulterantes, ALC=Alcohol,

Fuente: Pasteurizadora la Mejor, (2020). Adaptado: Autor, (2020)

Respecto a la composición química de la leche, no se evaluaron sus cambios teniendo en cuenta factores nutricionales basados en el consumo de un forraje en específico, sino en la evaluación de una muestra general en virtud a la asociación de los recursos forrajeros presentes a nivel del SSP.

Basándonos en literatura consultada sobre el efecto de SSP sobre el aumento en la calidad y cantidad de leche Barragán et al. (2016), evaluaron el efecto de los SSP en la producción y composición de la leche bajo condiciones del valle medio del río Sinú, bajo tres arreglos silvopastoriles con *Leucaena leucocephala*, *Cynodon nlemfuensis*, *Guazuma ulmifolia*, *Cassia grandis*, *Panicum máximum* y *Crescentia cujete*, determinando que no hubo efectos sobre la calidad composicional de la leche, donde dicha asociación si permitió el aumento en la producción de leche por unidad de superficie y la mejora en la calidad nutricional de la especie gramínea manejada, debido a la mejor fijación y ciclaje de nutrientes que le ofrece el componente arbóreo. Asimismo, reporta valores de proteína de 3,91%; grasa 4,11% y sólidos no grasos de 9,67% siendo mayores a los de este estudio, además, reporta una producción promedio de 3,67 litros promedio vaca/día cuya la cual fue influenciada principalmente por el componente arbustivo. Estos valores de producción son inferiores a los reportados en este estudio (8,6 litros vaca/día).

Analizando que la composición de la leche, principalmente, la concentración de grasa, esta posiblemente influenciada por factores como el bajo consumo de los recursos arbóreos y arbustivos, así como por su edad de aprovechamiento, pues al aumentar su grado de madurez, la disposición y concentración de carbohidratos fibrosos y no fibrosos se verá afectada al aumentar procesos de lignificación, lo que produce que al no contar con componentes de alta calidad como celulosa, hemicelulosa, almidones y pectinas, se afecte el proceso de hidrólisis de estos polisacáridos realizado por la acción de enzimas bacterianas, lo que se traduce en el no desdoblamiento a azúcares simples como la glucosa, lo que no permitiría la formación óptima de ácido pirúvico, el cual es precursor de la

síntesis de los principales ácidos grasos volátiles (AGV) como el ácido acético, propiónico y butírico quienes además de constituir la principal fuente de energía tienen influencia sobre parámetros como las grasas estructurales de la leche.

Por otro lado, Mojica, (2017) describe que el contenido de proteína y el incremento de la producción de leche es mayor en pastos de menor edad de rebrote en estudios realizados con especies forrajeras en zonas templadas, quien indica la importancia de evaluar esta variable sobre la composición de la leche en especies forrajeras tropicales ya que a nivel de Colombia no hay suficientes estudios, donde los reportados muestran el efecto sobre la producción de leche, pero no sobre la concentración de proteína o grasa en leche de vacas doble propósito.

Finalmente, Estrada et al. (2018), reporta una composición de 3,63% Grasa, 9,35% SNG, densidad 1.031,69 g/l y proteína de 3,43% en vacas suplementadas con bajas cantidades de *Leucaena leucocephala* y *Cynodon plectostachyus* presentando una gran similitud a la composición de la leche de las vacas de la finca el Hato.

Exigencias nutricionales de las vacas en producción.

Se presentan las estimaciones de exigencias nutricionales de las vacas en producción de la finca el Hato determinadas por ecuaciones de estimación lineal propuestos por Elizondo, (2002) basándose en las disposiciones de la NRC (2001), teniendo en consideración los requerimientos de mantenimiento y producción de proteína cruda (PC), Energía Neta para la Lactancia (ENI) y el consumo de Kg de materia seca (CMS) con remanente extra del 15% en base a dicho consumo con fines prácticos que se explicaran posteriormente. **(Tabla 8).**

Tabla 8

Exigencias nutricionales (CMS, PC, ENI) para las vacas en producción Finca el Hato

Componente	Exigencia mantenimiento	Exigencia para producción de leche	Exigencia Total
PC (g/día)	358,74 (A)*	85,16 ** g/litro leche	1091,14 g/día
		732,4 (B)***	(A+B)
ENI (Mcal/día)	8,33 (C)+	0,700++	14,35 Mcal/ día
		6,02(D)++	(C+D)
Kg MS/día	12,83 Kg MS	+15% remanente	14,75 Kg MS/día

Nota: Las exigencias nutricionales se basaron en fórmulas de regresión lineal establecidos por Elizondo, (2002) basado en las tablas del NRC; * PC (g) = 152,11 + 0,4217, **PV; 43,610 + (11,543 x %Grasa); *** PC (g)/l leche x Producción litros vaca/día; +ENI (Mcal) = 2,3578 + 0,0122 PV; ++ENI (Mcal/l leche) = 0,3569 + (0,0949 x %Grasa); ++ ENI (Mcal/día) = ENI (Mcal/l leche) x Producción Litros/vaca/día; CMS(Kg/ día) = (((PC^{0,75}) * 0,0968) + (0,372 * PLCG)) * (1 - e^{(-0,192*(SL+3,67))}).

