

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



**DINÁMICA DE LA DEGRADACIÓN RUMINAL DEL PASTO
CAMELLO® CON POTENCIAL FORRAJERO A DIFERENTES
TIEMPOS DE DESARROLLO Y CORTE**

TESIS
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTA
ALMA CONCEPCIÓN VALENZUELA ROSAS

DIRECTOR DE TESIS
DRA. YISSEL SACNICTE VALDES GARCIA

CO-DIRECTOR DE TESIS
DR. MARIO MEJIA DELGADILLO

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA., MÉXICO

ENERO DEL 2024

Dinámica de la degradación ruminal del pasto camello® con potencial forrajero a diferentes tiempos de desarrollo y corte. Tesis presentada por Alma Concepción Valenzuela Rosas, como requisito parcial para obtener el Grado de Maestra en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el siguiente comité:

Dra. Yissel Sacnicte Valdés García
Directora de Tesis

Dr. Mario Mejilla Delgadillo
Co-Director de Tesis

Dr. José Clemente Leyva Corona
Sinodal

Dra. Marisol Galicia Juárez
Sinodal

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradezco a Dios por acompañarme en el camino para llegar hasta donde estoy.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Baja California y en Especial al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias por la oportunidad de poder cumplir con esta meta, y por todo el conocimiento adquirido tanto profesional como personal, así como también, agradezco a CONACYT por el apoyo económico estos 24 meses.

Agradezco a mis tutores, asesores y maestros en especial a la Dra. Yissel Valdez, al Dr. Víctor Vizcarra y al Dr. Clemente Leyva quienes me estuvieron apoyando y guiando en estos 24 meses, además de mostrarme el camino de la Investigación y del porque debemos luchar por lo que soñamos.

A mi familia, amigos y a mi esposo, que siempre cerca o lejos han sido un apoyo para mí al hacerme saber que no debo darme por vencida en las metas que nos proponemos.

DEDICATORIAS

Dedico esta Tesis a mis padres Alma Lorenia Rosas y Guadalupe Martin Valenzuela quienes nunca me dejaron sola y me acompañaron en el camino en cualquier parte que estuviera, y me ayudaron tanto a lograr cumplir esta meta.

A mis hermanos Martin y Cecilia, porque aún lejos, siempre están en mi corazón y parte de lo que hago siempre es pensando en mi familia.

A mi esposo Joel Bojórquez Robles, quien nunca me soltó y me dio siempre fuerzas cuando en ocasiones veía perdido llegar hasta donde ahora estoy.

Y a mis amigos, en especial a Blanca y Lucia, que fueron las primeras personas que me llenaron con sus consejos para no darme por vencida. Y a mis queridos amigos Sebastián, Federico y Gema quienes de ultima estancia en Mexicali, me hacían sentir que todo tenía sentido con sus risas y ocurrencias y me ayudaron incondicionalmente durante todo el proyecto.

RESUMEN

Tres bovinos machos castrados biotipo lechero raza Holstein con un P.V. de 120 ± 10 kg. De 6 meses de edad provistos con cánulas ruminales se usaron bajo un diseño de bloques completos al azar, con la finalidad de evaluar la composición química, así como, la degradabilidad de la gramínea forrajera pasto híbrido Camello® a los 15, 30 y 45 días de corte. Los tratamientos consistieron en: T1: 15 días, T2: 30 días, T3: 45 días. Se observó un mayor contenido de PC en el corte 15d (6.72%), y un menor porcentaje a los 45d (2.58%), en cuanto a FDN y FDA, se observaron mayores porcentajes a los 45d (86.39%) y (46.38%) respectivamente, obteniendo porcentajes menores a los 15d (84.20%) y (41.20%) respectivamente, para LIG se observaron mayores porcentajes a los 45d (8.52%) y un menor porcentaje a los 15d (3.80%), se observó un mayor porcentaje para DEG a los 15d (55.68%) y un menor porcentaje a los 45d (45.39%). Se observó efecto de interacción ($P < 0.001$) *CORTE* por *TIEMPO* (incubación) para la variable DEG. El efecto fijo de *CORTE* afectó la PC ($P < 0.0001$), FDA ($P < 0.0001$) y LIG ($P = 0.016$). Sin embargo, la FDN no fue afectada significativamente ($P > 0.05$) por ninguno de los efectos fijos del modelo. A los 45d se observó el *CORTE* con menor DEG ($P < 0.05$), y a los 15d se observó el *CORTE* con mayor DEG ($P < 0.05$).

Palabras claves: pasto camello, bovinos, degradabilidad ruminal.

ABSTRACT

Three castrated male dairy biotype Holstein breed cattle with a P.V. 120 ± 10 kg. Of 6 months of age provided with ruminal cannulas, they were used under a randomized complete block design, with the purpose of evaluating the chemical composition, as well as the degradability of the Camello® hybrid grass forage grass at 15, 30 and 45 days. cutting. The treatments consisted of: Control: T1: 15 days, T2: 30 days, T3: 45 days. A higher CP content was observed in the 15d section (6.72%), and a lower percentage at 45d (2.58%), as for NDF and ADF, higher percentages were observed at 45d (86.39%) and (46.38%) respectively, obtaining lower percentages at 15d (84.20%) and (41.20%) respectively, for LIG higher percentages were observed at 45d (8.52%) and a lower percentage at 15d (3.80%), a higher percentage was observed for DEG at 15d (55.68%) and a lower percentage at 45d (45.39%). Interaction effect ($P < 0.001$) CUT by TIME (incubation) was observed for the DEG variable. The fixed effect of CUT affected PC ($P < 0.0001$), FDA ($P < 0.0001$) and LIG ($P = 0.016$). However, FDN was not significantly affected ($P > 0.05$) by any of the fixed effects in the model. At 45d the CUT with the lowest DEG was observed ($P < 0.05$), and at 15d the CUT with the highest DEG was observed ($P < 0.05$).

