

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB- 12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/1

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):
 NOMBRE(S): ARLEY DAVID APELLIDOS: LUNA CRUZ
 NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____
 FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
 PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA PECUARIA
 DIRECTOR:
 NOMBRE(S): GIOVANNI MAURICIO APELLIDOS: BÁEZ SANDOVAL
 CODIRECTOR:
 NOMBRE(S): DIEGO ARMANDO APELLIDOS: ROJAS MEZA
 TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DETERMINACIÓN DE LA EDAD ÓPTIMA DE PASTOREO PARA LA ESTRELLA AFRICANA (*Cynodon plectostachyus*) EN EL SISTEMA LECHERO DE LA GRANJA EXPERIMENTAL UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

RESUMEN

En este estudio se evaluó la edad óptima de producción y calidad del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) en seis semanas diferentes en la granja experimental de la UFPSO, este pasto aporta beneficios a los sistemas ganaderos de producción de leche, por sus excelentes características de adaptación y componentes nutricionales, sin embargo, tiende a producir mayor cantidad de material senescente, el cual eventualmente hace que los animales consuman principalmente rebrotes tiernos en el dosel, impidiendo su crecimiento óptimo, debido a esto, se tomaron cinco muestras por cada potrero y se determinó la relación H/T, IAF, la curva de crecimiento y la calidad nutricional. En la curva de crecimiento se evidenció en la primera semana una altura de 13,5cm en la semana dos 18,73cm, en la semana tres 24,5cm, semana cuatro 30,83cm, en la semana cinco 54,33cm y la semana seis 76, 33cm, la producción de forraje verde en la primera semana fue 0.173 Kg/m², en la semana dos 0.596 Kg/m², semana tres 1.004 Kg/m², en la semana cuatro 1.131 Kg/m², en la semana cinco 1.682 Kg/m² y para la semana 6 la oferta forrajera comienza a descender 1.632 Kg/m². Para la calidad nutricional se obtuvieron los siguiente porcentajes MS (9-21%), PC (17-38%), EE (4-10%), MM (7-15%), FC (30.86-33.7%), FDN (65.23-73.25), FDA (31.03-42.26). Por lo que se puede inferir que la edad óptima para pastorear o cosechar esta gramínea se encuentra en los días 28-35 posterior a esto los contenidos de fibra estructural aumentan lo que produce una baja notoria en la calidad del forraje.

PALABRAS CLAVE: Calidad Nutricional. Relación Hoja/Tallo, Curva de Crecimiento, Pasto Estrella, Índice de área foliar.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 91 PLANOS: _____ ILUSTRACIONES: _____ CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

COPIA NO CONTROLADA

DETERMINACIÓN DE LA EDAD ÓPTIMA DE PASTOREO PARA LA ESTRELLA
AFRICANA (*Cynodon plectostachyus*) EN EL SISTEMA LECHERO DE LA GRANJA
EXPERIMENTAL UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

ARLEY DAVID LUNA CRUZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA PECUARIA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2019

DETERMINACIÓN DE LA EDAD ÓPTIMA DE PASTOREO PARA LA ESTRELLA
AFRICANA (*Cynodon plectostachyus*) EN EL SISTEMA LECHERO DE LA GRANJA
EXPERIMENTAL UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

ARLEY DAVID LUNA CRUZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Pecuario

Director:

GIOVANNI MAURICIO BÁEZ SANDOVAL

Zootecnista, PhD. En Dairy Science

Codirector:

DIEGO ARMANDO ROJAS MEZA

Zootecnista. Msc.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA PECUARIA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD INVESTIGACIÓN

FECHA: 19 de diciembre de 2019

HORA: 08:00 a.m.

LUGAR: CREAD SALA 1

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA PECUARIA

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO: "DETERMINACIÓN DE LA EDAD OPTIMA DE PASTOREO PARA LA ESTRELLA AFRICANA (*Cynodon plectostachyus*) EN EL SISTEMA LECHERO DE LA GRANJA EXPERIMENTAL UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA"

JURADOS: LUIS FERNANDO ESCALANTE RAMÍREZ
LEONARDO HERNÁNDEZ CORREDOR
CAMILO ERNESTO GUERRERO ALVARADO

DIRECTOR: GIOVANNI MAURICIO BÁEZ SANDOVAL
CODIRECTOR: DIEGO ARMANDO ROJAS MEZA

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CÓDIGO	CALIFICACIÓN
ARLEY DAVID LUNA CRUZ	1630463	4.5

OBSERVACIONES:

MERITORIA

FIRMA DE LOS JURADOS:

Luis Fernando Escalante R
88274747



Camilo Ernesto Guerrero Alvarado

VoBo. Coordinador Comité Curricular





**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS
Ciudad

Cordial saludo:

Arley David Luna Cruz, identificado(s) con la C.C. N° 1090496226, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado Determinación de la edad optima de pastoreo para la estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) en el sistema lechero de la granja experimental universidad Francisco de Paula Santander Ocaña presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar al título de Ingeniero Pecuario; autorizo(amos) a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **“los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores”**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

1090496226

FIRMA Y CEDULA

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación es dedicado principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he llegado hasta aquí y convertirme en lo que soy, son los mejores padres.

A todas las personas que han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron la puerta en la UFPS Ocaña y compartieron sus valiosos conocimientos.

Agradecimientos

Agradecerle al Dr. Giovanni Mauricio Báez Sandoval y codirector Diego Armando Rojas que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los Profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

Al finalizar este trabajo quiero utilizar este espacio para agradecer a Dios por todas sus bendiciones, a mis Padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez por su apoyo y paciencia en este gran proyecto de estudio.

También quiero agradecer a la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, directivos y profesores por la organización y disposición de los equipos y uso del laboratorio y al programa de Ingeniería Pecuaria por mostrarme el camino de la producción animal

Contenido

	pág.
Introducción	15
1. Problema	17
1.1 Titulo	17
1.2 Planteamiento del Problema	17
1.3 Formulación del Problema	18
1.4 Objetivos	18
1.4.1 Objetivos general	18
1.4.2 Objetivos específicos	18
1.5 Justificación	19
2. Marco Referencial	21
2.1 Antecedentes	21
2.1.1 Antecedentes empíricos	21
2.1.2 Antecedentes bibliográficos	22
2.1.2.1 Nacionales	22
2.1.2.2 Internacionales	24
2.2 Marco Teórico	26
2.2.1 Generalidades de los pastos y forrajes	26
2.2.2 Las Gramíneas	27
2.2.3 Alimentación de los bovinos	28
2.2.3.1 Estrategia de suplementación en ganado bovino	29
2.2.4 Características Generales del pasto estrella africano	29
2.2.4.1 Origen	29

2.2.4.2 Clasificación taxonómica y parámetros productivos	30
2.2.4.3 Adaptabilidad	30
2.2.4.4 Diferencias entre las variedades C. Nlemfluensis y C. plectostachyus	31
2.2.4.5 Sistema de pastoreo	33
2.2.4.6 Producción de Forraje	33
2.2.4.7 Ventajas de su utilización	34
2.2.4.8 Desventajas de su utilización	34
2.2.4.9 Demanda de nutrientes	35
2.2.5 Relación hoja/tallo	35
2.2.6 Índice de Área Foliar (IAF)	36
2.2.6 Curva de crecimiento o rebrote de la planta	38
2.2.8 Valor nutricional del pasto estrella africana (Cynodon plectostachyus) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica	39
2.2.8.1 Componentes nutricionales	40
2.3 Marco Conceptual	42
2.4 Marco Contextual	47
2.5 Marco Legal	49
3. Diseño Metodológico	54
3.1 Tipo de Investigación	54
3.2 Población y Muestra	54
3.2.1 Población	54
3.2.2 Muestra	54
3.3 Instrumentos para la Recolección de Información	54
3.4 Fases del Proyecto	55

3.4.1 Fase 1. Producción de forraje verde (aforo)	55
3.4.2 Fase 2. Relación hoja/tallo	56
3.4.3 Fase 3. Índice de Área Foliar (IAF)	57
3.4.4 Fase 4. Curva de Crecimiento	58
3.4.5 Fase 5. Calidad Nutricional del pasto estrella	58
3.4.5.1 Porcentaje de Materia Seca-%MS	59
3.4.5.2 Proteína bruta-PC	59
3.4.5.3 Fibra Cruda-FC	61
3.4.5.4 Fibra detergente Neutro (FDN)	62
3.6.5.5 Fibra Detergente Ácida (FDA)	63
3.6.5.6 Materia Mineral-MM	63
3.6.5.7 Extracto Etéreo-EE	64
4. Resultados	66
5. Discusión	76
6. Conclusiones	81
7. Recomendaciones	82
Referencias Bibliográficas	83

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica y parámetros productivos	30

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. <i>C. plectostachyus</i> fácilmente identificable debido a la presencia de glumas en la espiguilla	32
Figura 2. Interacciones entre la pastura y factores ambientales	38
Figura 3. Ubicación geográfica del municipio de Ocaña, Norte de Santander.	47
Figura 4. Corral del proyecto bovino ubicado en la granja Experimental UFPSO	48
Figura 5. Levantamiento espacial de los potreros en la granja experimental UFPSO	49
Figura 6. Aforo para recoger las muestras y determinar la relación hoja/tallo	56
Figura 7. Formato B. Utilizado para el control de los aforos realizados en cada potrero	56
Figura 8. Producción de Forraje Verde para el pasto Estrella en seis semanas de crecimiento	66
Figura 9. Índice de Área Foliar en m ² para el pasto estrella (<i>Cynodon plectostachyus</i>)	67
Figura 10. Relación hoja/tallo por cada semana de evaluación	68
Figura 11. Proporciones entre la relación hoja-tallo por semanas	69
Figura 12. Curva de crecimiento para el Pasto Estrella desde la semana 1 hasta la semana 6	70
Figura 13. Porcentaje de Materia Seca en diferentes semanas para el pasto estrella	71
Figura 14. Porcentaje de Extracto Etéreo para las semanas evaluadas	72
Figura 15. Porcentaje de Ceniza para cada semana de evaluación	72
Figura 16. Porcentaje de proteína para el pasto estrella en seis semanas de evaluación	73
Figura 17. Porcentaje de Fibra Cruda para la semana cuatro, cinco y seis	74
Figura 18. Porcentaje Fibra Detergente Neutro para el pasto estrella para las seis semanas de evaluación	75
Figura 19. Porcentaje de Fibra Detergente Ácida para las diferentes semanas evaluados	75

Resumen

En este estudio se evaluó la edad óptima de producción y calidad del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) en seis semanas diferentes en la granja experimental de la UFPSO, este pasto aporta beneficios a los sistemas ganaderos de producción de leche, por sus excelentes características de adaptación y componentes nutricionales, sin embargo, tiende a producir mayor cantidad de material senescente, el cual eventualmente hace que los animales consuman principalmente rebrotes tiernos en el dosel, impidiendo su crecimiento óptimo, debido a esto, se tomaron cinco muestras por cada potrero y se determinó la relación H/T, IAF, la curva de crecimiento y la calidad nutricional. En la curva de crecimiento se evidenció en la primera semana una altura de 13,5cm en la semana dos 18,73cm, en la semana tres 24,5cm, semana cuatro 30,83cm, en la semana cinco 54,33cm y la semana seis 76, 33cm, la producción de forraje verde en la primera semana fue 0.173 Kg/m², en la semana dos 0.596 Kg/m², semana tres 1.004 Kg/m², en la semana cuatro 1.131 Kg/m², en la semana cinco 1.682 Kg/m² y para la semana 6 la oferta forrajera comienza a descender 1.632 Kg/m². Para la calidad nutricional se obtuvieron los siguiente porcentajes MS (9-21%), PC (17-38%), EE (4-10%), MM (7-15%), FC (30.86-33.7%), FDN (65.23-73.25), FDA (31.03-42.26). Por lo que se puede inferir que la edad óptima para pastorear o cosechar esta gramínea se encuentra en los días 28-35 posterior a esto los contenidos de fibra estructural aumentan lo que produce una baja notoria en la calidad del forraje.

Abstract

In this study, the optimum production age and quality of the African star grass (*Cynodon plectostachyus*) in six different weeks in the experimental farm of the UFPSO was evaluated, this grass provides benefits to the livestock systems of milk production, due to its excellent characteristics of adaptation and nutritional components, however, tends to produce a greater amount of senescent material, which eventually causes the animals to consume mainly young shoots in the canopy, preventing their optimal growth, due to this, five samples were taken for each pasture and determined the H / T ratio, IAF, growth curve and nutritional quality. In the growth curve, a height of 13.5cm was evident in the first week in week two 18.73cm, in week three 24.5cm, week four 30.83cm, in week five 54.33cm and week six 76, 33cm, the production of green forage in the first week was 0.173 Kg / m², in week two 0.596 Kg / m², week three 1,004 Kg / m², in week four 1,131 Kg / m², in week five 1,682 Kg / m² and for week 6 the forage supply begins to drop 1,632 Kg / m². For nutritional quality, the following percentages were obtained: MS (9-21%), PC (17-38%), EE (4-10%), MM (7-15%), FC (30.86-33.7%), FDN (65.23-73.25), FDA (31.03-42.26). Therefore, it can be inferred that the optimum age for grazing or harvesting this grass is found in the days 28-35 after this, the structural fiber contents increase, which produces a notorious drop in forage quality.

Introducción

La producción ganadera a nivel mundial se ha caracterizado por ser un pilar importante en la economía mundial, estableciéndose en diversos sectores productivos como son carne, leche y cuero, estos productos dependen de las condiciones agro climatológicas de cada región (Cerdas y Vallejos, 2011).

Actualmente en Colombia, la nutrición para bovinos en producción de leche se basa principalmente en el pastoreo de gramíneas y suplementos alimenticios al momento del ordeño (ensilajes y pasto de corte), sin embargo, estas pasturas presentan deficiencias en la composición nutricional por su bajo contenido de proteína total, alto porcentaje de paredes celulares, por ende, una baja, digestibilidad de la materia seca (Castro, y otros, 2008).

Sumado a lo anterior, es posible encontrar sistemas de pastoreo continuo que a su vez son mal administrados y por lo cual difícilmente se podrán aprovechar las pasturas, inclusive llegando a mantener una alta carga animal en los potreros, lo que conlleva al sobrepastoreo, con el consiguiente deterioro de la cobertura forrajera (Velásquez y Cuesta, 1990).

En todo caso, este sistema tradicional favorece la propagación de malezas, la reinfestación de ecto y endo parásitos, además permite una inadecuada distribución de la orina y las heces en las pasturas y especialmente favorece la compactación del suelo a futuro, impidiendo el crecimiento óptimo del forraje (Rodríguez y Ceballo, 2004).

Por lo cual el sistema de producción de leche decrece, ya que este depende en gran medida de la alimentación del animal, por consiguiente, de la fertilización del suelo, y del manejo óptimo de la pastura, como tiempo de descanso y tiempo de ocupación, adicional a ello es primordial

establecer la edad óptima de producción y saber la calidad de las pasturas. Si se logra mantener estas condiciones es posible obtener un mayor rendimiento en la producción de forraje (Villalobos y Sánchez, 2010).

Por otro lado, diferentes autores han reportado para clima cálido las gramíneas que mayor abundan para alimentación animal, siendo estas variedades las *Brachiaria*, las cuales presentan una baja conversión alimenticia por parte del animal debido al deterioro de la calidad del alimento ingerido y la baja digestibilidad (Carrera y Fierro, 2010), además, se atribuye al uso inadecuado de la pastura en el sistema de pastoreo tradicional, posiblemente al no respetarse los días adecuados de ocupación y el periodo vegetativo de las pasturas (Serrano, Andradre, y Mora-Delgado, 2014).

De este modo tanto para los sistemas de pastoreo tradicional como rotacional se debe tener en cuenta el periodo de ocupación, el periodo de descanso y la altura remanente (Pinto, 2002), y así lograr obtener una curva de producción adecuada, relacionada al periodo vegetativo y la calidad bromatológica de la pastura.

Por consiguiente, en este proyecto se evaluó la edad óptima de producción y calidad del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) en seis edades diferentes (7 – 14 – 21 – 28 – 35 – 42 días). Se analizaron variables como producción de forraje, índice de área foliar, relación hoja/tallo, curva de crecimiento y la composición nutricional. El experimento fue realizado en la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

1. Problema

1.1 Titulo

DETERMINACIÓN DE LA EDAD ÓPTIMA DE PASTOREO DE LA ESTRELLA AFRICANA (*Cynodon plectostachyus*) EN EL SISTEMA LECHERO DE LA GRANJA EXPERIMENTAL UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

1.2 Planteamiento del Problema

La ganadería colombiana se sostiene por su amplia diversidad de forrajes, desde leguminosas hasta gramíneas, como las variedades de *Bracharias* y *Cynodon* que, debido principalmente a su contenido elevado de fibra, bajo contenido de proteína, ineficiente manejo de los potreros y desfavorables condiciones ambientales hacen que estas gramíneas no sean aprovechadas de manera correcta (Galindo & Clavijo, 2007).

Evidentemente, en condiciones tropicales no hay una estacionalidad marcada como en los climas templados, por lo tanto, la producción de biomasa varía durante el año (Sánchez y Soto, 1997), siendo necesario conocer la edad óptima para el pastoreo de estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) podría garantizar un valor nutricional óptimo para los animales en producción.

El pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) debido a su morfología, tiende a producir mayor cantidad de material senescente (que empieza a envejecer), el cual eventualmente hace que los animales consuman principalmente rebrotes tiernos en el dosel, impidiendo su crecimiento óptimo y adecuado, otro factor que disminuye la capacidad de rebrote es la alta presión de pastoreo en suelos infértiles (Andrade, 2006).