Basado en los datos de caracterización y características químicas de la leche, se estimó que las vacas de la finca El Hato tienen una exigencia nutricional para mantenimiento y producción de 1.091,14 g PC/día/ vaca, 14,35 Mcal/día de ENI y 12,38 Kg CMS que al sumarle el 15% de remanente, se necesitarían 14,75 Kg MS/vaca/día.

Balance nutricional

En la **Tabla 9**, se observa el balance nutricional teniendo como referencia las estimaciones de aporte de nutrientes de las especies forrajeras que consumen principalmente en pastoreo las vacas de la finca El Hato, donde en base al cálculo de CMS real, se obtuvo como resultado un balance negativo en PC (-55,67g/día), ENI (-0,96 Mcal/día y MS (-2,47 Kg MS/día), cuya causa principal puede estar

determinada por el consumo de MS. Pues a pesar de tener buena disponibilidad de MS en pradera, los animales no están aprovechándola, lo que limita ese consumo de nutrientes totales necesarios para satisfacer sus exigencias de manteamiento y producción.

Tabla 9

Estimación del consumo de MS y aporte de nutriente en las vacas en producción, potrero "El Tesoro"

Ítem	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Total
%MS	27,74	41,63	-
Aforo inicial Kg FV/ m ²	2,1	-	-
Aforo final Kg FV/m ²	1,1	-	-
% perdidas	30%	-	2249,73
Kg FV inicio	5249,37	16,7	5266,07
Kg FV final	3928,1	11,2	3939,3
Kg FV consumidos lote	1321,27	5,5	1326,77
Nutrientes consumidos			
Consumo Kg MS/ vaca/día	12,21	0,076	12,28
PC (g/ Kg MS)	84*	129,4	1035,47
ENI (Mcal/kg MS)	1,09	1,23	13,39
Balance de nutrientes			
	Consumo Kg MS	PC (g/ día)	ENI (Mcal/día)
Nutrientes consumidos	12,28	1035,47	13,39
Nutrientes Requeridos	14,75	1091,14	14,35
	-2,47	-55.67 g	-0,96

Nota: *Si un recurso forrajero tiene 8,4 g de PC por cada 100 g⁻¹ MS se traduce que en un kilo de MS hay 84 gramos de proteína.

Este consumo pudo ser influenciado por factores fisiológicos, físicos y psicogénicos donde sus interacciones determinan la ingesta por parte del animal. A nivel físico se tiene en cuenta la limitación

del llenado ruminal correlacionado con el nivel de FDN del alimento, donde se sugiere un valor medio del 1,2 % del peso vivo en FDN para regular el consumo por mecanismos físicos. A nivel fisiológico está determinado por las exigencias energéticas, así como de las barreras metabólicas con incidencia en la absorción de nutrientes en el animal. A nivel psicogénico se debe tener en cuenta la respuesta del animal a factores estimuladores propios del alimento como el olor, sabor, textura, tamaño de partícula, así como el estado emocional del animal. (Mertens, 1992; Mertens, 1994; Illius y Jessop, 1996 citados por Lopes et al., 2009).

Densidad óptima de recursos forrajeros

Tomando como referencia lo planteado por CATIE (1991) y Herrera et al. (2009), donde menciona que la densidad para la especie *Guazuma ulmifolia*, a nivel de trópico se ha desarrollado bajo un sistema de manejo y aprovechamiento natural en potreros para la sombra y alimentación del ganado; donde su número y distribución en un área determinada no obedece a un sistema específico (con un diseño), sino más bien es de forma irregular con el fin de evitar una alta concentración de árboles; recomendando tener pequeños bosquetes de 25 a 49 árboles dispersos en potreros, donde en promedio se manejen 37 árboles por ha.

Para la finca el Hato, en promedio para la especie *G. ulmifolia*, se están manejando 16 árboles por hectárea, es decir, en los potreros de la finca el Hato se podría aumentar la densidad de árboles por ha manejados bajo el SSP, guardando las relaciones de sinergia entre recursos forrajeros y cubrimiento de las exigencias nutricionales de los animales de la siguiente manera en orden consecutivo. (**Tabla 10**).

Tabla 10

Escenario 1. Modelo de simulación para el cálculo de la densidad de recursos forrajeros en la finca el Hato

Modelo de simulación para el cálculo de la densidad de recursos forrajeros						
Datos de entrada						
# Animales	Déficit de Kg MS/animal	% MS del recurso forrajero	Días de ocupación del potrero	Producción de M.N/ árbol o arbusto	# Árboles presentes el potrero- Especie	Factor de pérdida
30	2,47	41,63	7	0,417 Kg	16. <i>G. ulmifolia</i>	0,2
Paso	Ecuaciones y procedimiento					Resultado
1.	$\text{Kg M. N recurso forrajero} = (\text{Déficit de Kg MS} / (\% \text{ MS recurso forrajero}/100))$ $\text{Kg M. N G. ulmifolia} = (2,47 \text{ Kg MS} / (41,63\% \text{ MS}/100))$					5,93 Kg M.N
2	$\text{Densidad árboles faltantes} = (\text{Kg M.N}/\text{Producción M.N árbol}) * \# \text{ animales}$ $\text{Densidad árboles faltantes} = (5,93 \text{ Kg M.N} / 0,417 \text{ Kg M.N}/\text{árbol}) * 30 \text{ animales}$					426.6 árboles
3	$\text{D. aparente árboles} = (\# \text{ Árboles presentes} + \text{Árboles faltantes}) * \text{días ocupación}$ $\text{D. aparente árboles} = (16 \text{ árboles} + 426.6 \text{ faltantes}) * 7 \text{ días}$					3.098 árboles/ ha
4	$\text{Densidad total} = (\text{D. Aparente arboles} * \text{Factor de pérdida}) + \text{D. Aparente}$ $\text{Densidad total} = (3.098 \text{ árboles} * 0.2) + 3.098$					TOTAL 3.717 árboles/ha