Keywords: camel grass, cattle, ruminal degradability.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
CONTENIDO.....	v
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
HIPÓTESIS.....	3
OBJETIVOS.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	5
REVISION DE LITERATURA.....	6
Fisiología ruminal.....	6
<i>Funcionamiento ruminal.....</i>	6
<i>Microbiota ruminal.....</i>	6
Degradación ruminal.....	7
<i>Degradación de Materia Seca.....</i>	8
<i>Degradación de la fibra por los organismos.....</i>	9
<i>Lignina.....</i>	9
<i>Celulosa.....</i>	10
<i>Hemicelulosa.....</i>	11
<i>Degradación de la Fibra Detergente Neutra.....</i>	11
<i>Degradación de la Fibra Detergente Ácida.....</i>	12
<i>Degradación de la Proteína.....</i>	14
<i>Degradación de Carbohidratos.....</i>	14
<i>Degradación de Grasas.....</i>	15
Gramíneas forrajeras como alimentación para el ganado bovino...	17
Gramíneas forrajeras.....	18
<i>Contenido nutricional.....</i>	19

<i>Híbrido Camello®</i>	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
Localización del área de estudio.....	22
Origen de la información.....	22
Diseño del experimento y tratamientos.....	23
<i>Determinación de cinética de degradación</i>	24
<i>Determinación de Ceniza</i>	25
<i>Determinación de Proteína</i>	26
<i>Determinación de FDA</i>	28
<i>Determinación de FDN</i>	28
Variables de estudio.....	29
Análisis estadístico.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
CONCLUSIONES.....	37
LITERATURA CITADA.....	38

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Porcentaje de inclusión ingredientes en dieta base.....	24
2	Medias generales, desviación estándar, valores mínimos y máximos de las variables de calidad forrajera del pasto camello®.....	30
3	Medias generales de variables de calidad forrajera del pasto camello® y el efecto fijo de CORTE (tratamiento), TIEMPO de INCUBACIÓN (tiempo) y la interacción de tiempo de incubación por fecha de corte.....	31
4	Análisis de correlación (r) entre variables de calidad forrajera del pasto Camello® con los niveles de CORTE, PC. y LIG.....	33
5	Análisis de regresión múltiple de las diferentes variables de calidad forrajera del pasto camello® considerando el efecto de CORTE, MS. y DEG. de la muestra.....	33
6	Composición nutricional del pasto camello®.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Medias de DEG. de acuerdo a la interacción de CORTE por tiempo de INCUBACIÓN.....	32

INTRODUCCIÓN

Los pastos y forrajes ocupan un lugar importante de la ganadería en México y en otros países, debido a que constituyen la principal fuente de alimentación para rumiantes, por diversas características productivas, además de no competir como fuente de alimento para otras especies y en especial con el hombre.

Las praderas en sistemas de pastoreo constituyen la fuente más económica para alimentar a los rumiantes, por ello, se ha vuelto una opción eficiente siempre y cuando se realice de manera adecuada, ya que de lo contrario disminuye la oferta y calidad del forraje reduciendo la eficiencia tanto productiva como económica (Arcos et al., 2018).

Las gramíneas se han clasificado como forrajes importantes en la producción pecuaria, debido a que constituyen principalmente la fuente de energía para el crecimiento y desarrollo de los animales, la cual es necesaria para su producción (Wang et al., 2001).

Diversos autores han observado que las gramíneas tienen una respuesta positiva en la resistencia al déficit hídrico y adaptación a diferentes tipos de suelos, entre ellas destaca el híbrido camello®, sin embargo, no se han realizado estudios que demuestren un valor aceptable de la degradabilidad ruminal de este pasto.

Es importante conocer la composición química del forraje especialmente el contenido de fracciones de la fibra como: celulosa,

hemicelulosa y lignina, ya que esto forman parte de las paredes celulares de los forrajes y determinan su degradabilidad siendo este un indicador importante de la calidad (Vargas, 2016).

HIPÓTESIS

La etapa fenológica al corte del pasto camello® puede afectar la degradabilidad ruminal, así como la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos en el rumen. Provocando variaciones en el comportamiento productivo en bovinos.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la dinámica de degradación ruminal de la gramínea forrajera híbrido camello® a los 30, 45 y 60 días de corte en bovinos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la composición nutrimental de la gramínea forrajera híbrido camello® a los 15, 30 y 45 días de corte mediante un análisis bromatológico.
2. Evaluar la degradación ruminal de la gramínea forrajera híbrido camello® a los 15, 30 y 45 días de corte por medio de prueba de digestibilidad in situ en bovinos.
3. Comparar el efecto de degradación ruminal de la gramínea forrajera híbrido camello® a los 15, 30 y 45 días de corte debido a sus etapas de madurez en bovinos.