Es por esto último que el sistema de pastoreo tradicional, representa grandes problemas para la producción lechera, ya que genera compactación del suelo al estar siempre los animales en el mismo sitio, viéndose obligados a comer pasto tierno (Cerdas y Vallejos, 2011).

En este sistema poco se tiene cuenta la edad óptima de producción del forraje, lo cual altera completamente el ciclo de recuperación de la pastura (Barreto, 1976). Generalmente no se realiza subdivisión de los potreros por lo que utilizan pastos naturales mal manejados con baja producción y poco crecimiento (Velásquez y Cuesta, 1990).

Es así que, para optimizar el recurso forrajero se determinó la edad óptima de producción del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), a través del índice de área foliar, la relación hoja/tallo, la curva de crecimiento y la calidad nutricional del forraje evaluado en la granja experimental de la UFPSO.

1.3 Formulación del Problema

¿Es posible determinar el rango óptimo de producción y la calidad de forraje al evaluar las diferentes edades de crecimiento del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*)?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivos general. Evaluar el efecto de la edad de corte (7 – 14 – 21 – 28 – 35 y 42 días) sobre la producción y calidad del forraje de pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) establecido para la alimentación del hato lechero de la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

1.4.2 Objetivos específicos. Determinar la producción de forraje verde, índice de área foliar y la relación hoja/tallo del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) en 6 edades

diferentes.

Establecer la curva de crecimiento del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) para conocer su fase fenológica bajo las condiciones agroecológicas de la Granja Experimental de la UFPS Ocaña.

Analizar la calidad nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) (Porcentaje de Materia Seca-%MS, Ceniza-MM, Proteína Bruta-PC, Extracto Etéreo-EE, Fibra Cruda-FC, Fibra Detergente Ácida-FDA y Fibra Detergente Neutra-FDN) cosechado en 6 edades de corte diferente para determinar el punto óptimo de pastoreo en las condiciones agroecológicas de la UFPS Ocaña.

1.5 Justificación

De acuerdo a Garay, Hernández, Urbina, Pérez, y Quiroz (2002), el objetivo de un pasto es dar la mayor cantidad de forraje verde de calidad por unidad de superficie, por lo que para aprovechar bien los potreros hay que tener en cuenta los elementos que lo componen, es decir, el pasto, siendo necesario conocer las fases que atraviesa en su desarrollo y poder realizar correctamente el pastoreo.

Además de lo anterior, es importante conocer, que en la granja experimental de la UFPSO se maneja un sistema semiestabulado en el que para alimentar el hato lechero se suministra un porcentaje de maíz forrajero en el día y en la tarde y los animales pastorean sin control y restricciones por variedades de gramíneas como guinea mombaza (*Panicum máximum*) (*Brachiaria decumbens*) y estrella africana (*Cynodon plectostachyus*).

El pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) se caracteriza por su capacidad de extraer sustanciales cantidades de nutrientes del suelo (Pant, Mislevy, y Rechciogl, 2004). Autores como Maya, Durán, y Ararat (2005), han reportado que para el pasto estrella africana en el valle del cauca presenta un porcentaje de contenido proteico de 11 a 16%, una producción de materia seca alta en comparación con otras gramíneas de 12 a 17 Ton/Ha y una digestibilidad de 55 a 60%.

Además, es importante tener presente el periodo de recuperación entre pastoreos sucesivos, de tal forma que su persistencia no se vea afectada y se logre mantener estable la producción de forraje, ya que este representa un alimento con alto valor nutricional apto para la alimentación animal (Maya, Durán, y Ararat, 2005). En condiciones tropicales la producción de biomasa varía durante todo el año (Sánchez y Soto, 1997), por lo que un manejo adecuado del pastoreo en las edades aptas garantizará que el animal está ingiriendo un alimento de calidad.

Bajo la perspectiva de que una vaca dependerá de la calidad nutricional del forraje que consuma para suplir sus requerimientos y generar una buena producción de leche, se desarrolló el presente proyecto el cual permitió establecer la edad óptima de producción del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), bajo las condiciones agroecológicas de la Granja Experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, y así poder brindar un potrero con pasto de calidad dado su desempeño productivo, su comportamiento fenológico y calidad nutricional, lo que permitió obtener el máximo potencial productivo en términos de biomasa y calidad.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

En Norte de Santander, se encuentra escasa información que evalué el efecto de la edad de corte sobre a la producción y calidad del forraje del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*). Sin embargo, a nivel empírico, nacional e internacional, se encontraron fuentes de información científicas relacionadas con el tema.

2.1.1 Antecedentes empíricos. Salazar (2008). El pasto estrella africana: características nutricionales y aspectos de manejo. Ventana Lechera. Cartilla técnica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

La guía técnica se tomó como referencia, por su calificado marco teórico, donde presenta información relevante para la construcción del marco teórico del presente anteproyecto. Desde una descripción detallada del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) describiendo que es una especie que, tanto por sus características de adaptación como nutricionales, es muy utilizada en los sistemas ganaderos de leche. Se detalla principalmente su uso forrajero, describiendo los componentes nutricionales del pasto como MS = materia seca, PC = proteína cruda, ENN= carbohidratos no fibrosos. También se describe la relación existente entre la precipitación mensual y la producción promedio a lo largo del año, en tres fincas en el cantón de San Carlos.

Velázquez (2010). Características y Producción del Pasto Estrella (*Cynodon Plectostachyus*). Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.

La guía se tomó como referencia por su logrado marco teórico, donde presenta información sobre: las características generales del pasto Estrella de África (*Cynodon Plectostachyus*), su clasificación taxonómica, el valor nutritivo solo y en asociación en diferentes edades de corte durante el año, y la composición nutricional en prefloración.

INATEC (2016). Manual de Pastos y Forrajes. Manual Técnico General. Instituto Nacional Tecnológico Dirección General De Formación Profesional. nicaragua.

El presente manual se tomó como referencia por evidenciar un estado del arte claro, describiendo seis unidades, unidad I: generalidades de los pastos y forrajes, unidad II: variedades de los pastos y forrajes, unidad III: establecimiento, siembra y manejo de los pastos y forrajes y unidad IV: Pastoreo, de utilidad para el desarrollo teórico del actual proyecto de investigación.

2.1.2 Antecedentes bibliográficos

2.1.2.1 Nacionales. Maya, Durán & Ararat (2005). Valor nutritivo del pasto estrella solo y en asociación con *Leucaena leucocephala* a diferentes edades de corte durante el año. Artículo científico. Universidad Nacional de Colombia Palmira. Colombia. Acta Agronómica, vol. 54.

La investigación fue tomada como referencia, puesto que se contrastará con los posibles resultados del presente proyecto de investigación, en este artículo evaluaron el valor nutricional, la relación hojas (H) / tallo (T) e índice del área foliar del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con (*Leucaena leucocephala*) a 28, 35 y 42 días de corte en la hacienda Lucerna, norte del Valle del Cauca, Colombia (960 msnm, 24°C, 1100 mm/año, humedad relativa 75-80%, evaporación promedia diaria al año de 3.6 mm). Además, en este artículo utilizaron el método de subparcelas divididas, teniendo en cuenta dos épocas secas (apoyadas con riego) y dos lluviosas.

Demostrando la calidad nutricional en asociación con leguminosa en proteína cruda (PC) estrella asociada superó a estrella sola (14.48 vs 11.90; 13.60 vs 10.98; 11.68 vs 9.67%) a los 28, 35 y 42 días, mientras que *leucaena* fue estable (29.88, 29.31 y 29.01%). La proteína verdadera (PV) tendió a ser mayor que nitrógeno no proteico (NNP) en estrella asociada y *leucaena*. Para el extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), cenizas y extracto libre de nitrógeno (ELN) no se tuvieron diferencias significativas entre estrella sola y asociada.

Murgueitio (2000). Sistemas agroforestales para la producción ganadera en Colombia. Pastos y Forrajes. Artículo de Revisión. CIPAV. Cali, Colombia. 23-35.

Se ha mencionado el presente artículo de revisión por su ampliado marco teórico y posible discusión de resultados en comparación con los sistemas actuales de pastoreo intensivos, continuos y de alta densidad arbórea, además se hace una revisión actualizada de las investigaciones sobre los diversos sistemas de pastoreo y resalta las ventajas socioeconómicas y ambientales, presentando trabajos que posibilitan probar las ventajas del pastoreo intensivo con *leucaena* y su asociación con *Prosopis juliflora* y pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*).

Carvajal, Lamela & Cuesta (2012). Evaluación de las arbóreas *Sambucus nigra* y *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, Colombia. Artículo científico. Pastos y Forrajes. 417-430.

La investigación fue referenciada en el presente trabajo por su tan lograda metodología puesto que se caracterizó la composición nutricional de las especies seleccionadas por los productores. Lo cual detalla especialmente en la toma de muestras y el análisis del valor nutricional de los pastos, determinando la proteína bruta total (PB) y las cinco fracciones nitrogenadas de la proteína cruda, nitrógeno verdadero insoluble no ligado a la FDN; nitrógeno verdadero ligado a la

fibra detergente neutra (NFDN); y nitrógeno verdadero ligado a la fibra detergente ácida (NFDA).

2.1.2.2 Internacionales. Gamboa (2018). Evaluación del rendimiento y periodo de descanso de tres pastos de piso. Costa Rica. Artículo científico.

La investigación fue referenciada en el presente trabajo de investigación por su tan lograda metodología y análisis de los resultados puesto, que se evaluó la producción de biomasa y la calidad nutritiva de tres pastos de piso: *Brachipara*, *Brachiaria decumbens* y *Cynodon nlemfuensis* a diferentes intervalos de pastoreo en Turrialba de Cartago, durante un periodo de evaluación de dos años. Reportando que para los tres pastos la producción de materia verde que se obtuvo fue más de 11 mil Kg/MV/Ha, el día antes de iniciar el pastoreo.

Villalobos & Arce (2014). Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana ("*Cynodon nlemfuensis*") en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. Artículo científico. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*. 133-145.

Se tomó como referencia, por la presentación de los resultados y la posible discusión de los resultados con los este proyecto, además de su relación en la metodología, donde se evaluó la disponibilidad de biomasa y la fenología del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) a lo largo de 2 años en muestreos bimensuales, en 4 fincas comerciales de ganado lechero, en Costa Rica. Demostrando la edad fenológica del pasto estrella africana ubicada entre las 6 y 8^{ta} hojas verdes por rebrote, lo cual permitirá una adecuada recuperación de pasto, y disminuirá en los meses con excesos de precipitación.

Paredes (2001). Efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada y tres edades de corte sobre la calidad de cuatro gramíneas forrajeras en Zamorano. Nicaragua. Artículo científico. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

La investigación se tomó como referencia por la metodología empleada, además de evaluarse el rendimiento productivo de *Cynodon nlemfuensis*, bajo el efecto de tres niveles de nitrógeno (0; 200 y 400 Kg N/Ha/año) y tres frecuencias de corte, encontrando una relación directamente proporcional entre la madurez de la planta y la acumulación de materia seca en la planta, recomendando la edad óptima de esta especie, lo cual es entre cinco y seis semanas.

Sánchez & Soto (1996). Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. I. Materia seca y componentes celulares. Artículo científico. Costa Rica. Revista Nutrición Animal Tropical. 3-18.

La investigación se tomó como referencia por la metodología empleada, la presentación teórica y la presentación de resultados, además se evaluó la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. I. Materia seca y componentes celulares. Determinando el valor nutritivo de las principales especies forrajeras consumidas, relacionando los requerimientos nutricionales del ganado lechero. Demostrando que una vaca que solo consume pasto pueda producir hasta 8 kg de leche por día, siendo el contenido de energía de los forrajes el nutrimento más limitado. Por otro lado, la composición nutricional para el pasto estrella africana para los 2 años de evaluación fue de 23,57% MS, 20,27% PC, 2,67% EE, 10,97% cenizas, 64,21% FDN, 34,95% FDA, 4,06% lignina

Gutiérrez (s,f). Evaluación de la curva de crecimiento del pasto estrella puerto rico (*Cynodon nlemfuensis*) en tres periodos diferentes y determinación de parámetros productivos de interés

pecuario.

La investigación se tomó como referente por presentar relación, en el método de evaluación de la curva de crecimiento del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en diferentes épocas del año, determinando varios parámetros productivos de interés pecuario como RMV (Kg/ha), RMS (Kg/ha), relación hoja tallo, %FND, %FAD Y %PC.

Del Pozo & Herrera (1995). Modelado del crecimiento del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). 1. Modelo multiplicativo con control de la curva de crecimiento y los efectos ambientales. Artículo científico. Pastos y Forrajes, 18-22.

La investigación se tomó como referencia por la metodología empleada, por lo que con el propósito de representar la dinámica de crecimiento del pasto estrella, se presenta el modelo multiplicativo con control de la curva de crecimiento y los efectos ambientales, cuya forma general de expresión es la siguiente: $P_{ijk} = A \exp (bt_i + ct_i^2 + dt_i^3) (Y_j) (Z_k) E_{ijk}$, Donde: $P_{i,k}$ representa el rendimiento de materia seca en la i -ésima edad, el j -ésimo nivel de radiación y el k -ésimo nivel de precipitación más riego; A , b , c y d son parámetros de la función Y_j y Z_k las funciones definidas que representan los efectos ambientales controlados en el modelo.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Generalidades de los pastos y forrajes. El éxito de la productividad ganadera depende de cuatro factores fundamentales que son: el manejo pecuario (tipo de pasto y carga animal), las características físicas y nutricionales de los suelos (textura, estructura, densidad real, profundidad, pH, porcentaje de materia orgánica y nutrientes) las condiciones del clima

(precipitación, humedad relativa y temperatura) y la alimentación (valor nutricional de los pastos y forrajes) (Fike, Staples, Sollenberger & Machon, 2003).

Los pastos y forrajes constituyen la principal fuente de alimentación de los hatos lecheros en nuestro país (Castro, y otros, 2008), son diversas especies que sustentan la producción lechera y cada una presenta una serie de características que la hace más o menos adaptable, a diferentes zonas de cada país (INATEC, 2016). Asimismo, presentan también una serie de características nutricionales y de producción que la tornan también más apta para un tipo de explotación u otro (Salazar, 2007).

2.2.2 Las Gramíneas. Las gramíneas son plantas herbáceas o leñosas, que pueden ser anuales o perennes; se consideran la familia más importante de las monocotiledóneas; su tamaño varía de los 2 a 3 cm a los 30 ms (Pinto, 2002).

Se distinguen por sus tallos (culmos) articulados, redondeados o aplanados, huecos, con nudos sólidos, las hojas aparecen en dos hileras, alternas de venas paralelas compuestas de vainas tubulares que nacen en los nudos, están abiertas por un lado y abrazan al culmo. La lámina tiene forma de cinta plana, doblada o con las márgenes enrolladas. En la unión de la lámina y la vaina hay un apéndice llamado lígula de textura delgada, (anillo de pelos), la raíz, tallo y las hojas constituyen los órganos vegetativos de la planta (Pinto, 2002).

El punto de crecimiento de las hojas está cerca al suelo, punto que rara vez es eliminado (a no ser que exista una presión de pastoreo muy intensa), lo que permite a la planta, volver a crecer, después del pastoreo (Castro, y otros, 2008).

Cada nueva hoja se desprende de las vainas enrolladas o dobladas de las hojas más viejas y continúa creciendo a partir del tejido de su base. La parte más antigua de la hoja es la punta y las hojas continúan su crecimiento rápidamente incluso después de que las puntas se han caído (Castillo-Gallegos y Rodríguez, 2010).

El desarrollo de tallos y hojas depende del sistema de raíces debajo del suelo. El crecimiento de las raíces está influenciado por el suministro de carbohidratos de las hojas, por tanto, las condiciones que favorecen el crecimiento de las hojas también favorecen el crecimiento de las raíces (Colabelli, Agnusdei, Mazzanti, y Labreveux, 1998).

2.2.3 Alimentación de los bovinos. La dieta de los rumiantes se basa fundamentalmente en el uso de la pradera, la cual se encuentra sujeta a variaciones climáticas que inciden directamente sobre la cantidad y la calidad de los pastos producidos durante la época seca, en esta época los pastos no cubren los requerimientos de los animales (Correa, Escalante, y Jaime, 2018).

La base de la alimentación de la ganadería tropical doble propósito, está conformada en forrajes pastoreados o cortados, acarreados y suministrados en sistemas semi-intensivos de producción (Murgueitio y Calle, 1998). La tasa de crecimiento se define como la velocidad con que se expande y la disponibilidad de forraje al momento del pastoreo, este se encuentra relacionado con factores climáticos tales como la precipitación, la temperatura y la luminosidad (Correa, Escalante, y Jaime, 2018).

Estas plantas se caracterizan por tener, en general, un crecimiento diferente durante el periodo de lluvias, y menores rendimientos en el período de sequía para los trópicos bajos (Fernández, Virgüez, y Hernández, 1991); Esto ocasiona que la producción de forraje sea variable, produciendo excedentes durante la época de lluvias y deficiencias durante las de sequía; el

resultado es un pasto con altos contenidos de fibra y bajos niveles de proteína, factores que limitan el consumo y la digestibilidad (Meléndez, 2011).

2.2.3.1 Estrategia de suplementación en ganado bovino. La producción de bovinos, depende, exclusivamente, de la disponibilidad y calidad de las pasturas, por lo que está influenciada por condiciones ambientales y de manejo (Rotar y Kretschmer, 1985).