Se puede observar que la cantidad necesaria de árboles de *G. ulmifolia* supera la cantidad establecida en la literatura si se quiere seguir usando como árbol disperso, por tal razón, la solución sería empezar a manejar esta especie de forma intensiva por hectárea, y aprovechar así su valor agregado para la producción de madera. De igual forma, si dicha solución no se considera viable, la alternativa consiste en la aplicación de prácticas intensivas silvícolas como la poda y control de crecimiento de los árboles presentes, para aumentar la disponibilidad de forraje verde y materia seca para esta especie.

Sin embargo, si dicho establecimiento quisiera realizarse con *L. leucocephala* como árbol leguminoso forrajero y manejarlo de forma intensiva en asociación con los árboles dispersos que se tienen de *Guazuma ulmifolia* y la *Brachiaria decumbens*. Dicha asociación es posible manejando distancias de siembra prudentes, donde en SSP intensivos se manejan distancias de 4 x 5 m con densidades de 500 árboles/ha (Murgueitio, 2016), pero para este caso, dicha densidad estará establecida de la siguiente manera, si en vez de plantar nuevos árboles de guácimo se establecen árboles de *Leucaena leucocephala*. (Tabla 11).

Tabla 11

Escenario 2. Modelo de simulación para el cálculo de la densidad de recursos forrajeros en la finca el Hato

Modelo de simulación para el cálculo de la densidad de recursos forrajeros						
Datos de entrada						
# Animales	Déficit de Kg MS/animal	% MS del recurso forrajero	Días de ocupación del potrero	Kg M.N/ árbol o arbusto	# Arboles presentes el potrero- Especie	Factor de perdida
30	2,47	36,82	7	0,741	16.G. <i>ulmifolia</i>	0,2
Paso	Ecuaciones y procedimiento					Resultado
1.	$Kg\ M.\ N\ recurso\ forrajero = (\text{Déficit de Kg MS} / (\% \text{ MS recurso forrajero}/100))$ $Kg\ M.\ N\ L.\ leucocephala = (2,47\ Kg\ MS / (36,82\ \%MS/100))$					6,70 Kg M.N
2	$Densidad\ árboles\ faltantes = (Kg\ M.N/Producción\ M.N\ árbol) * \# \text{ animales}$ $Densidad\ árboles\ faltantes = (6,70\ Kg\ M.N / 0,741\ Kg\ M.N\ árbol) * 30\ animales$					271 árboles
3	$D.\ aparente\ árboles = \# \text{ Arboles presentes} + (\text{arboles faltantes} * \text{días ocupación})$ $D.\ aparente\ árboles = 16\ árboles\ G.ulmifolia + (271\ árboles\ faltantes * 7\ días)$					1.913 árboles/ ha
4	$Densidad\ total = (D.\ Aparente\ arboles * \text{Factor de perdida}) + D.\ Aparente$ $Densidad\ total = (1.913\ árboles * 0.2) + 1.913\ árboles$					TOTAL 2.295 árboles/ha

Esto quiere decir que para suplir la exigencia de MS de las vacas en producción y tener un remanente del 15% se necesitaría 271 árboles/día de *Leucaena*, manteniendo el promedio de 16 árboles de *Guazuma ulmifolia* por hectárea, 7 días de ocupación y un factor de pérdida del 20%, guardando la misma importancia de las practicas silvícolas considerando que la falta de este manejo limita el aprovechamiento óptimo de los recursos, pues a pesar de que se tenga el recurso si la facilidad para obtener el alimento representa incomodidad o esfuerzo para el animal, según su factor de selectividad el animal preferirá consumir alimentos menos nutritivos que realizar un exceso de esfuerzo (Ackroff, 1992 citado por Tarazona et al, 2012).

Conclusiones

La composición nutricional de los recursos forrajeros de la finca El Hato manejados bajo un Sistema Silvopastoril presentan diferencias, principalmente en sus contenidos de materia seca, proteína bruta, fraccionamiento de carbohidratos, contenido de taninos y concentración mineral.

El uso de ofertas tecnológicas como NIRS y [AlimenTro](#) ofrecidos por AGROSAVIA dispuso el conocimiento de los recursos forrajeros de forma eficaz y eficiente, lo que permite la toma de decisiones así como el desarrollo oportuno del presente estudio.

El SSP produce y dispone la cantidad suficiente de recursos forrajeros para el mantenimiento y producción del componente pecuario, pero a nivel de recursos de estrato medio y alto, no se está haciendo un aprovechamiento óptimo de su totalidad por la carencia de prácticas silvícolas, lo que torna el sistema ineficiente e incapaz de cubrir las exigencias nutricionales de los animales.