JUSTIFICACION

Los pastos y forrajes constituyen la principal fuente de alimentación para el ganado vacuno y las razones que lo justifican están determinadas por: posibilidad de cultivarlos todo el año, cuando son manejados correctamente producen altos rendimientos de aceptable calidad y posibilidad de emplear más de una variedad en un sistema de explotación, contribuyen a la conservación del suelo, no deterioran el medio ambiente, su cultivo y utilización resultan económicamente viables, además no compiten como fuente de alimento para otras especies y en especial con el hombre (Herrera, 2014).

Es importante conocer la composición química del forraje especialmente el contenido de fracciones de la fibra como: celulosa, hemicelulosa y lignina, ya que estos forman parte de las paredes celulares de los forrajes y determinan su digestibilidad siendo este un indicador importante de la calidad (Vargas, 2016).

La calidad de los forrajes y pastos puede ser afectada por distintos factores como: la falta de agua que impacta en la reducción de cultivos y pastos, menores niveles hídricos, mayor mortalidad entre ganado y riesgos de degradación de la tierra, esta problemática va en aumento en consecuencia de la falta de lluvias, provocando una reducción en la producción de los cultivos y pastos afectando los ingresos para productores, así como también la crisis alimentaria (FAO, 2021).

Con este proyecto se beneficiará a los productores del sector agropecuario, siendo una buena alternativa, el producir pastos que sean resistentes a la sequía reduciendo la modificación en su estructura y producción para el aprovechamiento de nutrientes en rumen.

REVISIÓN DE LITERATURA

Fisiología ruminal

Funcionamiento Ruminal

Los bovinos se pueden catalogar de acuerdo a su metabolismo como cámaras de fermentación, que pueden transformar materiales, indigestibles para otros animales, en fuentes de energía aprovechables para su crecimiento y producción, y esta característica se convierte en una herramienta muy útil para diversificar su alimentación (Elizondo-Salazar y Monge-Rojas, 2020).

La cámara fermentativa está compuesta por cuatro compartimientos en los que el rumen juega un papel vital en el proceso digestivo, especialmente porque se convierte en una cámara única gracias a una población microbiana capaz de procesar el forraje, dándole a los rumiantes una ventaja sobre los monogástricos, alestar capacitados para utilizar recursos alimenticios altos en fibra por lo que no tienen que competir con el hombre (Daniels y Taylor, 2015).

Microbiota ruminal

La población microbiana ruminal es notablemente diversa, y contiene cientos de diferentes especies de bacterias y arqueas, además de muchas especies de hongos y protozoos, la actividad de estos microorganismos brinda una estabilidad para mantener la digestión en condiciones de alimentación y manejo, se siguen realizando estudios para una mejor utilización de fibra y reducción de la producción de metano (Weimer, 2015).

Estos microorganismos hacen que sea posible la degradación ruminal, están distribuidos en la fase sólida del contenido ruminal y en una menor medida asociada al epitelio (Fraga et al., 2013).

En un estudio sobre estos microorganismos se encontró que llevan a cabo una distribución superpuesta de capacidades fisiológicas en múltiples taxones microbianos.

Respecto al catabolismo se infiere de una comparación del número de sustratos degradables en la alimentación y el número de especies disponibles para llevar a cabo las degradaciones, existen especies diferentes las cuales contribuyen a la degradación de cada sustrato o enlace, además se lleva a cabo también una resiliencia, donde los organismos del rumen responden a la perturbación por fuerzas internas o externas, pueden ser físicas (cambio de temperatura), químicas (pH ruminal, cambio de la dieta o introducción a alguna toxina vegetal en el alimento) o biológicas (entrada de algún microbio nativo).

Algunas perturbaciones son características tan comunes de la existencia de un animal que no se le da tanta importancia como; variaciones en los patrones de las comidas o el consumo de agua (Weimer, 2015).

Degradación ruminal

La estimación de la degradación ruminal de especies forrajeras y de alimentos concentrados permite obtener información relevante para la confección de tablas de composición de alimentos y, consecuentemente, indispensables para la formulación de dietas para los animales (Contreras et al., 2019).

Es un tema de gran interés en la nutrición, debido a que en la producción

animal se requieren alimentos con alta aceptación y excelente aprovechamiento con bajas pérdidas de nutrientes por excretas (Navarro et al., 2011).

Se han realizado estudios de digestibilidad donde se demuestra que permiten examinar la proporción de nutrientes absorbibles presentes en una ración, la digestibilidad y el consumo son dos de los principales parámetros que definen la calidad de un alimento. La digestión incompleta representa la mayor pérdida en el proceso de utilización de la energía consumida (Rodríguez et al., 2007).

En un estudio de degradación de forrajes se obtuvieron resultados superiores a un 70%, esto nos indica una buena posibilidad de suplementación con forrajes, de lo contrario por debajo de un 50% se considera un grado de degradación baja, lo que limita las posibilidades de utilizarlos, así como también un contenido alto de lignina hace que la degradabilidad ruminal sea afectada negativamente (Naranjo et al., 2011).

Vargas-Bayona et al. (2013), han utilizado diferentes técnicas para estimar la digestibilidad de alimentos en el rumen como; *in vitro*, *in vivo* e *in situ*, técnicas que tienen sus ventajas y sus limitaciones las cuales se toman en cuenta al momento de tener en claro el objetivo y el tipo de práctica que se realiza.

Degradación de materia seca (MS)

La degradación de la MS en base a alimentación con forrajes, demuestra que a mayor edad de corte de la planta la degradación se afecta significativamente debido al contenido de lignina en el forraje (Fernández, 2020).