A lo largo de la vida productiva del animal, éste sufre períodos cíclicos de restricción cualitativa y cuantitativa de nutrientes, particularmente durante el período de escasez de la precipitación pluvial, entre los nutrientes limitantes, se encuentra el nitrógeno y los minerales esenciales parecieran ser los componentes que permitieran, en forma económica, una respuesta significativa de carácter productivo (crecimiento o reproducción) de los bovinos a pastoreo en el trópico latinoamericano (Garay, Hernández, Urbina, Pérez, y Quiroz, 2002). Se suministra pasto estrella africano en asocio con leguminosas para obtener un mayor rendimiento en la producción lechera.

2.2.4 Características Generales del pasto estrella africano. Para los sistemas ganaderos de producción de leche es muy utilizado el pasto estrella africano (*Cynodon nlemfluensis*) por sus excelentes características de adaptación y componentes nutricionales (Villalobos y Arce, 2013).

2.2.4.1 Origen. Se conoce una gran variedad de especies del género *Cynodon* conocido comúnmente como Pasto Estrella Africana, en estas variedades se incluye: *Cynodon aethiopicus*, *C. nlemfluensis* y *C. plectostachyus* (Harlan, 1971). Se diferencia de Bermuda debido a que no presentan rizomas (Taliaferro y Richardson, 1980). Es nativo del Este de África y se encuentra distribuido a través de las regiones tropicales del mundo, fue introducido en los países centroamericanos entre los años 1962-1967. Su crecimiento es por medio de estolones entrenudos

largos y abundantes, lo cual le permite distribuirse rápidamente, generando raíces profundas y culmos de hasta 1 m de altura que al mismo tiempo producen semillas que facilitan su dispersión (Maya, Durán, y Ararat, 2005).

Este pasto se usa ampliamente en América Latina, gracias a sus características de productividad, facilidad de establecimiento y persistencia al pastoreo. Se caracteriza por ser una planta perenne, con habito de crecimiento erecto (0,50 a 0,75 m de altura) y estolonifero que cubre rápidamente el suelo (Salazar, 2008).

2.2.4.2 Clasificación taxonómica y parámetros productivos. Se presenta la clasificación taxonómica para el pasto objeto de estudio (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación taxonómica y parámetros productivos

Nombre común	Pasto Estrella
Nombre científico	<i>Cynodon plectostachium</i>
Otros nombres	Gigante, zacate estrella, estrella africana
Consumo Pastoreo	rotativo preferiblemente
Tipo de suelo	Suelos muy fértiles, francos o franco arcillosos y con alto contenido de materia orgánica.
Tipo de siembra	Por material vegetativo, estolones
Plagas y enfermedades	Atacado por lepidópteros (<i>Mocis latipes</i>), gusanos y chinches (<i>Blisus insularis</i>)
Toxicidad	Presencia de glucógenos cianogénicos que pueden convertirse en cianuros y producir toxicidad
Tolera	Aguachina miento, sequía y sombra, No tolera Sequias extrema
Asociaciones	<i>Arachis pintoi</i> y <i>Desmodium ovalifolium</i>

Fuente: INATEC, 2016.

2.2.4.3 Adaptabilidad. Se desarrolla bien en climas cálidos y secos con precipitaciones mínimas anuales de 500 a 750 mm y se adapta desde el nivel del mar hasta los 2.000 m.s.n.m, así

mismo, resiste bien los suelos con diversos grados de acidez, pero su pH óptimo se encuentra entre 5,5 y 6,0 (INATEC, 2016). Se limita su productividad en zonas donde las temperaturas bajan a -5°C , por otro lado, las temperaturas altas inhiben el crecimiento, a no ser que exista un suministro adecuado de humedad ya que no tolera excesos de agua por periodos superiores a los 5 días (Velázquez, 2010). Responde muy bien a la fertilización y al riego, y puede soportar cargas animales de 4 unidades animales por hectárea (Rodríguez y Ceballo, 2004).

La calidad del forraje es en general baja, aunque se reporta muy apetecible y de fácil consumo por parte del ganado bovino, especialmente cuando está tierno y entre más blando es más palatable y de mayor digestibilidad (Salazar, 2008).

El contenido de proteína cruda del forraje puede alcanzar el 20 por ciento o más de la materia seca pero también se registran valores tan bajos como el 8 por ciento, y aún valores de 5,2 por ciento se han encontrado en el heno (Fernández, Virgüez, y Hernández, 1991).

2.2.4.4 Diferencias entre las variedades *C. Nlemfluensis* y *C. plectostachyus*. *C.*

plectostachyus es robusta, fácilmente identificable debido a la presencia de glumas en la espiguilla, las cuales son muy cortas o inexistentes. Esta especie se mantiene aislada de otras y no se han reportado casos de éxito en intentos de hibridación. Se distribuyó naturalmente en la región del “Rift Valley”, desde Etiopía hasta Tanzania. Esta especie es vigorosa y palatable.



Figura 1. *C. plectostachyus* fácilmente identificable debido a la presencia de glumas en la espiguilla

Fuente: INATEC, 2016.

Por un lado, *C. nlemfluensis*, es una especie más promisoría de los “Estrella de África” robustos, sus dos variedades son muy distintas morfológicamente y bien definidas genéticamente; sin embargo, individuos intermediarios han sido producidos fácilmente y se cruzan con ambas variedades botánicas de *C. nlemfluensis*. La variedad *Robustus* es fácilmente identificable por sus racimos muy largos, flexibles, ordenados en un eje concéntrico. La longitud de la gluma frecuentemente excede 75 % de la longitud de la espiguilla (Rotar y Kretschmer, 1985).

Las plantas son grandes y robustas, con follaje suave y liso, nunca tan piloso como *C. plectostachyus*. La variedad *Nlemfluensis* tiende a ser fina, menos robusta y frecuentemente glauca, con racimos cortos, arreglados en un eje concéntrico único y la inflorescencia similar a la

de *C. dactylon*, de gran tamaño. Soporta mejor la sequía y altas temperaturas, en comparación con *Robustus* (Rotar y Kretschmer, 1985).

Los nombres comunes de Estrella de África, Estrella Mejorado y Estrella Sto. Domingo han sido utilizados indiscriminadamente en la literatura, provocando amplias confusiones. Mucha de la información publicada para *C. plectostachyus* se debe referir a *C. aethiopicus* u ocasionalmente a *C. nlemfluensis* (Salazar, 2008).

2.2.4.5 Sistema de pastoreo. Algunos autores como Salazar (2008), afirman la baja tolerancia al sobrepastoreo continuo y que requiere de periodos de descanso que van entre los 21 y 42 días, recomendando un sistema de pastoreo rotacional continuo, donde se logre mantener la altura del material remanente entre 15 y 25 cm.

El periodo de descanso puede extenderse en épocas de crecimiento lento y puede acortarse, en periodos de crecimiento rápido, siempre y cuando se mantenga la altura del material remanente (Bogdan, 1977).

El pasto Estrella (*Cynodon plectostachyus*) se utiliza principalmente para el pastoreo del ganado, pero en ocasiones se cosecha para ensilado y henificación (puro o en mezcla con leguminosas) o para corte (forraje verde). Es una especie de gran valor para el control de erosión en suelos pobres y en zonas de ladera (Maya, Durán, & Ararat, 2005)

2.2.4.6 Producción de Forraje. Se reporta una gran variabilidad en la producción de forraje, situación determinada por las condiciones del suelo y el clima. En este aspecto, el pasto Estrella tuvo en Paso del Toro, Veracruz, los mayores valores de producción en dos épocas del año y a edades de rebrote en las que fue evaluado en comparación con el resto de las localidades

analizadas (Meléndez, 2011).

Las variaciones en la producción de forraje en diversos ambientes agroecológicos, en el estado de Tabasco, muestran que dicha producción está estrechamente influenciada por la fertilidad del suelo; al respecto, los suelos en los que ocurre el mejor desempeño de esta especie son los fluvisoles, mientras que los oxisoles no son los más apropiados para el desarrollo del pasto Estrella, ya que son suelos ácidos de baja fertilidad (Meléndez, 2011).

2.2.4.7 Ventajas de su utilización. El pasto Estrella es un pasto con múltiples atributos; su fácil propagación, agresividad con otras plantas, capacidad invasora, tolerante a suelos con mal drenaje, de valor nutritivo medio, alta producción de forraje, buena respuesta a la fertilización, alta capacidad de persistencia bajo condiciones de pastoreo de baja profesionalización., entre otros (Fernández, Virgüez, y Hernández, 1991).

2.2.4.8 Desventajas de su utilización. Una desventaja que ha venido agudizándose en los últimos años es su susceptibilidad a plagas, particularmente a la mosca pinta o salivazo y al gusano falso medidor, los cuales causan daños a la planta, que en la mayoría de los casos son pasajeros, pero que indudablemente disminuyen la capacidad productiva de esta especie de 1 a 3 meses, dependiendo del grado de daño que hayan tenido de las plagas (Salazar, 2007).

Debido a que no se recomienda la utilización de insecticidas en amplias superficies, por su baja rentabilidad, se recomiendan pastoreos intensos con el fin de establecer “guardarrayas” para la plaga y/o planear su control en épocas de infestación en cultivos básicos, generalmente portadores de éstas (Salazar, 2007).

El pasto Estrella es altamente persistente bajo un pastoreo moderado; si se da un manejo fuerte (sobrepastoreo), puede ser invadido por maleza, particularmente de gramíneas como *Paspalum conjugatum*, que cubren densamente el suelo y no permiten o no dan espacio para que los estolones del Estrella se anclen al suelo, por lo que un manejo adecuado asegura su persistencia por muchos años (Meléndez, 2011).

2.2.4.9 Demanda de nutrientes. El pasto Estrella requiere de nutrimentos en base a la cantidad de forraje que produce. Esta especie, con una producción de 28 T/Ha/Año, extrae altas cantidades de N y P y cantidades inferiores de K, Ca y Mg (Villalobos, 2012). Con relación a la aplicación de fertilizante que requiere, ésta dependerá de la fertilidad del suelo; de esta forma, se ha obtenido una respuesta lineal a las aplicaciones de N hasta los 600 kg/Ha/Año; en suelos que presentan deficiencias de nutrimentos, esta respuesta es más común en N, dada la mayor tasa de extracción de este nutrimento y a la deficiencia que ocurre en los suelos tropicales (Meléndez, 2011).

2.2.5 Relación hoja/tallo. El IAF afecta el crecimiento del pasto luego del pastoreo, pero ello va a depender de: 1) La magnitud del IAF. 2) La tasa de crecimiento de la pastura es máximo cuando se alcanza un IAF óptimo o crítico. En este punto óptimo, la mayor cantidad de luz es interceptada por las hojas de la pastura (más o menos el 95% de la luz, y la relación fotosíntesis / respiración es máxima).

El área foliar medida con equipos costosos puede ser reemplazada por métodos sencillos que deben ser probados para su aplicación. Se han desarrollado varios métodos para la determinación del área foliar en diferentes cultivos (Bianco, Pitelli & Bianco, 2005).

Se pueden utilizar equipos como los planímetros que miden este parámetro, pero su elevado costo no los hace de fácil disponibilidad; por lo tanto, se han evaluado otros métodos como la medición de largo y ancho de las hojas y la aplicación de regresiones (Galindo y Clavijo, 2007).

Se han encontrado relaciones sencillas para determinar el área foliar de gramíneas como la obtenida por Solórzano (1988) en sorgo, quien logró un acercamiento preciso al área foliar de este cultivo mediante la relación (largo * ancho de la hoja) * 0,70. De igual manera, Mendez (1993), en investigaciones realizadas sobre diferentes tipos de pasturas y otras especies, encontró diferentes ecuaciones de regresión en cuatro variedades de pastos que fueron evaluadas. La ecuación: Área foliar = (Largo * ancho) * 0.905, fue la más consistente en todo el conjunto de datos analizados.

Por último, el aumento en la intensidad de pastoreo reduce el área foliar residual y por ende el crecimiento del pastizal, a través de una menor tasa de crecimiento y una mayor necesidad en la movilización de las reservas, situación que varía en dependencia de la especie de planta y el grado de intensidad con que son defoliados (Bianco, Pitelli, y Bianco, 2005).

2.2.6 Índice de Área Foliar (IAF). El IAF es una variable adimensional definida por Watson (1947), como el área total de una cara del tejido fotosintético por unidad de terreno; es aceptable en especies con hoja ancha ya que ambas caras de la hoja tienen la misma superficie.

El rebrote después del pastoreo y su posterior manejo está determinado principalmente por el índice de área foliar (IAF) siendo esta la proporción de hojas que cubren la proyección de ellas en el suelo (Warnok, 2006). El índice de área foliar (IAF) es la expresión numérica adimensional resultado de la división aritmética del área de las hojas de un cultivo expresado en m² y el área de suelo sobre el cual se encuentra establecido, también expresado en m² (Acosta, 2008).

El IAF permite estimar la capacidad fotosintética de las plantas y ayuda a entender la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo condiciones ambientales imperantes en una región determinada (Warnok, 2006).

La altura de corte o pastoreo es un elemento determinante en la dinámica de crecimiento de los pastos por su estrecha relación con la remoción de los puntos de crecimiento que ocurren durante la cosecha y el balance de carbohidratos de reservas (Chacón-Moreno y Sarmiento, 1995).

Cuando el corte o pastoreo se efectúa a bajas alturas, el crecimiento vegetativo se afecta severamente en la primera fase o etapa de crecimiento, debido a que la planta no dispone de un área foliar remanente capaz de efectuar una fotosíntesis activa que le permita una adecuada conversión de energía lumínica en biomasa, dependiendo el crecimiento en esta etapa de las reservas orgánicas de la planta (Cruz y Moreno, 1992).

La morfología y el hábito de crecimiento de las especies tienen una gran influencia en la interrelación entre la defoliación, el IAF residual y la capacidad de intercepción de la luz, con respuestas diferentes en cada especie de acuerdo con el manejo impuesto (Acosta, 2008).

EL IAF es un indicador útil de la capacidad fotosintética de la comunidad vegetal bajo pastoreo. Existe bajo pastoreo una constante interacción entre tres elementos: el crecimiento, el IAF y los factores ambientales (figura 2).

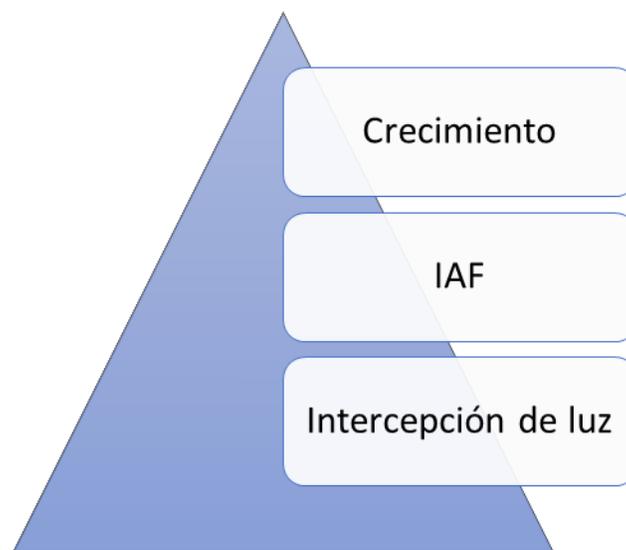


Figura 2. Interacciones entre la pastura y factores ambientales

Fuente: Bianco, Pitelli, & Bianco, 2005.

2.2.6 Curva de crecimiento o rebrote de la planta. En condiciones de pastoreo la dinámica de crecimiento no sólo depende de las variaciones del clima y el suministro de nutrientes sino de la acción de los animales en el pastoreo, cuyas interacciones son numerosas y complejas, con respuestas morfológicas y fisiológicas variables en dependencia del hábito de crecimiento, mecanismos de propagación, persistencia y del sistema de manejo empleado en su explotación (Del Pozo & Herrera, 1995).

Aunque se argumenta que la dinámica de poblaciones en las plantas aplica para todas las especies y tipos de sistemas de pastoreo, hay evidencias en que los flujos de los tejidos y dinámicas de los tallos en especies tropicales es distinta y hasta ahora se está investigando (Nave, Pedreira, y Lima, 2009). Sin embargo, características como altura de la planta, relación hoja tallo, tasas de crecimiento, expansión foliar entre otras presentan una relación directa con la productividad y calidad de la oferta forrajera (Paciullo, 2002).

A su vez, Delgado (1978) consideró que el volumen y distribución de las precipitaciones ejercen una marcada influencia en la curva de crecimiento de los pastos, ya que un déficit de humedad en el suelo provoca un estado de marchitez temporal o permanente donde la absorción de CO₂ atmosférico se ve afectada por el cierre de las estomas, esto disminuye la actividad fotosintética y, por consiguiente, la producción de materia seca.

En sistemas rotacionales el crecimiento de *Panicum, máximum Jacq* y *Andropogon gayanus*, se encontró similares respuestas en la acumulación de masa seca según la edad de rebrote, pero con diferencias en su cinética de crecimiento, así como en las relaciones con sus componentes morfológicos, el porcentaje de hojas, el perímetro y diámetro de las macollas fueron las variables que más se correlacionaron.

En *Cynodon nlemfuensis*, manejado bajo alta intensidad de pastoreo, Del Pozo y Herrera (1995), informaron un aumento en la masa seca total y el de sus componentes morfológicos con el aumento de la edad y a partir de los ajustes encontrados en los cambios de masa seca total, señalaron que la máxima velocidad de crecimiento se registró en la tercera y cuarta semana con valores de 0,599 y 0,243 t MS/Ha, respectivamente.