En base al modelo de simulación de los recursos forrajeros, es posible aumentar la densidad de estos en base a la planificación y conocimiento de sus componentes principales.

El análisis de la calidad y cantidad de los recursos forrajeros permitió observar la diferencia entre especies gramíneas, leguminosas, arbustivas y arbóreas evaluadas en este estudio, donde dichas diferencias radicarón de factores como su clasificación taxonómica, edad, época del año y manejo.

En base a la calidad nutricional de los forrajes integrantes del SSP y su disponibilidad se puede simular la densidad de recursos arbóreos y arbustivos para un correcto balance nutricional de las vacas en producción de leche del sistema doble propósito.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones sería idóneo la evaluación de la calidad y cantidad de estos recursos forrajeros teniendo en cuenta su edad de rebrote, época climática y su efecto sobre las características fisicoquímicas de la leche.

Referencias bibliográficas

Afanador, G. (1996). Plan Estratégico de Modernización Tecnológica de la Ganadería Colombiana.

Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 1(1), 52-54.

https://doi.org/10.21930/rcta.vol1_num1_art:153

AGROSAVIA. (2020.). Composición nutricional de forrajes NIR. AGROSAVIA. Recuperado 15 de

noviembre de 2020, de <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta->

[tecnologica/457-composicion-nutricional-de-](https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnologica/457-composicion-nutricional-de-)

[forrajes#:~:text=La%20tecnologia%20NIRS%20permite%20determinar,la%20calidad](https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnologica/457-composicion-nutricional-de-forrajes#:~:text=La%20tecnologia%20NIRS%20permite%20determinar,la%20calidad)

[%20del%20recurso%20forrajero](https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnologica/457-composicion-nutricional-de-forrajes#:~:text=La%20tecnologia%20NIRS%20permite%20determinar,la%20calidad%20del%20recurso%20forrajero)

Alcaldía de Salazar de las Palmas, (2018). Municipio, recuperado de: <http://www.salazardelaspalmas->

[nortedesantander.gov.co/tema/municipio](http://www.salazardelaspalmas-nortedesantander.gov.co/tema/municipio)

Álvarez, A., & Herrera, R. S., & Díaz, Laisury, & Noda, Aida (2013). Influencia de las precipitaciones y la temperatura en la producción de biomasa de clones de *Pennisetum purpureum*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(4),413-417.[fecha de Consulta 7 de Diciembre de 2020]. ISSN: 0034-7485.

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1930/193029815015>

Álvarez Gómez, A. y Afanador Téllez, G. (2016). Manual de nutrición y alimentación en sistemas bovinos de producción doble propósito. Bogotá, Colombia: Simbiosis Ciencia y Publicidad U.

Angarita, E., Molina, I., Villegas, G., Mayorga, O., Chará, J., & Barahona Rosales, R. (2015). Quantitative analysis of rumen microbial populations by qPCR in heifers fed on *Leucaena leucocephala* in the Colombian Tropical Dry Forest. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37(2), 135.

<https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i2.24836>

- Ariza-Nieto, C., Mayorga, O. L., Mojica Parra, D., & Afanador-Téllez, G. (2018). Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 26(1), 44-52.
- Arce, W. (2016). Análisis de correlación y regresión entre la metodología de gas y la ecuación mecanicista del Consejo Nacional de Investigación, EE.UU., (NRC 2001) para determinar el contenido energético *in vitro* de forrajes. Recuperado de :
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4394/1/41417.pdf>
- Astúa, M. A., Rojas-Bourrillon, A., & Campos-Granados, C. M. (2020). Extracción de nutrientes del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) ecotipo INTA-Quepos a tres edades de rebrote con tres niveles de fertilización nitrogenada. *Nutrición Animal Tropical*, 14(2), 113-130.
- Barragán Hernández, W., Mahecha-Ledesma, L., & Cajas-Girón, Y. (2016). Efecto de sistemas silvopastoriles en la producción y composición de la leche bajo condiciones del valle medio del río Sinú, Colombia. *Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA*, 8(2), 187-196.
<https://doi.org/10.24188/recia.v8.n2.2016.186>
- Barros, J. A., & Rodríguez, G. (2003). *Incorporación de abono verde y orgánico en pasto Estrella (Cynodon nlemfuensis) asociado a Caranganito (Senna atomaria) en la baja Guajira*. Produmedios.
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1346>
- Bueno, G. A. (2010). Sistema Silvopastoriles. Arreglos y usos. En *Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos* (pp. 201-230). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1713/44248_56530.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Campeche, Daniela Ferraz Bacconi, Moraes, Salette Al'ves de, Lima, Valdívía Thaís, Sousa, Sílvia Maria de Negreiros, Oliveira, Samira Teixeira Leal de, Souza, Márcia Gomes de, & Paulino, Renata Vale. (2011). Composición bromatológica y digestibilidad aparente de alimentos encontrados en la región semiárida brasileña para la alimentación de tilapia rosa en cultivos. *Ciencia rural*, 4 (2), 343-348. .
- Caravaca, F. (2006). *INTRODUCCIÓN A LA ALIMENTACIÓN Y RACIONAMIENTO ANIMAL*. Recuperado de: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Bases_para_la_Alimentaci%C3%B3n_Animal.pdf
- Cardona, E. M., Ríos, L. A., & Peña, J. D. (2012). Disponibilidad de Variedades de Pastos y Forrajes como Potenciales Materiales Lignocelulósicos para la Producción de Bioetanol en Colombia. *Información tecnológica*, 23(6), 87-96. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642012000600010>
- Carmona, Juan Carlos (2007). Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. *Revista Lasallista de Investigación*, 4(1),40-50. [fecha de Consulta 26 de noviembre de 2020]. ISSN: 1794-4449. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=695/69540107>
- Castillo-Mestre, Roelis, Betancourt-Bagué, Tania, Toral-Pérez, Odalys C, & Iglesias-Gómez, Jesús M. (2016). Influencia de diferentes marcos de plantación en el establecimiento y la producción de *Tithonia diversifolia*. *Pastos y Forrajes*, 39(2), 89-93. Recuperado en 07 de diciembre de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942016000200002&lng=es&tlng=es.
- CATIE. (1991). *Guazuma ulmifolia* Lam., ESPECIE DE ARBOL DE USO MULTIPLE EN AMERICA CENTRAL. (N.º 165). Recuperado de:

http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/2253/Guacimo_Guazuma_ulmifolia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chacón-Hernández, Pablo Andrés, & Vargas-Rodríguez, Claudio Fabián (2009). DIGESTIBILIDAD Y CALIDAD DEL Pennisetum purpureum CV. KING GRASS A TRES EDADES DE REBROTE. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2),399-408.[fecha de Consulta 07 de Diciembre de 2020]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=437/43713059020>

Church, et al (2002). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales* (2.ª ed.). LIMUSA. ISBN 968-18-5299-0

Cruz M y Sanchez J, (2000). La fibra en la alimentación del ganado lechero, vol. 6 núm. 1: nutrición animal tropical: enero-junio. Recuperado de:

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/10317>

DANE. (2015). *La ganadería bovina de doble propósito, una actividad productiva sostenible bajo las buenas prácticas ganaderas (BPGs)*. dane.gov.co.
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos31_abr_2015.pdf

Dean, D. (2015). *Importancia de las leguminosas en la alimentación de rumiantes*. Engormix. Recuperado de: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/importancia-leguminosas-alimentacion-rumiantes-t32694.htm>

Egaña, (1995). *Minerales: los nutrientes olvidados de la alimentación animal*. TECNO VET; Año N°3, diciembre de 1995. Recuperado de:

http://web.uchile.cl/vignette/tecnovet/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D10236%25261SID%253D429,00.html

Elizondo, Jorge (2002). Estimación lineal de los requerimientos nutricionales del NRC para ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana*, 13(1),41-44. [fecha de Consulta 04 de diciembre de 2020].

ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=437/43713108>

Estrada López, I.; Esparza Jiménez, S.; Albarrán Portillo, B.; Yong Angel, G.; Rayas Amor, A. A.; García Martínez, A. (2018). Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México. *CIENCIA ergo-sum*, 25(3).

<https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a7>

FEDEGAN. (2018). *Ganadería Colombiana Hoja de ruta 2018-2022* (1.ª ed.). Bogotá D.C, Colombia.

http://static.fedegan.org.co.s3.amazonaws.com/publicaciones/Hoja_de_ruta_Fedegan.pdf

Fernández Mayer, A. E. (2017). *Producción de carne y leche bovina en sistemas silvopastoriles* (1.ª ed., Vol. 1). INTA.

https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bordenave_produccion_de_carne_y_leche_bovina_en_sistemas_silvopastoriles.pdf

Figueroa, Itzel, Lara Bueno, Alejandro, Miranda Romero, Luis Alberto, Huerta Bravo, Maximino, Krishnamurthy, Laksmi, & Muñoz-González, Juan Carlos. (2016). Composición química y mineral de leucaena asociada con pasto estrella durante la estación de lluvias. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(spe16), 3173-3183. Recuperado en 07 de diciembre de 2020, de

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016001203173&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016001203173&lng=es&tlng=es)

Francesa, (2017). La fibra en forrajes tropicales. Parte 1: Factores que afectan su digestibilidad.

Recuperado de: http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/149-Fibra_en_Forrajes_Tropicales.pdf

Garavito Cantor, O. E. (2012). Análisis del modelo de asistencia técnica para pequeños productores de bovinos doble propósito Caso: Municipio de Los Palmitos, Sucre.

<https://descubridor.minagricultura.gov.co/buscador/Record/ir-7569/Details>

García M, Danny, Hilda, Wencomo G, Gonzáles C, Miriam, Medina R, María, & Cova O, Luis. (2008).

CARACTERIZACIÓN DE DIEZ CULTIVARES FORRAJEROS DE *Leucaena leucocephala* BASADA EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y LA DEGRADABILIDAD RUMINAL. *Revista MVZ Córdoba*, 13(2), 1295-1303. Recuperado el 07 de diciembre, 2020, de:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682008000200004&lng=en&tlng=es.