En un estudio desarrollado por Cárdenas- Villanueva et al. (2016) donde

evaluaron la degradabilidad de MS en parámetros de la cinética ruminal de la MS y la PC, se tiene que, la fracción soluble a los 135 días de rebrote fue de 24.6 y 17.6%, respectivamente, además, indica una mejoría que en los otros dos tiempos de rebrote. Asimismo, la fracción potencialmente degradable de MS y PC fue 29.69 y 42.9%, respectivamente, y la tasa de degradación fue 8.9 y 9.8%/h en MS y PC, disminuir en ambos casos el tiempo de rebrote a 105 días en comparación con los otros tiempos de rebrote.

Además, la tasa de degradabilidad efectiva (DE) fue superior (41.3% en MS y 41.2% PC) a los 105 días respecto a 120 y 135 días del rebrote.

Degradación de la fibra mediante los microorganismos del rumen

La fibra se encuentra en la pared celular de las plantas compuestas por la lignina y polisacáridos no almidónicos, se clasifica en base a su solubilidad en agua como fibra soluble e insoluble. La fibra soluble contiene mayoritariamente pectinas, gomas y algunas hemicelulosas y la fibra insoluble contiene celulosa, lignina y algunas hemicelulosas (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani, 2010).

La fibra es importante para mantener el equilibrio en el rumen, sobre todo si se ofrece con un tamaño adecuado de partícula que provoque que el animal mastique y rumie más para producir más saliva y evitar que el pH ruminal caiga a niveles que desencadenen una acidosis ruminal subaguda (Esparza, 2013).

Lignina: la lignina se encuentra naturalmente en la pared celular vegetal y es formada por tres polímeros condensados que se entrecruzan en una malla compleja, resistente a la hidrólisis ácida y alcalina y a varios complejos enzimáticos, inclusive a enzimas microbianas y del tracto gastrointestinal de

animales superiores (Rodríguez et al., 2007).

La lignina no es un carbohidrato, pero tiene una estrecha relación con la celulosa y la hemicelulosa; es un polímero compuesto de diversas sustancias fenólicas (alcoholes) y debido a eso tiene características hidrofóbicas (repelente el agua) lo que ocasiona que las bacterias del rumen tengan complicaciones para su degradación y disminuya la digestibilidad del forraje; pero la lignina (o su enlace) no es del todo indigestible o indegradable, dependerá del tipo de compuestos fenólicos que la conformen, es por ello que algunas leguminosas (como la alfalfa) pueden contener más lignina que algunos pastos, pero propiciar mejores ganancias de peso o producción de leche en los rumiantes (Vargas, 2016).

La lignina ha sido utilizada como indicador interno, considerando que parece no ser digerida por animales y presentar recuperación cuantificable en las heces (Rodríguez et al., 2007).

Celulosa: Es el polisacárido estructural de todo el reino vegetal; por ser considerado el compuesto orgánico más abundante en la naturaleza y constituir una fuente de glucosa prácticamente inagotable que se renueva de forma continua mediante la fotosíntesis, los científicos han desarrollado muchas investigaciones para aprovecharlo en la obtención de glucosa. La celulosa se encuentra en las frutas, las hortalizas y los cereales como constituyente estructural de las paredes celulares, y también la producen ciertos microorganismos (Badui, 2006).

Hemicelulosa: se refiere a un grupo muy extenso de polisacáridos con diversos tipos de monómeros (heteropolisacáridos) que se localizan principalmente en la pared celular, y que son muy distintos a la celulosa o al almidón. El contenido de hemicelulosas cambia durante la maduración de los frutos y vegetales (Badui, 2006).

Las hemicelulosas tienen una alta habilidad de absorber agua, razón por la cual se dice que son solubles; al absorber agua en los intestinos ayudan a la formación de heces y a la mejor y más fácil eliminación de éstas (Badui, 2006).

Degradación de fibra detergente neutra (FDN)

La fibra detergente neutra, contiene la porción estructural del forraje. Esta porción determina en buena medida el volumen que ocupará el alimento en el tracto digestivo y la cantidad de forraje que consumirá el animal (Esparza, 2013). Mertens (1997) creó un concepto nuevo, la fibra detergente neutro físicamente efectiva (FDNef), que integra las características físicas, como el tamaño de partícula, con la composición química de la ración y, por lo tanto, se considera más eficaz para predecir las condiciones ruminales. La FDNef se considera efectiva cuando estimula la masticación y mantiene el porcentaje de la grasa en la leche.

El análisis de la FDN divide la fracción de CHO (hidratos de carbono) del vegetal de contenidos celulares y componentes de las membranas celulares. El alimento es tratado con una solución de detergente neutro pH 7. La fracción disuelta en la solución detergente neutro contiene a los componentes celulares que son lípidos, azúcares, ácidos orgánicos, sustancias hidrosolubles, pectina,

almidón, Nitrógeno no Proteico y proteína soluble. Estos componentes son digeridos casi totalmente por el animal. El residuo después del tratamiento con detergente neutro, está constituido por las membranas celulares y se le denomina fibra detergente neutra (Esparza, 2013).

Gaviria et al. (2015) en un estudio con diferentes gramíneas reportaron un FDN de 59.4% como promedio en la FDN, el cual puede considerarse bajo, comparado al que normalmente resultan las gramíneas, es importante estos porcentajes debido a que el contenido de FDN puede limitar la productividad (Gaviria et al., 2015).