2.2.8 Valor nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. En el caso para los forrajes tropicales, las condiciones medioambientales aceleran el metabolismo y deponen los metabolitos de fotosíntesis en estructuras de defensa como ligninas y en reservas para el desarrollo, se observa un descenso en la calidad nutricional (Villalobos y Sánchez, 2010). Ambos factores deben ser controlados para que no se afecte el consumo de la pradera a través del respeto de los tiempos de ocupación y reposo.

Los pastos tropicales se caracterizan por su valor nutricional medio a bajo debido a su contenido proteico típicamente bajo y una proporción de la pared celular alta que limitan la producción de proteína microbiana en el rumen (Pinto, 2002).

El pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) para la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica presentó en promedio durante de 2 años una composición nutricional de 23,57% MS, 20,27% PC, 2,67% EE, 10,97% cenizas, 64,21% FDN, 34,95% FDA, 4,06% lignina y 68,02% DIVMS y su contenido energético para las variables de TND, Energía Metabolizable, ENL (3X) y ENG fue 61,37%; 2,71; 2,05; 1,25 y 0,78 Kcal. Kg de MS, respectivamente.

2.2.8.1 Componentes nutricionales. El valor nutricional del pasto estrella africana varía a lo largo del año como resultado de la climatología, observado en la zona de Monteverde, Costa Rica, siendo las fincas con influencia de la vertiente del Pacífico las de menor afectación en la calidad del forraje. El pasto estrella africana mostró un contenido de PC superior a lo reportado para dicha especie y, en general, para pastos tropicales, por lo cual no es limitante para la producción láctea (Velázquez, 2010).

Materia Seca (MS): Es igual al 100% menos el porcentaje de humedad o agua que contiene la muestra y representa a todos los nutrientes presentes en la muestra como la proteína, fibra, grasa, minerales, etc. Habiendo señalado esto, todas las interpretaciones de las mediciones nutricionales se deben hacer en base materia seca, ya que es lo que finalmente contiene los nutrientes que consume la vaca. El contenido de agua de la muestra no importa (Fernández, Virgüez & Hernández, 1991).

Proteína Cruda (PC): El total de proteína de la muestra que no es nada más que el contenido total de nitrógeno de la muestra multiplicado por 6,25. Por lo tanto refleja tanto la proteína

verdadera como el nitrógeno no proteico, y no dice nada en cuanto a la calidad de la proteína (Fernández, Virgüez & Hernández, 1991).

Fibra Detergente Neutro (FDN): Es una medición de la hemicelulosa, celulosa y lignina representando toda la parte fibrosa del forraje. Estos 3 compuestos representan las paredes celulares de los forrajes y se denominan en general como “carbohidratos estructurales”. El contenido de FDN de las dietas o forrajes se correlaciona en forma negativa con el consumo de alimento. Vale decir, FDN en exceso va a determinar un menor consumo de alimento por parte del animal. El mejor ejemplo es la paja de trigo. Este forraje contiene elevadas cantidades de FDN y su aporte en exceso va a limitar el consumo de materia seca por parte del animal (Fernández, Virgüez, y Hernández, 1991).

Fibra Detergente Ácido (FDA): Es la cuantificación de la celulosa y la lignina. A medida que el contenido de lignina aumenta la digestibilidad de la celulosa disminuye; por lo tanto, el contenido de FDA se correlaciona negativamente con la digestibilidad total del insumo evaluado (Fernández, Virgüez & Hernández, 1991).

Lignina: Es un componente indigestible de los forrajes. Mientras más madura es una planta más alto es su contenido de lignina, y por ende menos digerible (Fernández, Virgüez & Hernández, 1991).

Fibra Cruda (FC): Es un método antiguo que cuantifica la fibra y se utilizaba para clasificar a los carbohidratos en digeribles y no digeribles. La fibra cruda evalúa casi todo el contenido de celulosa y sólo una porción de la lignina. Por lo tanto, es una medición que se debería dejar de lado ya que no entrega una apreciación precisa de los carbohidratos estructurales de los alimentos (Fernández, Virgüez & Hernández, 1991).

Grasa Cruda o Extracto Etéreo (EE): Se determina típicamente por extracción con “éter”.

Las grasas son nutrientes altamente energéticos y contienen 2,25 a 2,8 veces la cantidad de energía encontrada en los carbohidratos (Fernández, Virgüez & Hernández, 1991).

Cenizas: Es una medición del contenido total de minerales de la muestra. Algunos laboratorios tienen la capacidad de medir todos los minerales, mientras que otros sólo algunos de ellos. Dentro de los minerales a medir tenemos los macro minerales Calcio (Ca), Fosforo (P), Magnesio (Mg), Potasio (K), Sodio (Na), Azufre (S), Cloro (Cl) y los micro minerales Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Cobalto (Co), Selenio (Se), Molibdeno (Mo), Manganeseo (Mn) y Iodo (I) (Fernández, Virgüez, y Hernández, 1991).

2.3 Marco Conceptual

A continuación, se presentan los términos claves para el desarrollo y comprensión del proyecto.

Valor nutricional. El valor nutritivo de un pasto depende de dos factores, su composición química y su digestibilidad. Estos dos factores varían principalmente con la edad, fertilidad del suelo, especie de pasto, parte de las plantas y manejo (Maya, Durán, & Ararat, 2005).

Pastura. Son biomasas forrajeras donde pastorea el ganado, puede ser natural; (ejemplo: los ecosistemas de sabanas del Caribe nicaragüense) o establecidos (potreros con distintos tipos de pastos de porte baja) (INATEC, 2016).

Pastos tropicales. Estos pastos tienen un gran potencial para la producción de biomasa; las gramíneas tropicales poseen características anatómicas, bioquímicas y fisiológicas, que las hacen potencialmente más eficientes en el proceso fotosintético que las leguminosas y las gramíneas de la zona templada (Harvard-Duclos, 1968).

Carbohidratos. Son componentes esenciales presentes en azúcares, almidones y fibra; su función principal es el aporte energético. Constituyen las 3/4 partes del peso seco de las plantas (INATEC, 2016).

Lignina. Es un importante carbohidrato estructural, que pertenece a una clase de polímeros orgánicos complejos los cuales forman un material estructural en los tejidos de soporte de plantas vasculares y de algas (Martone, y otros, 2009).

Producción láctea. Es el proceso que está encaminado a la obtención de la leche como materia prima de valor y calidad, es el insumo primordial para la producción de queso, cuajada, crema, quesillo, entre otros y el sustento económico de las familias campesina colombianas (Zamorán, 2017).

Agro climatología. Es una ciencia que permite comprender la influencia que tienen los factores climáticos en la producción. Una vez conseguido este objetivo su aplicación garantiza la utilización racional de este conocimiento en la toma de decisiones de cara a la optimización de la planificación agrícola (Rojas y Mota, 2002).

Pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*). Es una gramínea perenne que produce tallos extensos con entrenudos largos de 5 a 10 cm y abundantes estolones hasta de 5 m de longitud, posee inflorescencia digitada o sub digitada, con tallos delgado, sin pubescencia, erecto o recostado sobre el suelo formando estolones de 2-3 mm de anchos y con las puntas ascendentes por 30-60 cm (INATEC, 2016).

Forraje verde: son gramíneas o leguminosas cosechadas para ser suministradas como alimento a los animales, sea verde, seco o procesado (heno, ensilaje, rastrojo, sacharina,

amonificación) (INATEC, 2016).

Fenología. Parte de la meteorología que estudia las repercusiones del clima sobre los fenómenos biológicos de ritmo periódico, como el florecimiento o la migración de aves (De Fina y Ravelo, 1985).

Punto óptimo de cosecha. También es llamado PVO (punto verde óptimo) el cual se presenta siempre en una edad intermedia entre la edad a la que se registra su mayor tasa de crecimiento - EMF y la Energía Metabolizable – EM (Bernal y Moreno, 1997).

Potrero. Es un concepto que se emplea para nombrar al proceso y a las consecuencias de pastorear. Este verbo, por su parte, refiere a trasladar al ganado a un terreno en el que pueda alimentarse con pasto y plantas. Quien se encarga de desarrollar el pastoreo del ganado recibe el nombre de pastor (Shenk, 1984).

Sistema semiestabulado. Es un área destinada a la producción ganadera en la finca, donde debe existir un establo, pasto de corte, potreros (rotacionales) para el pastoreo, infraestructura para el picado y producción de abonos orgánicos, bebederos, saladeros, etc., (Chalate-Molina, Pérez-Hernández, Ortega-Jiménez, y Vilaboa-Arroniz, 2010).

Digestibilidad. La digestibilidad de todos los materiales está dada en función de la composición celular y, más precisamente, de la composición química de cada forraje en estudio. Las células vegetales están constituidas por una fracción correspondiente al contenido celular y otra a la pared celular (Juárez, 2004).

Periodo de recuperación o de descanso. Es el lapso comprendido entre dos pastoreos sucesivos, durante el cual el pasto se deja descansar. Los forrajes necesitan un descanso entre 28

o 36 días en la época de lluvia y hasta más de 45 días en la seca para que haya una acumulación de reserva de carbono en su sistema radicular, que servirá para una buena recuperación evitando el sobrepastoreo (Rodríguez y Ceballo, 2004).

Biomasa. Es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica e industrial formada en algún proceso biológico o mecánico, generalmente es sacada de los residuos de las sustancias que constituyen los seres vivos (plantas, ser humano, animales, entre otros), o sus restos y residuos (Cerdas y Vallejos, 2011).

Periodo de ocupación. Es el tiempo total empleado en el pastoreo de un potrero por todos los grupos de animales en cada rotación; cuando hay un solo grupo de animales, el periodo de permanencia es igual al periodo de ocupación. Si el periodo de permanencia es igual para todos los grupos, el periodo de ocupación será igual al periodo de permanencia multiplicado por el número de grupos (Rodríguez y Ceballo, 2004).

Altura remanente. Es la altura del pasto al momento del corte o pastoreo, junto con el tiempo de reposo o edad de rebrote, son elementos relevantes a tener en cuenta, en lo referente a la productividad de la pradera y la calidad nutricional de la misma (Acosta, 2008).

Gramínea Perenne. En esta clasificación se encuentran las plantas herbáceas o leñosas perennes que vive durante más de dos años o, en general, florece y produce semillas más de una vez en su vida (Font, 1953).

Estolonifera. Manera de propagación de algunas plantas, es un brote lateral que nace en la base del tallo de algunas plantas herbáceas y que crece horizontalmente con respecto al nivel del suelo, de manera epigea (surge perpendicular al suelo) o subterránea (Font, 1953).

Sistemas de pastoreo. Se define como el consumo directo del pasto por el animal en el campo, el concepto incluye al hombre durante el proceso para el cuidado y supervisión de los animales, además de mantener la calidad y nutrición del suelo (INATEC, 2016).

Bromatología. Es el estudio de los alimentos, de su composición, de sus propiedades, del proceso de fabricación y de almacenamiento y de sus ingredientes (Kuklinski, 2003).

Compactación del suelo. Es un daño que afectan primordialmente a la estructura del suelo causados por el tránsito y el pisoteo de animales en pastoreo, reduciendo significativamente el volumen de los vacíos del suelo, causando con ello alteraciones en la humedad y el posible intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera, así como el libre desarrollo de las raíces (Medina, 2016).

Pastoreo continuo. Este sistema consiste en mantener un número determinado de animales permanentemente en el potrero hasta que sean sacados al mercado. El sistema presenta ventajas y desventajas tanto para el pasto como para el animal (INATEC, 2016).

Pastoreo rotativo. Este sistema consiste en dividir el área total en tres o más potreros de tal manera que mientras uno está ocupado los demás permanecen en descanso. Los animales no deben de regresar al potrero previamente pastoreado sin que haya transcurrido un tiempo suficiente para su recuperación (INATEC, 2016).

Pastoreo en franjas. Es un sistema en el cual se asignan franjas por medio del uso cerca eléctrica al potrero, y diariamente o por períodos menores de un día, se va corriendo garantizando la suficiente alimentación del grupo de animales (INATEC, 2016).

2.4 Marco Contextual

La Granja Experimental UFPSO se encuentra ubicada en la provincia de Ocaña municipio colombiano ubicado en el departamento de Norte de Santander, con coordenadas de 8°14'46"N 73°21'19"O situado a la zona nordeste y está conectado por carreteras nacionales con Bucaramanga, Cúcuta y Santa Marta (figura 3) (Alcaldía del municipio Ocaña., 2019).



Figura 3. Ubicación geográfica del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Fuente: Alcaldía del municipio Ocaña, 2019.

La presente investigación se realizó en los potreros y en el laboratorio de nutrición animal de la Granja Experimental UFPSO, ubicado al margen derecho del río Algodonal, dentro del campus universitario, a una altura de 1150 msnm, con una temperatura promedio de 23°C, piso térmico templado, con una temperatura no menor a los 8°C y no mayores a los 30 °C, con precipitaciones entre los 1.000 y 2.000 mm anuales, las lluvias durante el primer semestre son escasas, se presentan lluvias en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, donde se aprovechan los cultivos semestrales, además presenta una humedad relativa del 70% y una extensión de 135 Ha.

En esta granja experimental actualmente existen cinco proyectos pecuarios, dedicados a la producción de animales y a la transformación de la materia prima, carne de cabra, cunícola, porcina, avícola y bovinos (figura 4), es en este último proyecto en donde se desarrolló la presente investigación, además todas las actividades se desarrollaron bajo la norma de bioseguridad y bioética animal (UFPSO, 2019).



Figura 4. Corral del proyecto bovino ubicado en la granja Experimental UFPSO

El proyecto bovino cuenta actualmente con un área aproximada de 9 hectáreas divididos en 26 potreros para el pastoreo (*Cynodon plectostachyus* y *guinea*), 5 lotes de pasto de corte (*Pennisetum purpureum* y King grass (híbrido entre *Pennisetum purpureum* Schum y *P. typhoides*).



Figura 5. Levantamiento espacial de los potreros en la granja experimental UFPSO

Fuente: UFPSO, 2019.

2.5 Marco Legal

La normatividad es ineludible para que los productores y los profesionales colombianos avancen de manera coordinada y estandarizada, en aras de mejorar sin interrupciones la productividad, en pro al desarrollo agrario (Weisleder, Álvarez, y Valverde, 2019).

Resolución No. 002341 del 23 de agosto de 2007, expedida por el ICA, estableció los requisitos sanitarios que deben cumplir los predios de producción primaria dedicados a la producción de bovinos y bufalinos destinados para el consumo humano, como el registro de predios, buenas prácticas de alimentación, entre otras.

Ley 1774 de 2016 o ley contra el maltrato animal, modifica el artículo 655 del Código Civil y de esta forma los animales recibirán especial protección contra el sufrimiento y el dolor, en especial, el causado directa o indirectamente por los humanos. Multas de 5 a 50 salarios mínimos legales vigentes mensuales para quienes incurran en actos dañinos y de crueldad en contra de los animales.

De igual forma, se establece una pena de 12 a 36 meses de prisión e inhabilidad especial de uno a tres años, y multa de 5 a 60 salarios mínimos legales vigentes mensuales (smlmv), para quien cause la muerte o lesione gravemente la salud o integridad física de los animales silvestres, domésticos y amansados. La ley también permite que la Policía Nacional retenga a los animales que estén siendo víctimas de maltratos.

Resolución. 3585/2008. Debe existir un procedimiento documentado sobre la adquisición de animales que especifique que: vienen de fincas registradas ante el ICA con la documentación que acredite el estado sanitario y el cumplimiento de los requisitos sanitarios en brúcela y tuberculosis.

Artículo 4. Registros de los hatos. Para efectos de la trazabilidad del hato y para el control oficial de enfermedades de declaración obligatoria, los hatos deben registrarse en la oficina local del ICA o quien este delegue.

Artículo 5. Requisitos que deben cumplir los hatos productores de leche.

Artículo 6. De la rutina de ordeño. El ordeño se debe realizar en un sitio adecuado y dedicado exclusivamente para este fin, con adecuadas condiciones de limpieza, bienestar y seguridad de los animales y personal encargado del ordeño, este proceso de limpieza y mantenimiento debe estar debidamente establecido y documentado y colocado en un lugar visible; los pisos de la sala de ordeño deben estar en buen estado, lisos para que no facilite la formación de charcos con inclinación para facilitar el drenaje y el material de construcción debe ser de fácil limpieza, por ningún motivo se debe permitir la entrada de animales de otras especies.

Artículo 8. Requisitos sanitarios para las instalaciones y áreas. Todo predio dedicado a la producción de bovinos, deberá: estar localizado de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial aprobado por el municipio, disponer de cercos, broches, puertas y otros mecanismos con cierres en buen estado, contar con corrales, mangas, bretes, embarcadero y demás áreas adecuadas que permitan a los operarios realizar con comodidad y seguridad los distintos procedimientos de manejo y brinden bienestar a los animales.

Si posee corrales y construcciones de confinamiento, estos deben contar con el espacio requerido por cada animal en función de su bienestar. Los pisos deben ser de un material que evite caídas y problemas pódales y facilite la limpieza y el drenaje de excretas.

Contar con potreros o corrales de aislamiento para los animales que requieran tratamiento veterinario y manejo especial. Los predios deben estar ubicados en área compatible con el uso del suelo, determinado en el “Plan de Ordenamiento Territorial”.

Artículo. 9. a. b. (Resolución. 3585/2008). Todos los animales deben estar identificados de manera individual y permanente, con un número único e irrepetible durante toda su vida; identificar cada animal inmediatamente ingrese a la finca, ya sea por nacimiento o compra.