Gasque, R. (2008). Capítulo 1. Alimentación de bovinos. En *Enciclopedia Bovina* (pp. 9-35). Comité

Editorial de la FMVZ. https://www.academia.edu/8275187/Enciclopedia_Bovina_UNAM

González, (s.f). Los carbohidratos en la alimentación de la vaca de leche. Recuperado de:

<http://www.revistafrisona.com/Portals/0/articulos/n200/carbohidratos.pdf>

Guaicha Solano Miguel Alexander, Marco Bolívar Fiallos López, Santiago Fahureguy Jiménez Yáñez y Julio

Enrique Usca Mendez (2017): "Evaluación de diez pastos introducidos en la Amazonía ecuatoriana a diferentes edades de corte, en el centro de investigación CIPCA", Revista

Observatorio de la Economía Latinoamericana, Ecuador, (diciembre 2017).

<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/pastos-amazonia-ecuador.html>

Sallamab, Sobhy Mohamed Abdallah, & Silva Bueno, Ives Cláudio da, & Barbosa de Godoy, Patrícia, &

Nozella, Eduardo F., & Schmidt Vitti, Dorinha Miriam Silber, & Abdalla, Adibe Luiz (2010).

RUMINAL FERMENTATION AND TANNINS BIOACTIVITY OF SOME BROWSES USING A SEMI-

AUTOMATED GAS PRODUCTION TECHNIQUE. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(1),1-

10. [fecha de Consulta 7 de diciembre de 2020]. ISSN: Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=939/93913074001>

Hernández Hernández, Manuel, López Ortiz, Silvia, Jarillo Rodríguez, Jesús, Ortega Jiménez, Eusebio,

Pérez Elizalde, Sergio, Díaz Rivera, Pablo, & Crosby Galván, María Magdalena. (2020).

Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena*

leucocephala y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania. *Revista mexicana de ciencias*

pecuarias, 11(1), 53-69. Epub 11 de junio de 2020. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4565>

Herrera, Adán, & Nava-Tablada, Martha Elena, & López-Ortiz, Silvia, & Vargas-López, Samuel, & Ortega-

Jimenez, Eusebio, & López, Felipe-Gallardo (2009). UTILIZACIÓN DEL GUÁCIMO (*Guazuma*

ulmifolia Lam.) COMO FUENTE DE FORRAJE EN LA GANADERÍA BOVINA EXTENSIVA DEL TRÓPICO

MEXICANO. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(2),253-261.[fecha de Consulta 7 de

Diciembre de 2020]. ISSN: . Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=939/93912989012>

Herrera, Julián Esteban, Molina-Botero, Isabel, Chará-Orozco, Julián, Murgueitio-Restrepo, Enrique, &

Barahona-Rosales, Rolando. (2017). Sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena*

leucocephala (Lam.) de Wit: alternativa productiva en el trópico ante el cambio climático. *Pastos*

y *Forrajes*, 40(3), 171-183. Recuperado en 07 de diciembre de 2020, de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000300001&lng=es&tlng=es.

Hoyos Baraona, T. A. (2014). *Determinación de la concentración de taninos en las hojas, corteza y frutos de la especie de guácimo (Guazuma ulmifolia lam) Cajamarca- Perú*. Repositorio UNC.

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/414>

ICA Instituto Colombiano Agropecuario. (2020). Censo bovino en Colombia. Recuperado el 1 de noviembre de 2020 en

<https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologiaveterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>

Latham, MC. & FAO. (2002). *Nutricion humana en el mundo en desarrollo* (Vol. 29) [Libro electrónico].

<http://www.fao.org/3/W0073S/w0073s00.htm#Contents>

Lazo J, Achang Fraga G, Tuffi Santos L D y Arruda Sampaio R (2015): Comportamiento productivo de *Tithonia diversifolia* en pastoreo con reposos diferentes en ambas épocas del año. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 27, Article 115. Recuperado de:

<http://www.lrrd.org/lrrd27/6/alon27115.html>

Lopes ,P, & Baldini, Y, & Lopes, J. (2009); Consumo voluntario de bovinos - Bovines voluntary intake;

Recuperado de: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/24-consumo.pdf

López, M., Suárez, E., Melo, W., Baquero, C., Bolaños, M., Borray, G., Rondon, I., Zambrano, Y., & Contreras, K. (2016). *Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema Productivo de*

ganadería doble propósito. huila.gov.co. <https://www.huila.gov.co/agricultura-y-mineria/descargar.php?idFile=20713>

Maldonado-Peralta, M. (2018). COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS PELIBUEY EN PASTOREO SUPLEMENTADOS CON FOLLAJE DE *Guazuma ulmifolia* Lam. *Agro Productividad*, 11(5), 29-33.

Recuperado a partir de <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/367>

Manríquez-Mendoza, Leonor Yalid, López-Ortíz, Silvia, Pérez-Hernández, Ponciano, Ortega- Jiménez, Eusebio, López-Tecpoyotl, Zenón Gerardo, & Villarruel-Fuentes, Manuel. (2011). Agronomic and forage characteristics of *Guazuma ulmifolia* Lam. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 453-463. Recuperado en 07 de diciembre de 2020, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200001&lng=es&tlng=.