Rojas et al. (2018) realizaron un estudio con pasto cobra (*brachiaria* híbrido br02/1794) a dos intensidades de corte, observaron que el contenido de fibra detergente neutro (FDN) aumenta a medida que el rebrote avanzó en ambos componentes e intensidad ($P < 0.05$). La cantidad de FDN fue mayor en el componente tallo con 78,93% a los 63 días y menor el componente hoja con 47.08% a los 7 d, independientemente de la intensidad de corte ($P < 0.05$).

Degradación de fibra detergente ácida (FDA)

Es una parte de la pared celular compuesta por celulosa ligada a lignina, esta fracción es un indicador indirecto del grado de digestibilidad del forraje, los procesos de lignificación aumentan el contenido de fibras detergentes en los alimentos y estas a su vez afectan la digestibilidad y el consumo de materia seca por los animales (Njidda, 2010).

Una muestra de alimento es tratada con una solución detergente ácida, que disuelve la hemicelulosa y alguna proteína ligada a la fibra, además de los

contenidos celulares.

Estas fracciones son parcialmente digestibles, dependiendo del grado de lignificación. El material insoluble es la fibra detergente ácida, que consta de celulosa, lignina cutícula y sílice. Tanto la sílice como la lignina reducen la digestibilidad de los vegetales, ya que la digestibilidad de las gramíneas disminuye en 2 a 3 unidades aproximadamente por cada unidad de lignina y de sílice presente en la materia seca (Esparza, 2013).

Rojas et al. (2018) realizaron un estudio con pasto cobra (*brachiaria* híbrido br02/1794) a dos intensidades de corte, observaron que el contenido de fibra detergente ácida (FDA) aumenta a medida que el rebrote avanzó en ambos componentes e intensidad ($P < 0.05$). La cantidad de FDA fue mayor en el componente tallo registrando 44.15 y 21.63% en tallo y hoja con el mayor y menor porcentaje, respectivamente ($P < 0.05$).

Santana et al. (2010) reportaron tres variedades de forrajes de yuca, donde se observó que a medida que aumentó la edad de cosecha del forraje, la FDA también aumentó, con incrementos aproximadamente constantes de 2.4% por cada 15 días de retraso de la cosecha, lo que indica una tendencia lineal en el tiempo.

Los autores mencionan que este incremento constante va en contravía de la digestibilidad del forraje, y se debe, entre otros factores, a la insolubilización de los carbohidratos, a la lignificación progresiva de la pared celular y a la disminución de la disponibilidad de proteína, que combinados provocan que los animales hagan una menor degradación del forraje en el rumen.

Degradación de la proteína

El conocimiento de la degradación ruminal de proteínas es fundamental para conocer la cantidad de proteína que estamos administrando en la dieta la cual contenga cantidades adecuadas de proteína degradable en el rumen (PDR), para los microorganismos tanto como el animal, aquí también desciframos el contenido de nitrógeno no proteico (NNP), la proteína verdadera (PV) y sus características físicas y químicas ya que estas afectan la cantidad de PDR (Naranjo y Cuartas, 2011).

En estudios realizados de la degradación de PC se han obtenido resultados donde se reportan que al aumentar la edad de la planta ocasiona una lignificación, dificultando el proceso de degradabilidad disminuyendo su aprovechamiento (Cárdenas-Villanueva et al., 2016).

Fernández (2020) en un estudio con pastos Maralfalfa (*Pennisetum spp*), Elefante (*Pennisetum purpureum*) y Camerún (*Pennisetum spp*), observó que el porcentaje (%) de la MS, a la edad de corte de 40 días; los tres pastos, muestran diferente ($P < 0.05$) comportamiento productivo en el porcentaje de este nutriente, por otro lado, la evaluación realizada a los tres pastos para este nutriente en los días 50 y 60 de edad de corte, mostraron tener un rendimiento similar ($P > 0.05$). Evidentemente, los tres pastos mostraron tener un alto contenido de PC a la edad temprana de corte, tratándose de gramíneas forrajeras.

Degradación de carbohidratos

Los carbohidratos estructurales forman las paredes celulares de las plantas, son una importante fuente de energía para los rumiantes, que con la

ayuda de los microorganismos rumiantes son capaces de digerirlas hasta 70% de no ser por la interferencia del compuesto denominado lignina (Vargas, 2016).

La celulosa y hemicelulosa son los principales carbohidratos estructurales que formarán cadenas con pequeñas cantidades de lignina y proteínas que no son utilizados en el metabolismo de la planta; la biosíntesis de estos carbohidratos es determinada por factores genéticos, climáticos, nutricionales y el sistema de pastoreo (Goujon et al., 2003).

Vargas (2016) realizó un estudio de las plantas donde afirma que el tallo es generalmente más alto en celulosa y hemicelulosa respecto a las hojas (láminas), porque ahí se requiere mayor rigidez celular para soportar el peso de la planta. Esta diferencia es más contrastante en los forrajes tropicales donde la diferencia nutricional entre hojas y tallos ha derivado en la selección de especies forrajeras con una proporción de hojas mayor a la del tallo.