Artículo 11. Sanidad animal y bioseguridad. Los predios dedicados a la producción bovina deberán cumplir con la reglamentación vigente establecida por el ICA, formular y aplicar un plan de manejo sanitario y medidas de bioseguridad.

Artículo 12. Trazabilidad: todos los predios dedicados a la producción de bovinos y bufalinos deben implementar el sistema de trazabilidad oficial de conformidad con lo establecido en la normatividad vigente en esta materia.

Artículo 13. Buenas prácticas para el uso de medicamentos veterinarios – BPUMV.

Artículo 14. Buenas prácticas para la alimentación animal – BPAA.

Artículo 15. Bienestar animal. Todos los predios dedicados a la producción bovina y bufalina deben garantizar el bienestar animal.

Artículo 17. Registro de vehículos para el transporte de bovinos y bufalinos en pie. Todo vehículo dedicado al transporte de bovinos y bufalinos en pie, deberá encontrarse registrado de conformidad con lo establecido en el Decreto 3149 de 2006, Decreto 414 de 2007, y las disposiciones reglamentarias que debe expedir el Ministerio de Transporte, así como las que las modifiquen, adicionen o sustituyan.

Artículo 18. Requisitos para los vehículos que transportan bovinos y bufalinos en pie. Para el transporte de los bovinos y bufalinos, los vehículos deben cumplir con los siguientes requisitos:

a) La estructura del área de carga no debe presentar aristas, puntas, ni salientes que puedan generar daño o lesión a los animales.

Decreto 616 de 2006. La normativa establece que la leche cruda debe tener unos valores de proteína de 2,9%, grasa de 3,0% y sólidos totales de 11,30%, respectivamente [4, 5]; y no deben superar las 700.000 ufc/mL de bacterias aerobias mesófilas para ser considerada de calidad estándar.

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación es de carácter cualitativo experimental, se enfocó en evaluar las diferentes edades de corte a los 7 – 14 – 21 – 28 – 35 – 42 días, sobre la producción y composición nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), establecido en la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población. El proyecto bovino contó con un área aproximada de 9 hectáreas divididos en 26 potreros para el pastoreo, encontrando, pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y guinea (*Panicum máximum*) y 5 lotes de pasto de corte el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y King Grass (Híbrido entre *Pennisetum purpureum* y *Pennisetum typhoides*).

3.2.2 Muestra. El área muestral que se utilizó para realizar la investigación fueron 3 potreros de 3.000 m² cada uno, delimitados por cerca eléctrica. Las muestras se tomarán semanalmente durante seis semanas lo cual pertenecen a seis edades diferentes 7 – 14 – 21 – 28 – 35 – 42 días, con cinco repeticiones o replicaciones por cada semana.

3.3 Instrumentos para la Recolección de Información

Para el área foliar se empleó un planímetro CI -203 CA- CID.

Para el análisis bromatológico en el secado de la muestra y para obtener materia mineral se utilizó un equipo horno de mufla.

Se utilizó la balanza analítica para pesaje del aforo.

Se utilizó la parrilla eléctrica de placa con termostato.

Se utilizó el Extractor Soxhlet.

3.4 Fases del Proyecto

Para llevar a cabo el proyecto, se realizaron los diferentes procedimientos, explicados a través de las siguientes fases.

Para cada edad de corte (7 – 14 – 21 – 28 – 35 – 42 día), se tomaron cinco muestras por cada potrero, denominadas repeticiones o replicas, se determinó la relación hoja/tallo, se calculó el índice de área foliar, se realizó la curva de crecimiento y se analizó la calidad nutricional.

3.4.1 Fase 1. Producción de forraje verde (aforo). Para estimar la producción de forraje verde, se siguieron los siguientes pasos (unidades: kilogramo por hectárea)

Se seleccionaron 3 potreros de 3.000 m² cada uno, delimitados por cerca eléctrica.

Para realizar el corte de pasto que posteriormente fue la muestra, se utilizó la metodología presentada por Carrera y Fierro (2010), para ello, se construyó un marco cuadrado con PVC de 1m x 1m (figura 6), fijándose con “codos” de PVC, se realizó cinco lanzamientos al azar del cuadrado repitiéndose para cada semana, es decir cinco muestras por cada semana. Se utilizó la mano para simular el corte que haría el animal al consumir el pasto.

Se rotuló la muestra con la fecha, y número de muestra, las cuales fueron llevadas al laboratorio de nutrición animal.

El peso total se dividió por el número de cuadros lanzados y de esta forma se obtendrá la cantidad de forraje que se produce por cada metro cuadrado (Gamarra, 2004).



Figura 6. Aforo para recoger las muestras y determinar la relación hoja/tallo

Los datos fueron registrados en el formato B (ver figura 7), donde se anotó la ID del potrero, el área en m², los días de ocupación, el forraje total (la suma de los seis puntos seleccionados en el aforo del primer potrero), el porcentaje de pérdidas de forraje, el consumo del animal en kilogramos y por último observaciones.

		Formato B. Control de Aforo				
ID potrero	Área M2	Ocupación	Forraje Total	Desperdicio %	Consumo KG	Observacion

Figura 7. Formato B. Utilizado para el control de los aforos realizados en cada potrero

3.4.2 Fase 2. Relación hoja/tallo. Para determinar la relación hoja/tallo del pasto estrella africana (*cynodon plectostachyus*) se siguió la metodología planteada por Cook, y otros (2005).

Se realizó el conteo de número de hojas vivas y tallos para las cinco replicas, esto para cada semana para un total 30 muestras durante las seis edades de evaluación.

Para cada hoja se realizó las medidas de largo por ancho.

Se realizó el pesaje para cada muestra separada por tallo y hojas.

Se tomó registros en físico también de manera digital, se anotó la identificación de la muestra, el peso inicial de la muestra, el peso de los tallos y el peso de las hojas, para cada muestra, además se digitaron los valores en el software Excell, de Microsoft Office®.

Con estos valores se obtuvo la Relación Hoja / Tallo la cual se estimó como el cociente entre el peso seco de las fracciones hoja y tallo.

$$\text{Relación hoja / tallo} = \frac{\text{Peso seco de las hojas}}{\text{Peso seco del tallo}}$$

3.4.3 Fase 3. Índice de Área Foliar (IAF). El conteo para determinar el área foliar se realizó a partir del último rebrote lateral debido a la forma de crecimiento en estolones del pasto estrella (*Cylodon plectostachyus*) (Solórzano, 1988).

Una vez tomadas las 5 muestras por cada una de la edad de corte, se llevó al laboratorio y se pesó en la balanza analítica para iniciar con la determinación del área foliar. Fuente: INATEC, 2016.

Las muestras una vez separadas por hoja y tallo y pesadas en la balanza analítica (fase 2), se calculó el área foliar utilizando un planímetro CI -203 CA- CID, siguiendo la metodología de Solórzano (1988).

Por último, se realizó el cálculo de una constante que permitió obtener información más aproximada al área foliar medida en el planímetro.

Se promedió los datos del AF en el planímetro y el producto obtenido del largo * ancho de la hoja, se le aplicó la siguiente fórmula reportada por Gómez, Pardo, y Ramírez (1987).

$$\text{Constante} = \frac{\text{Promedio de área foliar planímetro}}{\text{área foliar calculada de largo * ancho}}$$

3.4.4 Fase 4. Curva de Crecimiento. Para realizar la curva de crecimiento, se tomaron los datos para cada semana como altura de la planta; realizado después del cortado al pasto en el aforo, las muestras se llevaron al laboratorio de nutrición animal y se realizó la medición de la altura con cinta métrica, seguido de ello se llevó las muestras al horno para calcular la materia seca en kg por Ha y se registró los datos en el programa Excel®, donde se realizó la curva de crecimiento (Piñero, 2011).

3.4.5 Fase 5. Calidad Nutricional del pasto estrella. Para saber la calidad nutricional del pasto estrella (*Cynodon Plectostachyus*) a diferentes edades se evaluó un pool de muestra por semana y se determinó el porcentaje de Materia Seca-MS, Proteína Cruda-PC, Extracto Etéreo-EE, Ceniza-MM, Fibra Cruda-FC, Fibra de Detergente Ácida-FDA y Fibra de Detergente Neutra-FDN, a través de diferentes metodologías correspondientes al protocolo aprobado por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC , 2002), en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Francisco de Paula Santander, sede Ocaña, mencionadas a continuación.

Los valores de PC, EE, FC y MM se obtuvieron mediante el análisis proximal de Weende, para los valores de FDN y FDA serán obtenidos a partir de la técnica de Van Soest, Ferreira, y Hartley (1984).

3.4.5.1 Porcentaje de Materia Seca-%MS. De cada muestra de pastos Estrella Africana (*Cyloдон plectostachyus*) se evaluó la composición nutricional en términos de materia seca. Se determinó el peso por muestra de forraje verde en una bolsa de papel para ser sometida a un secado en un horno de circulación forzada de aire (60°C) y se obtuvo un peso de materia seca constante (48 Horas).

Para calcular el contenido de materia seca en porcentaje (%MS) se pesó una muestra representativa del mismo, luego se la colocó en estufa hasta que, en pesajes sucesivos, se mantuvo un peso constante debido a la pérdida de todo su contenido de humedad. Por último, se estimó el porcentaje de materia seca (MS) del material mediante la siguiente fórmula:

$$\%MS = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

3.4.5.2 Proteína bruta-PC. La proteína bruta se determinó por el método de kjeldahl, que evalúa el contenido de nitrógeno total en la muestra (Bernal y Moreno, 1997). El cual se describe a continuación.

La muestra se descompuso en caliente con el medio sulfúrico, en presencia de un agente reductor catalizador (mercurio, cobre o selenio).

Se adicionó una sal neutra para aumentar el punto de ebullición de la disolución de ácido sulfúrico. De esta forma aumenta la temperatura de trabajo, con lo cual se favorece la

descomposición. El tratamiento se transformó en nitrógeno de la muestra en NH_4^+ .

Se adicionó una base fuerte lo cual liberó el NH_3 , que se arrastró hasta un frasco colector por destilación en corriente de vapor.

El frasco colector contuvo el volumen medido a una disolución estándar de ácido, de forma que una fracción de ácido será neutralizada por el NH_3 .

Al finalizar la destilación se procedió a valorar el ácido no consumido con una disolución de base patrón.

El volumen de disolución básica fue consumido hasta llegar al punto de equivalencia que permitió conocer la cantidad de NH_3 , y de esta forma, la cantidad de nitrógeno en la muestra.

Una vez evaluado el contenido nitrogenado se multiplicó el valor obtenido por 6.25, para transformar el 16 % de nitrógeno en cantidad de proteína (constante).

El Nitrógeno presente en la muestra, fue expresado en porcentaje calculándose mediante la siguiente fórmula:

$$PC: \frac{V \times N \times 0.014}{M} \times 100$$

Donde:

V = Volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación, en cm^3

N = Normalidad del ácido clorhídrico.

m = Masa de la muestra en g.

0.014 = Miliequivalente del nitrógeno.

3.4.5.3 Fibra Cruda-FC. Este método se basó en la digestión ácida y alcalina de la muestra donde se obtuvo un residuo de fibra cruda y sales con calcinación posteriormente se determinó la fibra cruda (NMX-F-089-S-1978, 1964).

A 2.0 g de muestra se le extrajo la grasa, la que fué menor al 1% a la extracción puede ser omitida.

Se transfirió a un vaso de 600 ml, y se evitó la contaminación con la fibra de papel.

Se agregó 1 g de asbesto preparado y 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25% hirviendo.

Se colocó el vaso en el aparato sobre la placa caliente preajustada y se buscó el hervir exactamente a 30 minutos. Se giró el vaso periódicamente para evitar que los sólidos se adhieran a las paredes.

Se quitó el vaso y se filtró a través de papel o tela de lino.

Se enjuagó el vaso con 50-70 mL de agua hirviendo y se vertió sobre el papel satinado o de lino.

Se lavó el residuo tantas veces como fue necesario, hasta que las aguas de lavado tuvieron un pH igual al del agua destilada.

Se transfirió el residuo al vaso con ayuda de 200 mL de NaOH al 1, 25% hirviendo y se calentó a una ebullición de exactamente 30 minutos.

Se quitó el vaso y se filtró en un Bruckner con papel filtro de masa cocida y cenizas

conocidas.

Se lavó con agua hasta que las aguas de lavado tuvieron un pH igual al del agua destilada. Se transfirió el residuo a un crisol a masa constante y se secó a 130°C durante 2 horas.

Se enfrió y se determinó la masa.

Se calcino a 600°C durante 30 minutos, y dejó enfriar determinando la masa.

Se realizó el siguiente cálculo para determinar el ciento de fibra cruda.

$$FC = \frac{(P_s - P_p) - (P_c - P_{cp})}{M} \times 100$$

En donde:

P_s = masa en gramos del residuo seco a 130°C.

P_p = masa en gramos de papel filtro.

P_{cp} = masa en gramos de las cenizas del papel.

M = masa de la muestra en gramos.

P_c = masa en gramos de las cenizas.

3.4.5.4 Fibra detergente Neutro (FDN). La Fibra detergente Neutro (FDN) se evalúa según método descrito por (Van Soest, Robertson, y Lewis, 1991). Los análisis de calidad se realizaron bajo la técnica de laboratorio estandarizada de la (AOAC , 2002).

Esta fibra quedó luego de hervir al forraje en una solución de detergente neutro (sulfato lauril-sódico y ácido etilen-di-amino-tetra-acético, EDTA). En este tratamiento todo el contenido celular se disolvió y quedó lo correspondiente a la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina). El contenido de FDN se expresó en el porcentaje del total de materia seca (Carrera y Fierro, 2010).

3.6.5.5 Fibra Detergente Ácida (FDA). Es el residuo que quedó luego de someter a la fibra detergente neutro a una solución de detergente ácido (ácido sulfúrico y bromuro de acetiltrimetilamonio). En este proceso se extrajo la hemicelulosa, de tal forma que la fibra remanente estuvo constituida por celulosa y lignina. Al igual que FDN, los resultados se expresaron en porcentaje de materia seca evaluada (Bassi, 2006).

3.6.5.6 Materia Mineral-MM. Para las cenizas totales las muestras se secaron a 60 °C durante 48 horas hasta alcanzar un peso constante. Luego se maceraron, a 1 mm y se determinó el contenido de las cenizas totales a 550°C (AOAC, 2002).

En un crisol a masa constante se depositó de 3 a 5 g de muestra para analizar; se colocó el crisol con muestra en una parrilla y se quemó lentamente el material hasta que ya no se desprendió humos, así se evitó que se proyectarían fuera del crisol.

Se llevó el crisol a la mufla y se efectuó la calcinación completa. Se dejó enfriar en la mufla, y se transfirió al desecador para su completo enfriamiento y se determinó la masa del crisol con cenizas.

Se realizó los siguientes cálculos para determinar el porcentaje de ceniza con la siguiente fórmula:

$$MM = \frac{P - p}{M} \times 100$$

En donde:

P = Masa del crisol con las cenizas en gramos.

p = Masa de crisol vacío en gramos

M = Masa de la muestra en gramos

3.6.5.7 Extracto Etéreo-EE. Se determinó los ácidos grasos (extracto etéreo) por el método de Soxhlet, a través de los siguientes pasos:

Se transfirió 2,0 g de muestra finamente dividida en el cartucho o dedal; se cubrió con una porción de algodón.

Se colocó el cartucho dentro del extractor Soxhlet. En la parte inferior y se ajustó un matraz con cuerpos de ebullición (llevados previamente a peso constante por calentamiento a 100 – 110°C).

Se colocó en un refrigerante.

Se añadió éter por el extremo superior del refrigerante en cantidad suficiente para tener 2 ó 3 descargas del extractor (alrededor de 80 ml).

Se hizo circular el agua por el refrigerante y se calentó hasta que se obtuvo una frecuencia de unas 2 gotas por segundo.

Se efectuó la extracción durante 4 a 6 horas.

Se suspendió el calentamiento, se quitó el extractor del matraz y se dejó caer una gota de éter del extractor a un papel o vidrio de reloj.

Se evaporó suavemente el éter del matraz y se secó a 100°C hasta peso constante.

Se determinó el porcentaje de Extracto Etéreo, por medio de la siguiente formula:

$$EE = \frac{P - \rho}{m} \times 100$$

Donde:

P= Masa en gramos del matraz con grasa.

P= Masa en gramos del matraz sin grasa.

M= Masa en gramos de la muestra.

4. Resultados

La producción de forraje verde en kilogramos por metro cuadrados para el pasto estrella aumentó con el transcurso de las semanas como se observa en la figura 8. Se encontró en la semana 1 una producción de 0.173 kg/m², mientras que para la semana dos (0.596 Kg/m²) se observó un aumento de 422 gramos por m² a comparación de la semana 1, mientras que al mirar la semana tres (1.004 kg/m²) se presentó un aumento en gramos de forraje verde de 409 gramos al compararse con la semana 2.