Martínez, Miguel, & Reyes Cruz, Adrián, & Lara Bueno, Alejandro, & Miranda Romero, Luis Alberto, & Huerta Bravo, Maximino, & Uribe Gómez, Miguel (2016). Composición nutricional de leucaena asociada con pasto estrella en la Huasteca Potosina de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (16),3343-3355.[fecha de Consulta 7 de Diciembre de 2020]. ISSN: 2007-0934.

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2631/263146726015>

McDonald, P. (1999). *Nutricion Animal*. ACRIBIA. Recuperado de:

<https://www.scribd.com/doc/306385579/Nutricion-Animal-McDonald-pdf>

Mejía Díaz, E., Mahecha Ledesma, L., & Angulo Arizala, J. (2017). Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 389-403. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23561>

- Mejía-Díaz, E., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2016). *Tithonia diversifolia*: especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 289. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22673>
- Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. (2016, 11 septiembre). *Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo*. Minciencias. https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo#:~:text=El%20pa%C3%ADs%20ocupa%20el%20segundo,naciones%20m%C3%A1s%20megadiversas%20del%20planeta.&text=Colombia%20por%20ser%20un%20pa%C3%ADs,forma%20sostenible%20sus%20recursos%20naturales.
- Mojica-Rodríguez JE, Castro-Rincón E, Carulla-Fornaguera J, Lascano-Aguilar CE. 2017. Efecto de la edad de rebrote sobre el perfil de ácidos grasos en gramíneas tropicales. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*. 18(2):217-232 DOI: http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:623
- Murgueitio E., Uribe F., Molina C., Molina E., Galindo W., Chará J., Flores M., Giraldo C., Cuartas C., Naranjo J., Solarte L., González J. (2016). Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles intensivos con leucaena. Murgueitio E., Galindo W., Chará J., Uribe F. (eds). Editorial CIPAV. Cali, Colombia. 220p.
- Murgueitio, E. (1992). *Sistemas sostenibles de doble propósito como alternativa para la economía campesina*. FAO. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/lrrd/lrrd4/3/enrique1.htm>
- Navas, P., Vargas, J., & Quintero, D. (2017). *Evaluación de bancos forrajeros de Guácimo (Guazuma ulmifolia) en el Piedemonte Llanero colombiano*. DOCPLAYER. <https://docplayer.es/169132908-Evaluacion-de-bancos-forrajeros-de-guacimo-guazuma-ulmifolia-en-el-piedemonte-llanero-colombiano.html>

Ojeda, P. A., Restrepo, J. M., Villada, D. E., & Gallego, J. C. (2003). *Manual de capacitación: Sistemas Agrícolas Sostenibles en la Región Andina* (Primera edición ed.). Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia.

http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3911/2/2006102417332_Sistemas%20silvopastoriles%20sustentable%20ganaderia.pdf

Ordaz-Contreras, R., et al. (2018). "COMPOSICION QUIMICA DEL PASTO KING GRASS (*Pennisetum purpureum* Schumach) A DIFERENTE INTERVALO DE CORTE." *AGROProductividad*, vol. 11, no. 5, 2018, p. 134+. *Gale OneFile: Informe Académico*, Acceso 7 Dec. 2020.

Ortiz-González, Arwin R.; Morales-Luna, Kerwin A.; Vásquez-Torres, Walter Gutiérrez-Espinosa, Mariana Catalina, (2014), Digestibilidad aparente de *Tithonia diversifolia*, *Gliricidia sepium* y *Cratylia argentea* en juveniles de *Piaractus brachypomus*, *Cuvier 1818*. [J], 18, 1, pp.214-219. ISSN 0121-3709.

Palladino, et al (2006). La Fibra. Recuperado de: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/66-fibra.pdf

Paz Pellat, Fernando, & Díaz Solís, Heriberto. (2018). Relaciones entre la precipitación, producción de biomasa e índices espectrales de la vegetación: alcances y limitaciones. *Terra Latinoamericana*, 36(2), 153-168. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i2.235>

Quezada, S. M. (2018). *Evaluación de dos tipos de ensilaje de Pennisetum sp. y Pennisetum purpureum vs Forraje verde de Brachiaria decumbens en la alimentación de vaconas charolais mestizas en la Granja El Rosario*. Escuela Politécnica de Chimborazo.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8779>

Ramírez de la Ribera J L, Vega Espinosa M, Acosta I L y Verdecia Acosta D (2009): Caracterización nutritiva de las especies *Brachiaria decumbens* e híbrido en un suelo fluvisol de Cuba. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 21, Article #23. Acceso Diciembre 7, 2020, from <http://www.lrrd.org/lrrd21/2/rami21023.htm>

Ramírez de la Ribera, J. L., & Zambrano Burgos, D. A., & Campuzano, Janeth, & Verdecia Acosta, D.M, & Chacón Marcheco, E., & Arceo Benítez, Y., & Labrada Ching, Jaine, & Uvidia Cabadiana, H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(6),1-12. [fecha de Consulta 26 de Noviembre de 2020]. ISSN:. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=636/63651420007>

Ramírez, J. L., & Herrera, R. S., & Leonard, I., & Verdecia, D., & Álvarez, Y. (2012). Rendimiento y calidad de la *Brachiaria decumbens* en suelo fluvisol del Valle del Cauto, Cuba. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(4),1-11.[fecha de Consulta 7 de Diciembre de 2020]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=636/63623403003>