Aldrich et al. (1993) al emplear dietas que contenían 36 % de carbohidratos no estructurales (80 % fermentables en rumen) y 17,5 % de proteína bruta (66 % degradable en el rumen), informaron que se produjo un aporte máximo de nitrógeno microbiano al duodeno y, además, que una disminución en los carbohidratos no estructurales o en la proteína fermentable reducía la proteína microbiana sintetizada en el rumen.

Degradación de grasas

Los lípidos son nutrientes importantes para la nutrición y alimentación animal, debido a su alta densidad energética, lo que los convierte en la principal fuente de carbono para atender las exigencias energéticas de manutención y

producción en los animales (Souza et al., 2017).

Martínez et al. (2013) mencionan que un contenido alto de ácidos grasos es relevante para la salud humana, es por ello que se ha adicionado aceites y semillas ricas en ácidos grasos insaturados a las dietas de rumiantes debido a que éstas modifican la cantidad de ácidos grasos saturados en el producto final.

En un estudio sobre la función del metabolismo se reporta que los lípidos son mayoritarios en tejido adiposo (TA) y hepático, lo forman los AG y triglicéridos. El TA es el principal sitio de almacenamiento energético, el TA se encuentra metabólicamente asociado con el tejido hepático mediante un equilibrio que regula los procesos de β -oxidación, síntesis de novo y transporte de AG a nivel tisular, el metabolismo de AG en TA y hepático es afectado por diversos factores, tales como la nutrición, nivel de restricción dietaria, genética, estado fisiológico y medio ambiente, de los cuales, la nutrición tiene el mayor impacto (Castillo, 2019).

Ortega (2012) evaluó la concentración de ácido linoleico (LA), ácido α -linolénico (ALA), ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), ácidos grasos n-3 y n-6, en forrajes y observó diferencias significativas ($P < 0.0001$) en los tres forrajes, la concentración de lípidos totales, el genotipo de yorimón mostró la mayor cantidad seguido del frijol sesenteño y alfalfa henificada.

Los forrajes verdes frijol yorimón y frijol sesenteño, así como el pasto taiwán tuvieron el contenido mayor de ALA. Las semillas de germinado de maíz mostraron los contenidos mayores de LA, seguido del nopal tierno. Ambos, ALA y LA, son precursores del ácido ruménico y del ácido vaccénico en rumiantes.

Por lo tanto, el uso de estos forrajes verdes en la alimentación de

rumiantes es una alternativa que podría modificar las proporciones de ácido grasos en la leche y la carne con el propósito de incrementar los PUFA, específicamente los ácidos grasos conjugados como son el ácido ruménico y el ácido vaccénico.

Gramíneas forrajeras como alimentación para el ganado bovino

Las gramíneas forrajeras se utilizan como alternativa en sistemas de pastoreo para la ganadería en climas tropicales y templados. Constituyen una opción eficiente si estas se realizan de manera adecuada, ya que de lo contrario disminuye la oferta y calidad de los forrajes, así como la eficiencia tanto productiva como económica baja (Arcos et al., 2018).

Las praderas constituyen la fuente más económica para alimentar a los rumiantes, ya que los animales cosechan su propio alimento y las defecaciones regresan directamente como abono. Esto evita los costos de corte, conservación y acarreo del forraje, limpieza constante de las instalaciones y manejo de grandes cantidades de estiércol, las praderas se pueden establecer con una sola especie simple, doble y compuesta (Carlier, 2010).

Existen algunas causas que pueden afectar la eficiencia de la utilización de pastos como; una mala aplicación de tecnologías, el sobrepastoreo, la deforestación, tal sobreexplotación suele ser causada por la presión económica y social, la falta de conocimientos y las sequías, por ello las gramíneas juegan un papel importante en estos puntos, ya que pueden lograr sistemas que sean sostenibles con el medio ambiente y ecológicos como una mejor persistencia de las pasturas, disminuyen la utilización de fertilizantes nitrogenados y contribuyen

en el secuestro de carbono en el suelo (Arcos et al., 2018).

Gramíneas forrajeras

Las gramíneas forrajeras se caracterizan por poseer raíces poco profundas, tallos cilíndricos que presentan nudos, hojas alternadas con nervaduras paralelas. Por lo general, la base de la hoja envuelve el tallo y terminan en punta y las flores son espiguillas (Cardona et al., 2012).

Para poder elegir una especie de gramíneas forrajeras deben considerarse múltiples factores como; rendimiento del forraje, estacionalidad, persistencia, calidad bromatológica, carbohidratos solubles, palatabilidad, resistencia a plagas y enfermedades, tipo de suelo y clima (Ortega et al., 2013).

Se realizó un estudio del comportamiento de 14 gramíneas forrajeras bajo diferentes niveles de humedad en donde se observó que en un mayor nivel de humedad y disponibilidad de agua se encuentra mayor acumulación en materia seca. Cuando tenemos un déficit de agua se presenta sensibilidad a la conductancia estomática y la transpiración, este tipo de estudios se realizan con diferentes gramíneas para la ayuda de selección de genotipos más eficientes en el uso de agua (Atencio et al., 2014).

Contenido nutricional

Las gramíneas constituyen principalmente la fuente de energía para el crecimiento y desarrollo de los animales, la cual es necesaria para la producción tanto de leche, carne y lana (Wang et al., 2001).

En los forrajes es importante considerar los niveles de celulosa,

hemicelulosa y lignina, pero también la forma en la que se entrelazan y unen a otros componentes para determinar adecuadamente el valor nutricional de un forraje y el comportamiento productivo resultante de los rumiantes (Vargas, 2016).