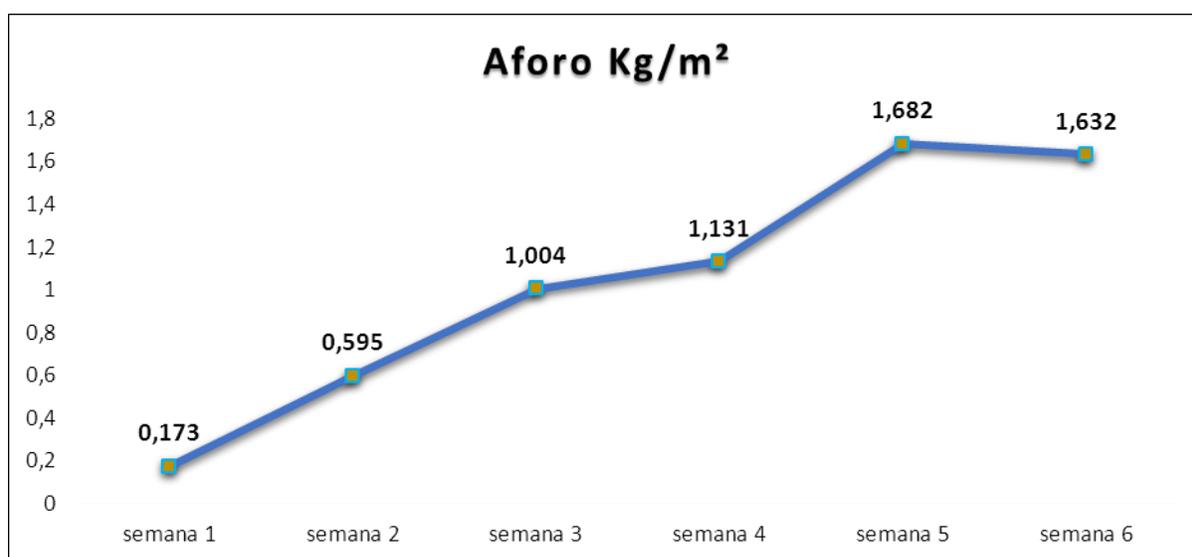


Figura 8. Producción de Forraje Verde para el pasto Estrella en seis semanas de crecimiento

Continuando con la figura 8, para la semana cuatro (1.131 Kg/m²) se observó un aumento de forraje verde de 127 gramos a diferencia de la semana tres, mientras que para la semana cinco (1.682 kg/m²) se obtuvo una oferta de forraje verde de 551 gramos en comparación con la semana anterior. Cabe observar que para la semana seis la oferta forrajera bajó en comparación con la semana cinco (1.682 kg/m² vs 1.632 kg/m²).

Con lo anterior es posible establecer una relación entre el crecimiento y el punto óptimo o crítico para el pasto estrella, al observar la figura 9, se determinó la capacidad de rebrote del pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) para lo cual cabe resaltar lo siguiente, en la semana 1 el IAF es de 1.21 mientras que para la semana 3 es de 2.67, aumentando el área de la hoja considerablemente, como se puede observar para la semana 5 de 4.97 y para la semana 6 de 6.73 entendiéndose que en esta semana es donde empieza el punto crítico para este pasto, lo que permitirá mayor capacidad fotosintética, favoreciendo el rebrote, lo que ayuda a dilucidar la relación entre acumulación de biomasa y el rendimiento bajo condiciones ambientales adversas.

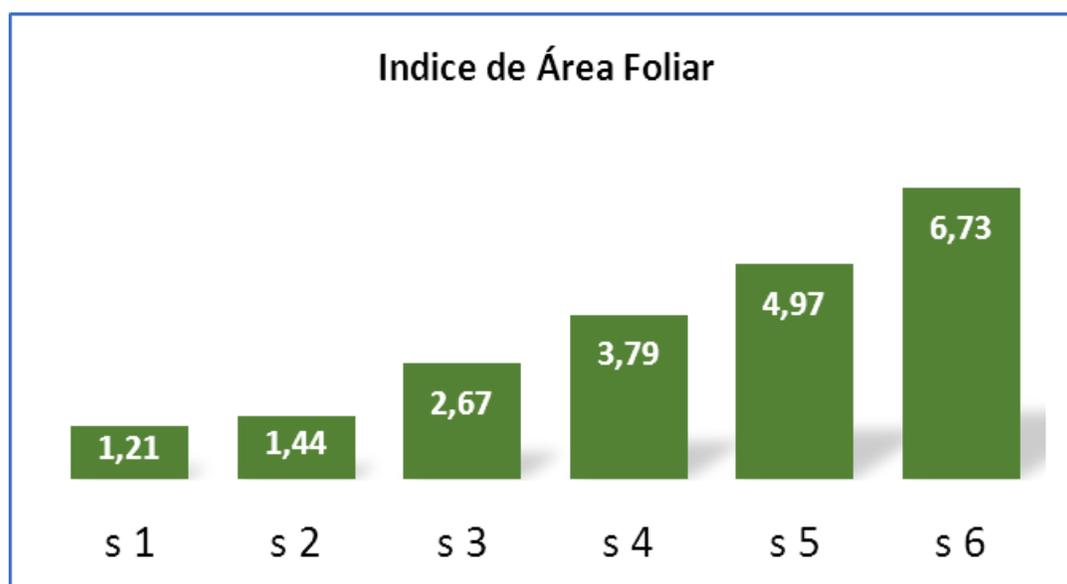


Figura 9. Índice de Área Foliar en m² para el pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*)

Para determinar la curva de crecimiento del pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), se observó la relación hoja-tallo (figura 10) para cada semana. En la semana 1 se observó una proporción de 0.9 (figura 11) con mayor tallo (24.7) en relación a la hoja (12.83).

Continuando con la semana dos se mantuvo una relación proporcional (0.77) como se pudo

observar en la figura 11, sin embargo es de resaltar que para esta semana el tallo es mayor (66.55) a la hoja (51.58), mientras que para la semana tres, la proporción empieza a ser menor (0.60) por lo que la relación hoja-tallo se ve más inclinada hacia mayor contenido del tallo (140.99 vs 85.84), para la semana cuatro la proporción se mantuvo semejante a la semana tres (0.68) por lo que sigue aumentando en tallo (156.58) en comparación con las hojas (107.1).

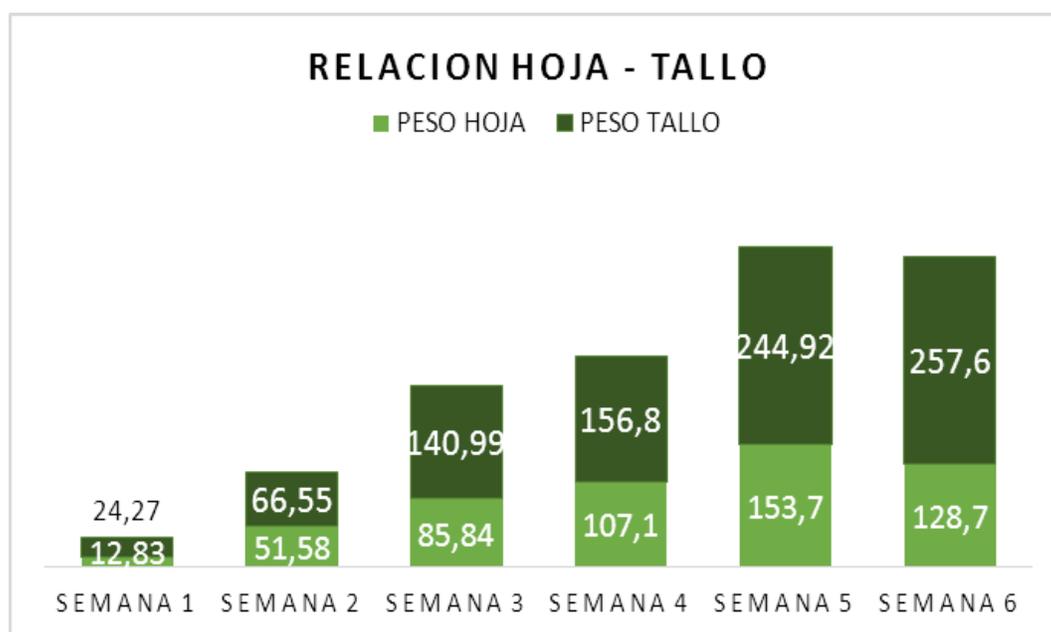


Figura 10. Relación hoja/tallo por cada semana de evaluación

Es de resaltar que para la semana cinco se presentó mayor cantidad de tallo (244.99) en comparación a la semana tres, dos y uno, sin embargo, se evidenció un aumento en la cantidad de hojas (153.7) lo cual es favorable para realizar la fotosíntesis y aportar una mayor cantidad de nutrientes esto en comparación con las demás semanas, por lo que la proporción fue de 0.62. Por último, para la semana seis se observó una reducción considerable del valor de la hoja en relación al tallo (128.7 vs 257.6) con una proporción menor como se observa en la figura 11.

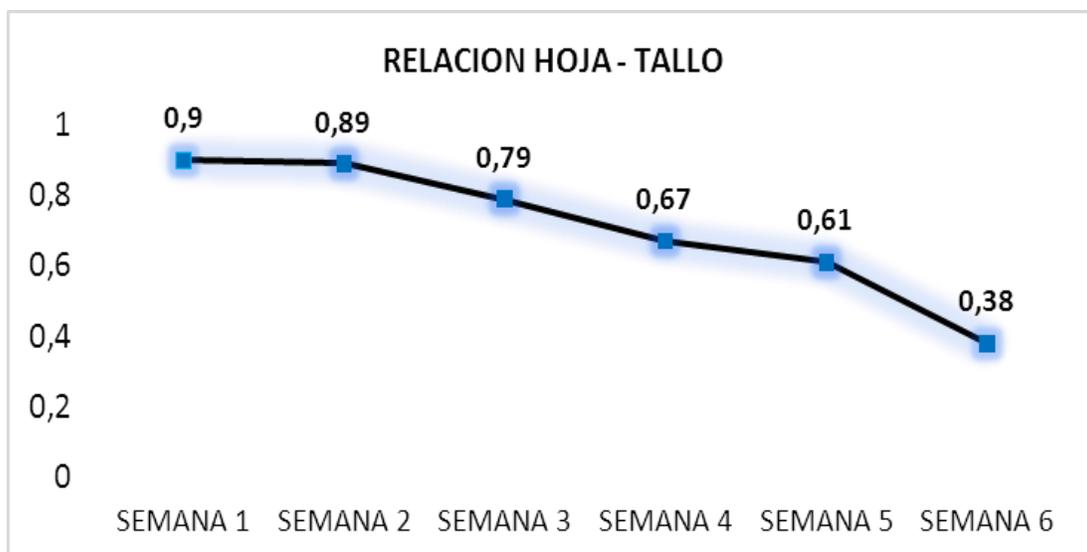


Figura 11. Proporciones entre la relación hoja-tallo por semanas

Además de determinar la relación hoja/tallo, el índice de área foliar y el aforo, se realizó la curva de crecimiento en centímetros como se observa en la figura 12, asimismo, la calidad nutricional determinando el porcentaje de Materia Seca (MS), de Extracto Etéreo (EE), de ceniza (MM), de Proteína Bruta (PB), de Fibra Cruda (FC), de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA).

Para la curva de crecimiento se evidenció en la primera semana una altura de 13,5 cm, para la semana dos 18,73cm, en la semana tres 24,5cm, semana cuatro 30,83cm, en la semana cinco 54,33cm y la semana seis 76,33cm (figura 12), demostrando un crecimiento paulatino, lo cual depende de la edad del pasto y el momento óptimo de corte.

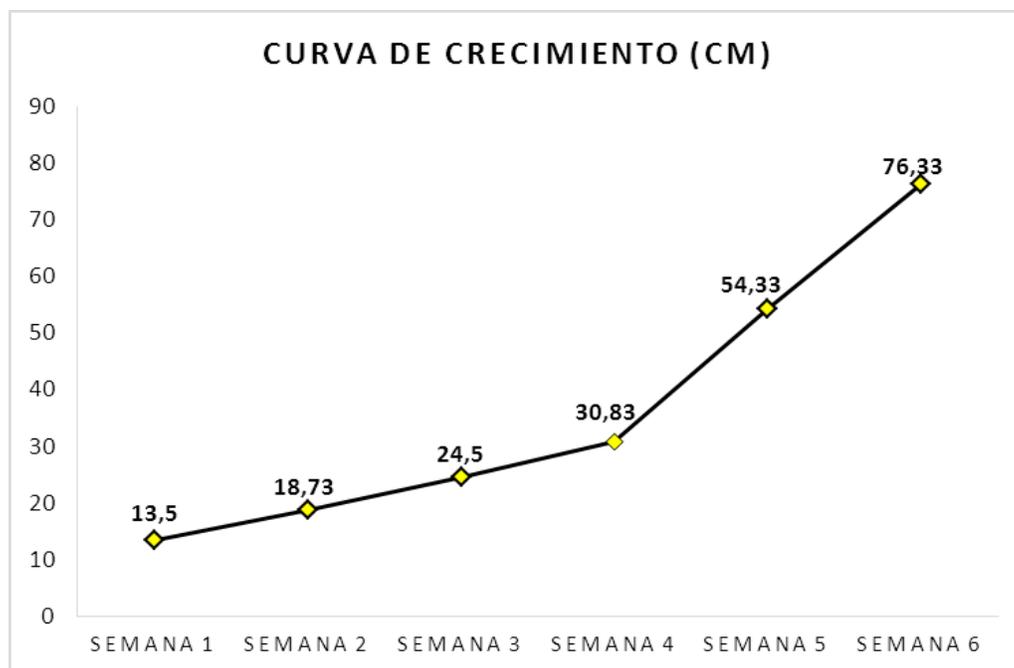


Figura 12. Curva de crecimiento para el Pasto Estrella desde la semana 1 hasta la semana 6

Para el porcentaje de Materia Seca por semanas (figura 13), se pudo evidenciar que en la semana una el porcentaje de MS fue del 9% es decir que la humedad estuvo alta en esta semana siendo del 91%, por otro lado, para la semana dos el porcentaje de MS fue de 11% en aumento con la semana uno, mientras que para la semana tres y cuatro fue del 15%, se puede evidenciar que el porcentaje de MS aumenta con el pasar de las semanas, como se observa en la figura 13 para la semana cinco fue del 19% y en la semana seis del 21% con un porcentaje de humedad del 79% relativamente bajo en comparación con la semana uno.

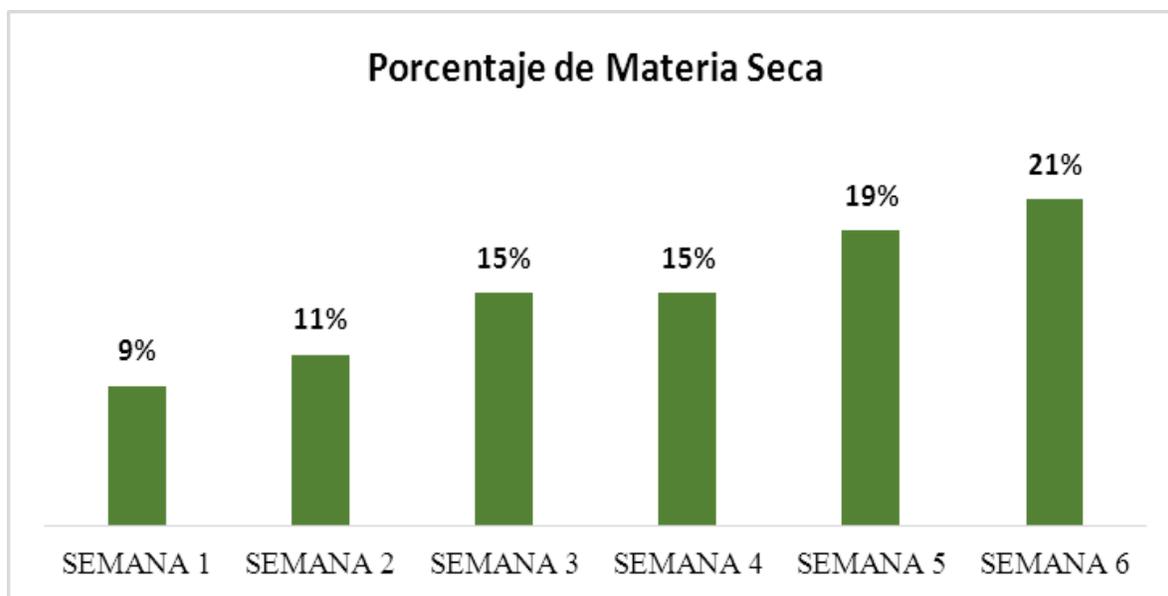


Figura 13. Porcentaje de Materia Seca en diferentes semanas para el pasto estrella

Continuando con la calidad nutricional del pasto estrella, el porcentaje de grasa cruda o Extracto Etéreo como se observó en la figura 14 para la semana uno fue de 4%, en la semana dos del 7%, en la semana tres y cuatro fue de 9% con relación a la materia seca para estas semanas, en la semana cinco es de 10% en donde se presentó el mayor valor para EE y en la semana seis este porcentaje empezó a descender, en relación con la proporción de MS.