Rasby y Rush, (2005); Consideraciones básicas en la nutrición del bovino; Recuperado de: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/115-Cap_2_nutricion_bovina.pdf

Reategui, K, Aguirre, Nazario, Oliva, Ricardo, & Aguirre, Edith. (2019). Presión de pastoreo sobre la disponibilidad de forraje *Brachiaria decumbens*. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 249-258. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.10>

Reyes-Purata, A, & Bolaños-Aguilar, ED, & Hernández-Sánchez, D., & Aranda-Ibáñez, EM, & Izquierdo-Reyes, F. (2009). PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA Y CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA EN 21 GENOTIPOS DEL PASTO HUMIDÍCOLA *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. Universidad y

- Ciencia, 25(3),213-224.[fecha de Consulta 7 de Diciembre de 2020]. ISSN: 0186-2979. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=154/15416281003>
- Rincón Castillo, Álvaro, Ligarreto Moreno, Gustavo Adolfo, & Garay, Edwin. (2008). PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN LOS PASTOS *Brachiaria decumbens* cv. AMARGO Y *Brachiaria brizantha* cv. TOLEDO, SOMETIDOS A TRES FRECUENCIAS Y A DOS INTENSIDADES DE DEFOLIACIÓN EN CONDICIONES DEL PIEDEMONTE LLANERO COLOMBIANO. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(1), 4336-4346. Recuperado Diciembre 07, 2020, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472008000100010&lng=en&tIng=.
- Rodríguez Fernández, Gustavo, & Roncallo Fandiño, Belisario. (2013). Producción de forraje y respuesta de cabras en crecimiento en arreglos silvopastoriles basados en *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala* y *Crescentia cujete*. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14(1), 77-89. Acceso 8 diciembre, 2020, http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062013000100009&lng=en&tIng=es.
- Román-Miranda, M. L., Palma-García, J. M., Zorrilla-Ríos, J. M., & Mora-Santacruz, A. (2016). Producción de materia seca de *Leucaena leucocephala* y vegetación herbácea en un banco de proteína pastoreada por ovinos. *Revista de Sistemas Experimentales*, 3(6), 42-50
- Sales F, (2017). Importancia de los minerales para la alimentación de bovinos en Magallanes, Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA Kampenaike - INFORMATIVO N° 77, Recuperado de: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40970.pdf>
- Vélez-Terranova, M., & Campos Gaona, R., & Sánchez-Guerrero, H. (2014). USO DE METABOLITOS SECUNDARIOS DE LAS PLANTAS PARA REDUCIR LA METANOGENÉISIS RUMINAL. *Tropical and*

Subtropical Agroecosystems, 17(3),489-499.[fecha de Consulta 21 de Diciembre de 2020]. ISSN: .

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=939/93935728004>

Sanchez, (2020): Sistemas silvopastoriles ssp como alternativa sostenible para la ganadería bovina colombiana; Recuperado de:

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/16330/1/2020_Sistemas_silvopastoriles_ssp_como_alternativa_sostenible_para_la_ganader%C3%ADa_bovina_colombiana..pdf

Secretaria de desarrollo económico, (2019); Informe de Gestión con Énfasis en la Garantía de los

Derechos de la Infancia, Adolescencia y Juventud 2016-2019 recuperado de:

<http://www.nortedesantander.gov.co/Portals/0/xBlog/uploads/2019/11/15/CIERRE%202019%20D01%20Dllo%20Econ%C3%B3mico.pdf>

Shimada, A. (2003). *Nutrición Animal*. Editorial Trillas, S. A de C. V. ISBN 978-968-24-6563-5

Tarazona, A. M., Ceballos, M. C., Naranjo, J. F., & Cuartas, C. A. (2012). Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 25(3), 473-487. Recuperado de:

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/324791>

Valles de la Mora, Braulio, Castillo Gallegos, Epigmenio, & Bernal Barragán, Hugo. (2016). Rendimiento y degradabilidad ruminal de materia seca y energía de diez pastos tropicales cosechados a cuatro edades. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(2), 141-158. Recuperado en 07 de diciembre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242016000200141&lng=es&tlng=es.

- Vásquez, D. R., Abadía, B., & Arreaza, L. C. (2004). Aplicación de la Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) para la caracterización nutricional del pasto Guinea y del grano de maíz. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 5(1), 49-55.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol5_num1_art:24
- Villalobos, (2013). Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. I. disponibilidad de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense*, 92-101. <https://doi.org/10.15517/rac.v37i1.10715>
- Villalobos, Luis, & Arce, José. (2014). Evaluación agronómica y nutricional del pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) En la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. II. valor nutricional. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 133-145. Recuperado noviembre 26, 2020, de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037794242014000100008&lng=en&tlng=es.
- Vivas-Quila, Nelson José, Criollo-Dorado, Milvia Zuleida, & Cedeño-Gómez, María Camila. (2019). FRECUENCIA DE CORTE DE PASTO ELEFANTE MORADO *Pennisetum purpureum* Schumach. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17(1), 45-55. <https://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v17n1.1203>
- Zambrano, L.F. (2017) Control de calidad en la densidad de la leche (examen complejo). UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Químicas Y De La Salud, Machala, Ecuador. 33 p. Recuperado de: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11461>