La calidad nutrimental de las gramíneas forrajeras afecta en la nutrición del animal, especialmente cuando tenemos un sistema de producción extensiva, en donde tenemos como alternativa fuente de forraje en pastoreo, debido a la influencia de las condiciones climáticas especialmente por las lluvias que se presentan como una variación en parámetros nutrimentales del forraje, en particular la digestibilidad afectada por el contenido de carbohidratos, proteína y fibra (Cordoba y Gallardo, 2013).

Para conocer la calidad de los pastos en la producción de rumiantes se realiza un estudio bromatológico. El objetivo es determinar la producción de gases y características fermentativas de los pastos. En ellos se puede determinar la proteína bruta (PB), Cenizas (Ce), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), cinética de fermentación, producción de gases, ácidos grasos volátiles (AGV), conteo de bacterias totales, degradaciones de materia seca (DEGMS), degradación fibra neutro detergente (DEGFND) y degradación fibra ácido detergente (DEGFSD) (Almaraz-Buendía et al., 2019).

Unos de los factores que afectan la calidad nutricional del forraje son: el clima que este no puede ser modificado, la fertilización y manejo que se realiza, edad de la planta, ya que una planta madura producirá mayor cantidad de forraje, pero de menor calidad debido a que aumenta su cantidad de lignina, y por supuesto la especie que se selecciona, es importante seleccionar un pasto con

un contenido mayor de hojas que de tallos (Vargas, 2016).

Valles De La Mora et al. (2016) realizaron un estudio con gramíneas en donde Purple King grass mostró los valores más bajos ($P < 0.01$) de FDN y hemicelulosa, mientras que los pastos Chetumal y Guinea los más altos para FDN; y Chetumal el valor más alto para hemicelulosa. *Panicum* y *Pennisetum* mostraron las mayores concentraciones de PC ($> 10\%$). Aunque la degradabilidad *in situ* de la materia seca fue similar dentro de géneros, los pastos de *Panicum* presentaron los valores más bajos, en promedio 67.1 %.

Flores (2017) observó que a mayores edades de rebrote durante la sequía con riego se presentó ligera disminución en la densidad de tallos debido a que insignificantes tasas de aparición de tallos no fueron suficientes para compensar las bajas tasas de muerte registradas.

Híbrido Camello®: Nuevo híbrido tolerante a la sequía evaluado por 12 años en el Centro de Investigación de Pastizales Tropicales (CIPAT). Es perteneciente a una variedad de Semillas Papalotla S.A. de C.V. y criado en masa en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Se considera una especie tolerante a la sequía adaptada a trópicos áridos y algunas regiones semiáridas de México mantiene un buen valor nutricional y es una opción para buena producción en regiones con pocas precipitaciones (Bernal-Flores et al., 2019).

Su sistema radicular es desarrollado permitiéndole profundizar a niveles más bajos del suelo extrayendo la humedad y tolerar periodos de sequía, puede tener hasta un 18% de proteína, asume tener una alta digestibilidad y Su producción de forraje puede alcanzar 30 toneladas de materia seca por hectárea por año (Semillas Papalotla S.A. de C.V., 2019).

Menéndez y Miranda (2021) observaron en un estudio sobre el pasto camello® que el valor de proteína fue bajo con un 9.4% el cual fue deteriorando a manera que se aumentó la edad de corte. Los niveles de FDN (63.5%) los cuales fueron aumentando a medida que aumentaron los días de corte, esto quiere decir que a medida que aumenta el corte tiene menor digestibilidad debido a su cantidad de lignina, en este estudio se registraron problemas en la etapa de germinación siendo un factor limitante las precipitaciones, a los 120 días los rendimientos de producción de biomasa fresca y seca resultaron bajos 2620 Kg MF ha-1 y 874.03 Kg MS ha-1 respectivamente.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio fue de tipo experimental prospectivo longitudinal y se llevó a cabo en los meses de febrero-junio del año 2023. Todos los procedimientos de manejo de animales se llevaron a cabo dentro de las directrices de las técnicas aprobadas localmente para el uso animal y cuidado. Con base a la NOM-051-ZOO, NOM-062 y NOM-059-ZOO.

Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Unidad Experimental de Metabolismo de Rumiantes del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California ubicada en el Km 3.5 de la carretera a San Felipe (32°24'27.71" Latitud Norte y 115°23'03.68" Longitud Oeste). El clima es de tipo desértico. El mes más frío es enero con una temperatura mínima y máxima promedio de -1.66 °C y 13 °C respectivamente, siendo julio el mes más cálido con una temperatura máxima y mínima promedio de 20 y 45°C respectivamente.

Origen de la información

Se utilizaron tres machos castrados de raza Holstein sanos aparentes de seis meses de edad, condición corporal de 3.5 y peso vivo de 120±10 kg, los cuales fueron provistos con cánulas ruminales fijas. Las unidades experimentales fueron seleccionadas inicialmente de acuerdo a su edad talla, peso, docilidad, estado de salud y características homogéneas entre sí. Previo

al inicio de experimento se realizó protocolo de vitaminado, inmunización (NAINVAC11 ®, Lab. Chinoín; dosis simple de 2.5 ml SC) contra enfermedades clostridiales y respiratorias (Mannhemia, Pasterella y Haemophilus). Se desparasitaron con un antihelmíntico (0.5 ml/50 kg de PV) de amplio espectro a base de ivermectina 2%+ closantel 10% (Colsiver ADE + B12®: Lab. Andoci).