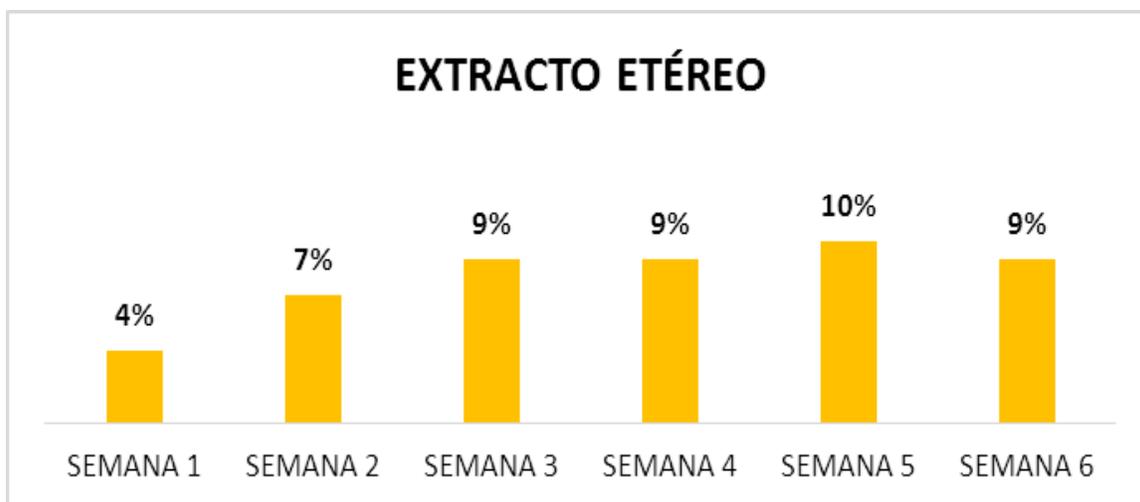


Figura 14. Porcentaje de Extracto Etéreo para las semanas evaluadas

De acuerdo al porcentaje de cenizas para el pasto estrella por cada semana evaluada se determinó el contenido de minerales expresados de la siguiente manera; para la semana uno fue de 15% aquí se presentó los mayores valores de minerales, mientras que para la semana dos fue de 10%, para la semana tres fue de 13%, para la semana cuatro fue de 11%, para la semana cinco de 10% y para la semana seis del 7%, como se observa en la figura 15.

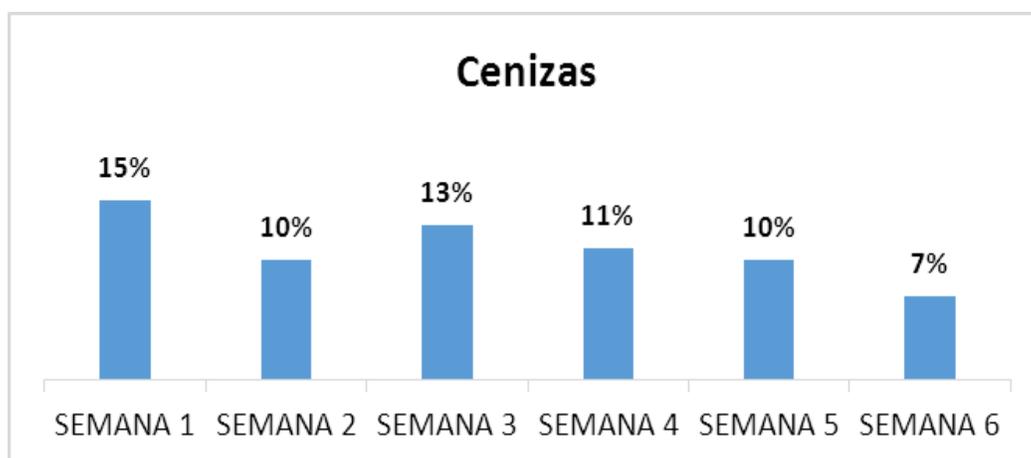


Figura 15. Porcentaje de Ceniza para cada semana de evaluación

Para el porcentaje de Proteína Bruta en el pasto estrella en las semanas de evaluación se determinó que en la primera semana fue donde presentó los mayores valores en comparación con la semana dos, tres, cuatro, cinco y seis, observando una caída de esta en la semana seis (figura 16), en la semana uno presentó un 17.38%, para la segunda semana de 13.90%, para la semana tres y cuatro fue de 13.89 %, mientras que para la semana cinco el porcentaje fue de 12.95% y en la semana 6 el nivel de proteína fue disminuyendo (10.34%) como se observa en la figura 16.

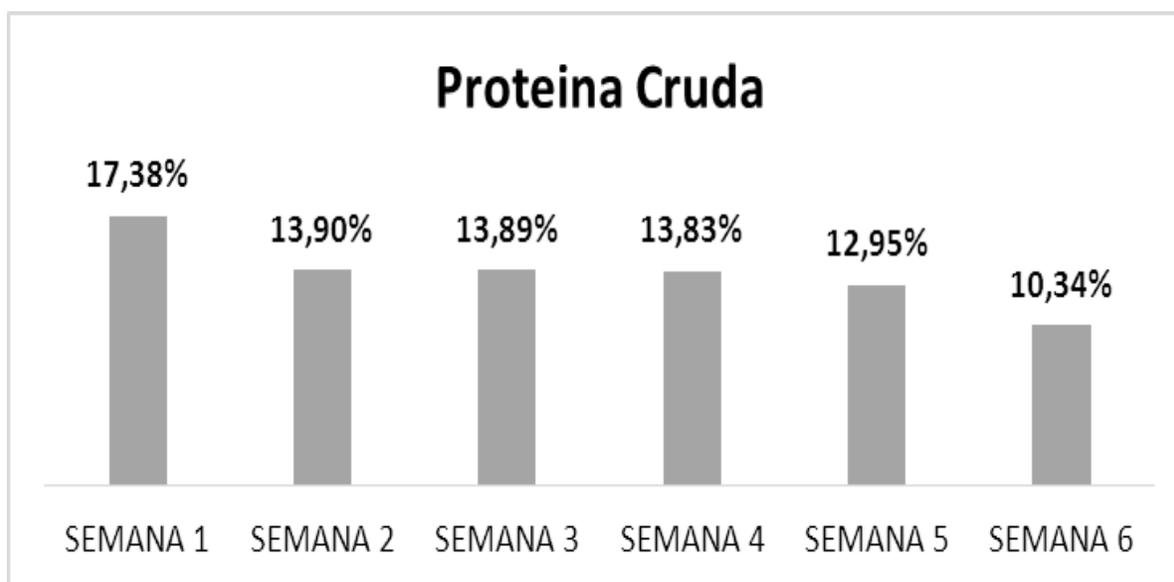


Figura 16. Porcentaje de proteína para el pasto estrella en seis semanas de evaluación

Cabe resaltar que el porcentaje de Fibra Cruda se evaluó a partir de la semana cuatro (30.86%) observando que este porcentaje aumenta a medida que pasan las semanas, es de resaltar como el porcentaje de Fibra cruda se elevó en la semana seis en comparación con la semana cinco (31.13 vs 33.17%), como se observa en la figura 17. Por lo que esta es una medición que no entrega una apreciación precisa de los carbohidratos estructurales de los pastos, por lo cual se evaluó FDN y FDA.

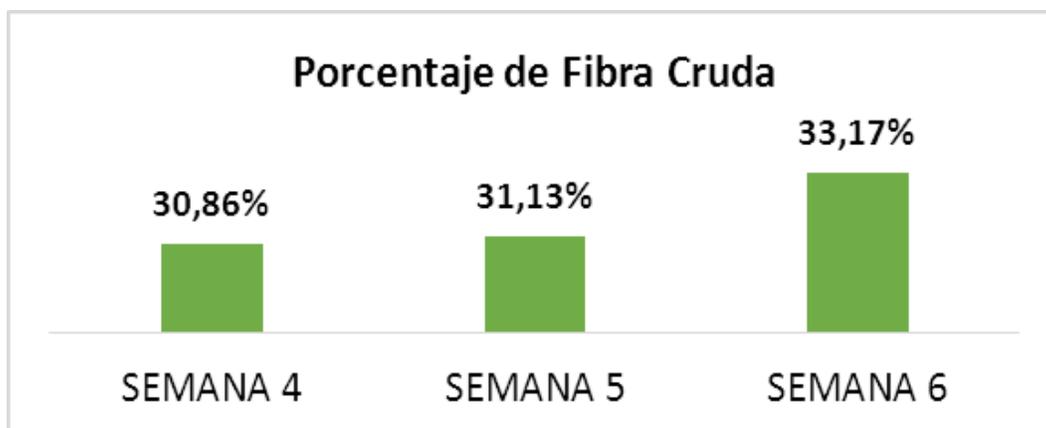


Figura 17. Porcentaje de Fibra Cruda para la semana cuatro, cinco y seis

En continuidad con el porcentaje de Fibra Detergente Neutro, se observó a partir de la semana cuatro donde se presentó un porcentaje de 65.23%, en cuanto a la semana cinco fue de 73.05%, mientras que para la semana seis fue de 73.25%, en este momento el pasto estrella tiende a aumentar el contenido de carbohidratos estructurales, como se observa en la figura 18. Estos valores altos se encuentran correlacionado de forma negativa con el consumo de alimento.

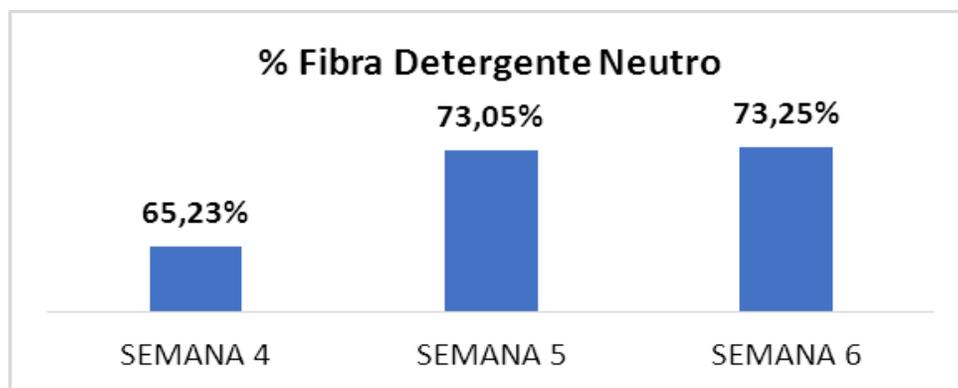


Figura 18. Porcentaje Fibra Detergente Neutro para el pasto estrella para las seis semanas de evaluación

Por otro lado, para el porcentaje de Fibra Detergente Ácida se evaluó en la semana cuatro observando un porcentaje de 31.03%, mientras que para la semana cinco fue de 42.26% y para la semana seis fue de 41.17% (figura 19), en estas últimas semanas aumenta la cantidad de celulosa y lignina, ya que a medida que el contenido de lignina aumenta la digestibilidad de la celulosa disminuye; por lo tanto, este valor se correlaciona negativamente con la digestibilidad total del insumo evaluado.

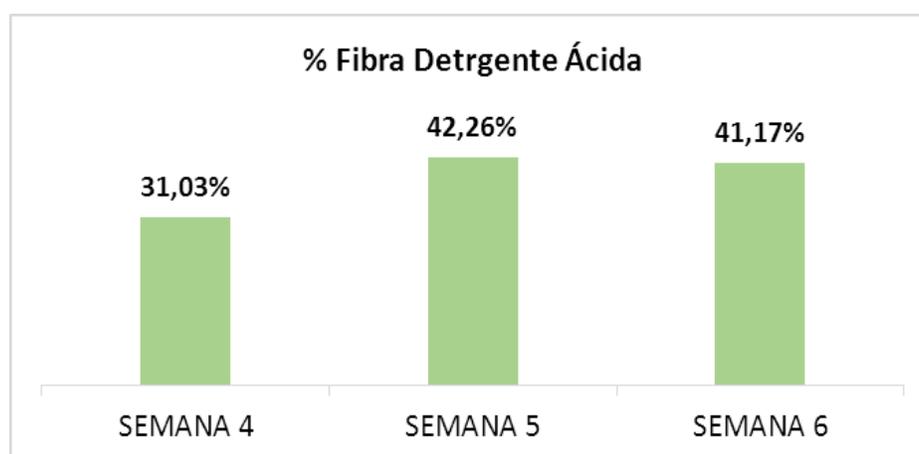


Figura 19. Porcentaje de Fibra Detergente Ácida para las diferentes semanas evaluados

5. Discusión

Autores como Smith y Valenzuela (2002), manifestaron que el potencial productivo del pasto estrella es alto por lo que llegó a convertirse en una especie versátil que puede utilizarse en diferentes sistemas de producción de leche y de carne, en corte-acarreo, ensilaje y heno.

Lo anterior es posible ya que existe una gran variabilidad de producción forrajera para este pasto, situación que se encuentra determinada por las condiciones del suelo y el clima. En este aspecto, Kuklinski (2003), determinó que el pasto Estrella presentó los mayores valores de producción en dos épocas del año y en edades de rebrote diferente para las que fue evaluado en comparación con el resto de gramíneas analizadas.

Por otro lado, se ha reportado para el pasto estrella evaluado durante dos años una disponibilidad de biomasa promedio de 0.4484 kg. m² de MS (Villalobos y Arce, 2013), otros autores como Johnson y otros. (2001) evaluaron los pastos estrella africana, bermuda y bahía (*Paspalum notatum*) reportando valores promedio de disponibilidad de biomasa de 1423, 1553 y 1406 kg por m², siendo inferior a los datos presentados en este proyecto ya que en la semana seis, presentó valores por encima de los 1553 kg por m².

A su vez autores como Mandevu y otros (1999), evaluaron producciones de bermuda tifton 85 y coastal reportando valores entre 4200 a 4500 kg. ha-1 de MS en ciclos de uso de 8 semanas, de la misma manera Salazar (2007), reportó una producción de biomasa de 4642 kg. ha-1 de MS con períodos de recuperación entre 26 y 30 días para el pasto estrella africana. Por su parte, Villalobos y Sánchez (2010) encontraron en el pasto ryegrass perenne (*Lolium perenne*) una producción promedio de 4110 kg. ha-1 de MS y Andrade, (2006) reportó para el pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) un valor de 7238 kg. ha-1 de MS.

Con base en la curva de crecimiento del pasto estrella, se puede estimar la capacidad de carga de la finca determinando el área disponible para pastoreo, y así obtener los mejores resultados en cuanto al cuidado y mantenimiento de la pradera, teniendo en cuenta el periodo de rebrote, lo cual está relacionado con la hoja y el tallo.

En cuanto a la relación hoja/tallo, Maya, Durán, y Ararat (2005) encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre la hoja (H) y el tallo (T), dentro de gramíneas asociadas con el pasto estrella africano, reportando los valores más altos en H/T (14.48, 13.60 y 11.68%) frente a estrella sola (11.90, 10.98 y 9.67%) a los 28, 35 y 42 días. Valores relacionados con el presente estudio específicamente en la semana 5 es decir a los 37 días.

Según Correa, Escalante, y Jaime, (2018), estos valores son atribuidos principalmente a las condiciones del pasto estrella cuando se encuentra asociado ya que tiende a buscar luminosidad en ambientes no favorables, impidiendo el crecimiento rastrero de estolones, cambiando el hábito de crecimiento y generando mayor proporción de tallos erectos, principalmente a partir de la semana seis (42 días), así como se observó en este estudio lo cual a partir de esta semana se observó un incremento en el tallo.

Por otro lado, Berroteran (1989) presentó valores en relación hoja-tallo de 2.02 en *Andropogon gayanus* y 0.61 en *Digitaria swazilandeses*; este último valor es parecido al obtenido en esta investigación demostrando que al día 42 el pasto estrella aumenta la cantidad de tallos en relación a la hoja. A su vez Velázquez (2010), encontraron relaciones hoja/tallo en ecotipos de *Brachiaria* de 1.3 ± 0.3 y en *Panicum maximum* de 2.63 ± 0.69 .

La relación hoja/tallo (H/T) se vio afectada por la altura, la frecuencia de pastoreo y tiempo. Al respecto, Díaz-Canales y Manzanares-Navas (2006) obtuvieron en *P. maximum cv. Mombasa*

las mejores relaciones H/T cuando las frecuencias de cortes eran bajas (15, 22 y 30 d). Esto mismo lo encontraron Olivera y otros (2015), quienes citaron que esta relación se explica por la tendencia de las gramíneas a aumentar sus proporciones de tallo con respecto a hoja a medida que avanzan en edad y algunas hojas inferiores caen y se marchitan. Esto explica porque en la semana seis en este estudio tiene aumentar. Por otro lado, se evidenció una diferencia mayor en la semana cinco probablemente se deba a que los resultados de este estudio se refirieron a rebrotes menores de 42 días.

En cuanto al índice de área foliar Del Pozo y Herrera, (1995) realizaron un diseño de parcela dividiéndolas en tres réplicas, estudiando en ambas las estaciones del año, la dinámica de crecimiento del pasto estrella con adición y sin adición de fertilizante nitrogenado (0 y 50 kg. ha⁻¹. ciclo-1) desde la 2da hasta la 12ma semana de rebrote. Cada ciclo de crecimiento se midió semanalmente, observando el rendimiento de masa seca total (RMST) y el desarrollo del sistema asimilativo (IAF), presentando valores de 1.5 a 2.0, en comparación con los resultados expuestos en este estudio se presentaron valores inferiores a los planteados. Autores como Fernández, Virgüez, y Hernández (1991) explican que esto pudo influir en que la radiación no fuera distribuida adecuadamente en los diferentes estratos de la planta, limitando así a las hojas inferiores de la energía suficiente para mantener la eficiencia del aparato fotosintético.

Por otro lado, el análisis de calidad nutricional para el pasto estrella presentaron valores interesantes que al compararse con otros autores evidenciaron el punto óptimo de consumo por parte de los animales en pastoreo.

Los valores presentados a continuación coinciden con los resultados evidenciados en este estudio, los cuales fueron MS (9-21%), PC (17-38%), EE (4-10%), MM (7-15%), FC (30.86-

33.7%), FDN (65.23-73.25), FDA (31.03-42.26), cabe resaltar que se llegó hasta la semana seis, mientras que Salazar (2007), evaluó por un año la composición nutricional del pasto estrella determinando un 11.1 a 16.9% en proteína cruda (PC), 66.2 a 77.7% en fibra detergente neutra (FDN), 35.5 a 45.4% en fibra detergente ácida (FDA). Por otro lado, Villalobos y Arce (2013), evaluaron la composición nutricional del pasto estrella promedio para 2 años reportando los siguientes valores, 23,57% MS, 20,27% PC, 2,67% EE, 10,97% Materia Mineral, 64,21% FDN, 34,95% FDA y 4,06% lignina.

En contraste Sánchez y Soto (1999), hicieron una comparación con *Leucaena* para denotar la diferencia entre leguminosa y gramíneas reportando valores de 19.9 a 36% en PC, 5.5% en extracto etéreo (EE), 5.7 a 11.0% en cenizas, 18.3 a 20.0% en fibra cruda (FC), 15.6 a 48.5% en FDN y de 10.3 a 30.4% en FDA, con estos valores se observó una diferencia marcada por el aumento de PC, EE y Ceniza, mientras que para FDA y FDN en este estudio se presentaron valores muy superiores especialmente en la semana seis.

El contenido de cenizas para la semana 5 (15-7%) en este proyecto fue bajo lo cual puede deberse a la variación que se da en la absorción de minerales por la planta, así como la movilidad de los mismos en respuesta a la cantidad de agua presente en el suelo, según Meléndez (2011).

Otras investigaciones como la realizada por Maya, Durán, y Ararat (2005) en donde evaluaron el pasto estrella solo y en asociación con *leucaena* a diferentes edades de corte durante el año se evidenció un aumento de la proteína cruda (PC) en la estrella asociada superando a la estrella sola (14.48 vs 11.90; 13.60 vs 10.98; 11.68 vs 9.67%) a los 28, 35 y 42 días, mientras que *leucaena* fue estable (29.88, 29.31 y 29.01%). Además, el Extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), y cenizas no tuvieron diferencias significativas entre estrella sola y asociada. Entre especies hubo

diferencias ($P < 0.05$) en FC en fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN) y ceniza.

Por último, los resultados presentados en este estudio se acoplaron satisfactoriamente a lo evidenciado por otros autores citados en este apartado, cabe resaltar que esta evaluación se hizo con el propósito de evidenciar el tiempo óptimo de cosecha para el pasto estrella, desde la primera semana hasta la semana seis, relacionando variables como el índice de área foliar, la relación hoja/tallo y la calidad nutricional y así servir de guía para futuro trabajos que incluyan estas pasturas.

6. Conclusiones

La relación Hoja/Tallo es afectada por la altura, la frecuencia de corte y el tiempo de pastoreo, obteniéndose una frecuencia baja en las hojas y un aumento en los tallos para la semana seis, por lo que las gramíneas tienden a aumentar sus proporciones de tallo con respecto a las hojas a medida que avanzan en edad.

El valor nutricional del pasto estrella africana varió a lo largo de las seis semanas como se observó en la curva de crecimiento y en el análisis bromatológico. La rotación del pasto estrella cada 35 días debe ser flexible para permitir en conjunto con programas de fertilización optimizar la productividad de las pasturas y su persistencia.

La edad óptima para pastorear o cosechar esta gramínea se encuentra en los días 28-35 posterior a esto los contenidos de fibra estructural aumentan lo que produce una baja notoria en la calidad del forraje.

7. Recomendaciones

Se debe continuar profundizando en estudios de balance energético, Digestibilidad en Vitro, Materia Metabolizable, Energía Digestible, Energía Metabólica y digestibilidad de la materia seca en condiciones controladas, para el pasto estrella.

Es recomendable realizar otros estudios donde se valore el componente nutritivo del pasto estrella solo y en asociación con leguminosas, como leucaena, botón de oro, maní forrajero y matarratón, a diferentes edades de corte durante uno a dos años, entendiéndose que la producción de forraje varía durante el año, y así garantizar a los animales un mayor aprovechamiento de la pastura en términos porcentuales, por lo que la carga animal, los períodos de permanencia y las áreas de pastoreo se ajustarían a la disponibilidad de forraje.

Realizar la prueba para cenizas determinando que tipo de minerales se encuentran en la primera semana hasta la edad óptima de corte, establecida en los resultados y conclusiones de este proyecto.

Hacer un seguimiento y evaluar el potencial de producción de leche diaria y sólidos totales en vacas sometidas a pastoreo racional con estrella en asociación con leguminosa y en comparación con otras gramíneas, también para vacas estabuladas con alimentación a base de pasto de corte y ensilaje de leguminosas.

Realizar un estudio para calcular los costos de producción en el establecimiento del cultivo de pasto estrella como potencial para la producción de leche, ya que son los insumos, el rubro con mayor peso en la estructura de costos de las fincas en pastoreo.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, D. (2008). Relación entre Índice de Área Foliar y Rendimiento en Frijol bajo condiciones de Secano. *INIFAP*, 45-50.
- Alcaldía del municipio Ocaña. (20 de 06 de 2019). *Alcaldía del municipio Ocaña*. Obtenido de Información general de Ocaña: <http://www.ocana-nortedesantander.gov.co/>
- Andrade, M. (2006). Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov) en la producción de ganado lechero en Costa Rica. *Tesis de licenciatura*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- AOAC . (2002). Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds. Mertens DR. Gravimetric Determination of Amylase-treated Neutral Detergent Fiber in Feeds with Refluxing in Beakers or Crucibles: Collaborative Study. *JAOAC*, 1217-1240.
- Barreto, I. L. (1976). *Pastejo continuo*. Colombia : Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Bassi, T. (2006). *Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes*. Cátedra de Manejo de Pasturas. Bueno Aires : Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- Bernal, J., & Moreno, G. (1997). *PASTOS PARA CORTE Y PASTOREO*. Medellín – Colombia: Editorial de la Biblioteca Universidad Pontificia Bolivariana.
- Berroteran, J. L. (1989). Respuesta de *Andropogon gayanus* y *Digitaria swazilandensis* a la fertilización en los Llanos Centrales de Venezuela. *Past. Trop*, 2-7.

- Bianco, S., Pitelli, R., & Bianco, M. (2005). Estimativa da área foliar de *Brachiaria plantaginea* usando dimensões lineares do limbo foliar. *Viçosa-MG*, 597-601.
- Bogdan, A. V. (1977). Tropical Pasture and Fodder Plants. *Tropical Agriculture Series*, 475.
- Carlevari, I. J. (1980). Geografía económica mundial y argentina.
- Carrera, D. R., & Fierro, N. O. (2010). *Manual de Pastoreo*. 5-10: UTPL.
- Castillo-Gallegos, E., & Rodriguez, J. (2010). Estructura y fases de desarrollo de poáceas y fabáceas forrajeras Dinámica de sistemas de pastoreo. *Trillas S.A*, 17-28.
- Castro, E., Mojica, E., León, J. M., Fornaguera, J. E., Rocha, E. A., & Restrepo, M. L. (2008). Productividad de pasturas y producción de leche bovina bajo pastoreo de gramínea y gramínea+ *Lotus uliginosus* en Mosquera, Cundinamarca. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 9-21.
- Cerdas, R., & Vallejos, E. (2011). *Disponibilidad de biomasa del pasto Guinea (Megathyrsus maximus) Tanzania con varias fuentes y dosis de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica*. . 23-35: InterSedes.
- Chacón-Moreno, E., & Sarmiento, G. (1995). Intercambio gaseoso, nitrógeno foliar y optimización en el manejo del *Panicum maximun* (Tipo común) sometido a diferentes frecuencias de cortes. *Turrialba*, 19-26.
- Chalate-Molina, H. G.-L., Pérez-Hernández, P. L.-O., Ortega-Jiménez, E., & Vilaboa-Arroniz, J. (2010). Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. *Zootecnia tropical* , 15-35 .

- Colabelli, M., Agnusdei, M., Mazzanti, A., & Labreveux, M. (1998). *El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación*. Mexico: Boletín Técnico .
- Cook, B., Pengelly, B., Brown, S., Donnelly, J., Eagles, D., Franco, A., & Schultze-Kraft, R. (2005). *Tropical Forages: an interactive selection tool* [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI . Brisbane, Australia.
- Correa, H., Escalante, L. F., & Jaime, L. (2018). Efecto de la época del año y la altura remanente posterior al pastoreo sobre el crecimiento y calidad nutricional del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el norte de Antioquia. *Livestock Research for Rural Development*, 30.
- Cruz, P., & Moreno, J. (1992). Crecimiento potencial comparado de una gramínea natural (*Dichanthium aristatum*) y una cultivada (*Digitaria decumbens* Stent) sometida a variaciones fotoperiodicas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 323-330.
- De Fina, A. L., & Ravelo, A. C. (1985). *Climatología y fenología agrícolas*. Buenos Aires, Argentina: Editorial EUDEBA. Cuarta edición.
- Del Pozo, P. P., & Herrera, R. S. (1995). Modelado del crecimiento del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). 1. Modelo multiplicativo con control de la curva de crecimiento y los efectos ambientales. *Pastos y Forrajes*, 18-35.
- Delgado, A. (1978). Estudio de la producción de carne a base de pasto (*D. decumbens* stent) con suplementación durante la estación seca. *Tesis Dr. Cs*. Instituto de Ciencia Animal.
- Fernández, M., Virgüez, D., & Hernández, M. (1991). Efecto De la Frecuencia de corte sobre el rendimiento y valor nutritivo del pasto estrella (*cynodon nlemfuensis*) en la unidad

agroecológica 3e 144 del valle de Aroa. *Zootecnia tropical*, 165-180.

Fike, J., Staples, C., Sollenberger, L., & Machon, B. (2003). Pasture forages, supplementation rate, and stocking rate effects on dairy cow performance. *J. Dairy Sci*, 1268-1281.

Font, Q. (1953). *Diccionario de Botánica*. Barcelona: Labor.

Galindo, J., & Clavijo, J. (2007). Modelos alométricos para estimar el área de los folíolos de arveja (*Pisum sativum* L.). *Revista Corpoica, Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 37 – 43.

Gamarra, 2. (2004). *Eficiencia Técnica Relativa de la ganadería doble propósito en la Costa Caribe*. Cartagena de Indias: Banco de la República.

Garay, A. H., Hernández, P. A., Urbina, M. M., Pérez, J. P., & Quiroz, J. F. (2002). Dinámica del rebrote en pasto insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. Stapf.) pastoreado a diferente asignación en la estación de lluvias. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 40-50.

Gómez, L., Pardo, F., & Ramírez, G. (1987). Coeficiente para el cálculo de área foliar en la variedad caña de azúcar C 43972. *Ciencias de la Agricultura (Cuba)*, 124-125.

Harlan, J. R. (1971). Agricultural origins: Centers and noncenters. *Science*, 468-474.

Harvard-Duclos, B. (1968). *Las Plantas Forrajeras Tropicales* Barcelona España . *Blume*, 380.

INATEC. (2016). *Manual de Pastos y Forrajes*. Nicaragua: Instituto Nacional Tecnológico Dirección General De Formación Profesional.

Juárez, V. (2004). *Evaluación nutricional de gramíneas forrajeras tropicales para bovino*. México: Universidad de Veracruz. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

- Kuklinski, C. (2003). *Nutrición y bromatología*. Omega.
- Mandebvu, P., West, J., Hill, G., Gates, R., Hatfield, R., Mullinix, B., . . . Caudle, A. (1999).
Caparison of Tifton 85 and Coastal Bermudagrasses for Yield, Nutrient Traits Intake, and
Digestion by Growing Beef Steers. *Journal of Animal Science*, 1572-1586.
- Martone, P., Estevez, M., Lu, F., Ruel, K., Denny, M., Somerville, C., & Ralph, J. (2009).
Discovery of Lignin in Seaweed Reveals Convergent Evolution of Cell-Wall Architecture.
Current Biology , 169-75.
- Maya, G. E., Durán, C. V., & Ararat, J. E. (2005). Valor nutritivo del pasto estrella solo y en
asociación con leucaena a diferentes edades de corte durante el año. *Acta agronómica*, 54.
- Medina, C. (2016). Efectos de la compactación de suelos por el pisoteo de animales, en la
productividad de los suelos. *Rev. Colombiana Ciencia Animal*, 88-93.
- Meléndez, N. F. (2011). *Principales forrajes para el trópico*.
- Mendez, F. (1993). Determinación del área foliar en caña de azucar Variedad C323-68 .
FONAIAP-CENIAP, 9 .
- Murgueitio, E., & Calle, Z. (1998). Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en
Colombia. *In Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción
animal en Latinoamérica*.
- Nave, R. L., Pedreira, C. G., & Lima, C. G. (2009). Canonical correlations among chemical,
physical and morphological characteristics of Xaraés palisadegrass under rotational grazing.
Scientia Agricola, 270-275.

- NMX-F-089-S-1978. (1964). *Técnicas para el análisis fisicoquímico de alimentos de la Dirección General de Investigación en Salud Pública y Dirección de Control de Alimentos y Bebidas de la Secretaría de Salubridad y Asistencia*. México: NMX-F090-1964.
- Paciullo, D. S. (2002). Características anatómicas relacionadas al valor nutritivo de gramíneas forrajeras. *Ciencia Rural*, 357- 364.
- Pant, H. K., Mislevy, P., & Rechcigl, J. E. (2004). Effects of phosphorus and potassium on forage nutritive value and quantity. *Agronomy Journal*, 1299-1305.
- Pinto, E. P. (2002). Las gramíneas en Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 59-68.
- Piñero, V. (2011). Evaluación agronómica y zootécnica del pasto Colosoana (*Bothriochloa pertusa*) en el trópico seco del Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 5-15.
- Rodríguez, R. H., & Ceballo, P. P. (2004). Efecto del silvopastoreo como sistema sostenible de explotación bovina sobre la composición de la leche. *Livestock Research for Rural Development*, 16-6.
- Rojas, J. C., & Mota, M. E. (2002). Agroclimatología del maíz de México. *Revista Geográfica*, 123-140.
- Rotar, P. P., & Kretschmer, J. (1985). *Tropical and subtropical forages*. In: M. E. Heath, R. F. Barnes, and D. S. Metcalf (eds.) *Forages: The science of grassland*.
- Salazar, E. (2008). *El pasto estrella africana: características nutricionales y aspectos de manejo*. 26-27: Ventana Lechera.

- Salazar, S. (2007). Disponibilidad de biomasa y valor nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon niemfuensis*) en el distrito de Quesada, canton de San Carlos. *Tesis. Lic. Zootecnia*, . Costa Rica. : Facultad de Ciencias Agroalimentarias , UCR. 96 p.
- Sánchez, J. M., & Soto, H. (1997). Contenido estimado de energía para la producción de leche de los forrajes del distrito de Florencia, cantón de San Carlos, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 273-278.
- Sánchez, J., & Soto, H. (1999). Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos III. Energía para la producción de leche. *Nutrición Animal Tropical* , 31-49.
- Serna, A. (2005). Indices para controlar la eficiencia y sostenibilidad del ecosistema del pastizal en la explotación bovina. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 5-10.
- Serrano, J. R., Andradre, H. J., & Mora-Delgado, J. (2014). Caracterización de la cobertura arbórea en una pastura del trópico seco en Tolima, Colombia. *Agronomía mesoamericana*, 99-110.
- Shenk, M. (1984). El combate de malezas en potreros . *Aspectos en la utilización y producción de forrajes en el trópico*, 55.
- Smith, J., & Valenzuela, H. (2002). *Stargrass*. Cooperative Human Resources: University of Hawaii, Manoa.
- Solórzano, P. (1988). Determinación de área foliar en sorgo granero (*Sorghum bicolor* l. moench) a diferentes edades. *Agronomía Tropical*, 39-45.

Taliaferro, C. M., & Richardson, W. L. (1980). Registraron of "Hardie" bermudagrass. *Crop Sci*, 413 p.

Trucco, R. (2005). *Determinación de la relación hoja tallo y del contenido de carbohidratos en alfalfa medicago sativa l.*. Argentina: Universidad Nacional del Litoral.

UFPSO. (15 de 05 de 2019). *Granja Experimental UFPSO*. Obtenido de Servicios:

<https://ufpso.edu.co/granja/Servicios>

Van Soest, P. J., Ferreira, A. M., & Hartley, R. D. (1984). Chemical properties of fibre in relation to nutritive quality of ammonia-treated forages. *Animal Feed Science and Technology* , 155-164.

Velásquez, J. E., & Cuesta, P. A. (1990). Productividad animal de *Brachiaria decumbens* (Stapf) bajo pastoreo continuo con tres cargas en el piedemonte amazónico. *Livestock Research for Rural Development*, 2-10.

Velázquez, D. (2010). Características y Producción del Pasto Estrella (*Cynodon Plectostachyus*). *Monografía*. México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Villalobos, L. (2012). Fenología, producción y valor nutritivo del pasto alpiste (*Phalaris arundinacea*) en la zona alta lechera de Costa Rica. . *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 25-37.

Villalobos, L., & Arce, J. (2013). Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. I. Disponibilidad de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense*, 25-40.

- Villalobos, L., & Sánchez, J. M. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. *Agronomía costarricense*, 34-45.
- Warnok, R. (2006). *Área Foliar, componentes del Área Foliar y Rendimiento de Seis Genotipos de Caraota*. Aragua Ven: Universidad central de Venezuela.
- Watson, D. (1947). Comparative physiological studies in the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Ann. Bot*, 41–76.
- Weisleder, S., Álvarez, M., & Valverde, C. (2019). *Uso, manejo y conservación de suelos*.
Obtenido de https://www.cne.go.cr/cedo_dvd5/files/flash_content/pdf/spa/doc379/doc379-contenido.pdf
- Zamorán, D. (2017). Manual de procesamiento lácteo. *Proyecto de Cooperación de Seguimiento para el Mejoramiento Tecnológico de la Producción Láctea*. Nicaragua : Instituto Nicaragüense de Apoyo a la Pequeña y Mediana Empresa (INPYME) .