Diseño del experimento y tratamientos

Las muestras a evaluar fueron colectadas en tres etapas fenológicas de la gramínea forrajera híbrido Camello®. A los 80 días posterior a la siembra del material se realizó el primer corte considerado como testigo y posterior a ese se realizaron cortes a los 15, 30 y 45 días, los cuales fueron considerado como como fuente de variación de tratamiento

Muestras

Las muestras del pasto camello® fueron secadas a 105°C por 24h. en una estufa (RIOSSA HCF41, México); para su posterior molido usando una criba de 2 mm en un molino de laboratorio (Micro-Mill, Bell-Arts Products, Pequannock, N J).

Posteriormente se realizó un análisis bromatológico (AOAC, 2007) para determinar el contenido porcentual de materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas (Ce), materia orgánica (MO). Además, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) de acuerdo a la metodología de ANKOM Tecnología Method de Van Soest et al. (1994).

Determinación de la cinética de degradación: Se llevo a cabo en el laboratorio de la Unidad Experimental de Metabolismo de Rumiantes del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California de nutrición animal. La degradabilidad *in situ* del forraje se estimó con la metodología descrita por Orskov y Mcdonald, (1979).

Los animales se alimentaron con una dieta basal que proporcionó los requerimientos de mantenimiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de inclusión ingredientes en dieta base

Ingrediente	Cantidad %
Heno de alfalfa	70
Maíz quebrado	21.75
Pasta de soya	5.0
Melaza de caña	3.0
Agromix SP	0.25

Las unidades experimentales fueron asignadas a corraletas individuales equipados con comedero individual y bebedero automático compartido y tapetes de neopreno para descanso. Se les proporciono agua a libre acceso y alimento correspondiente al 3.5% de su P.V. dividido en 1.5 Kg. en la mañana y 2 Kg. por la tarde. En cada bolsa se agregó 7 gramos de MS del pasto camello® en los cortes de 15, 30 y 45 días, se incubaron en el rumen para

evaluar los tiempos 0, 3, 12, 24, 48 y 72 horas, por triplicado de cada tiempo, las muestras fueron introducidas por horario inversamente para ser retiradas todas en conjunto.

Para la introducción de las bolsas al rumen a su vez se colocaron en bolsas con poros que permitiera la entrada de microorganismos ruminales guiados con hilo de cáñamo. Cumplidos los 6 tiempos, se retiraron todas las bolsas y se lavaron con agua corriente en lavadora en cinco ciclos de lavado por 5 minutos cada uno hasta obtener residuo de agua transparente posteriormente junto con las muestras del tiempo 0. Se secaron en estufa a 75°C de temperatura por 48 horas. Se pesaron para su posterior cálculo de desaparición del material por diferencia entre material incubado y el residual después del lavado. Se evaluó la degradabilidad ajustando los datos a la ecuación

$$P=a+b(1-e^{-ct}).$$

Donde: P = el porcentaje de degradación de CP o MS.

La fórmula considera dos fracciones en el alimento:

Donde a = es la fracción soluble (o rápidamente degradada)

B= es la fracción lenta fracción degradable (o potencialmente degradable)

C= es la tasa de degradación de la fracción b en el rumen T= el tiempo

Determinación de cenizas: se utilizó el método (AOAC, 1990, método 942.05), en el cual toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los 550-600°C. El material inorgánico que no se

volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza (Nollet, 1996). El análisis se realizó por triplicado.

Tres crisoles limpios se colocaron en una estufa (Fisher, 00034, México) por 2 h a 105°C, para eliminar la humedad y conseguir masa constante. Después, los crisoles se colocaron en un desecador a temperatura ambiente por 8 min. Posteriormente, cada crisol se pesó 0.500 g de muestra en una balanza analítica (AND, 27422, EUA). Las muestras se colocaron en el crisol correspondiente y se colocaron en una mufla (FELISA, modelo fe- 330) a una temperatura constante de 600°C durante 2 horas posteriormente. Se enfriaron las muestras, en un desecador a temperatura ambiente por 8 h y se procedió a pesar. La determinación se realizó por triplicado, calculando los resultados con la siguiente ecuación:

Ceniza (%) = $(mms - mmc / mmf) (100)$ Donde: mmf = masa de la muestra inicial (g).
mmc = masa constante del crisol (g).

mms = masa del crisol con la muestra seca (g).

Determinación de proteína: para la determinación de la proteína bruta se siguió el procedimiento de Kjeldahl, descrito en el método 955.04 de la AOAC (1990), utilizando una unidad de Kjeldahl para la digestión, una destilación y una titulación. El método se basó en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco. El destilado se recibió en ácido bórico para formar borato de amonio y fue valorado con ácido clorhídrico.

Para el análisis de proteína se utilizaron tres matraces Kjeldahl de 750 mL

previamente lavados y secados. En un papel se pesaron sobre una balanza analítica (AND, 27422, EUA) 1 g de la muestra y 3 g de catalizador para cada matraz. Posteriormente de pesar la muestra y el catalizador, se dobló el papel y se depositó dentro del matraz. Después se encendió el digestor Novatech, modelo k -j6c, serie 58700 y el extractor de gases. A continuación se añadieron 100 mL de ácido sulfúrico al 98% y se depositó a cada matraz en una parrilla. Después se pusieron los matraces en la parrilla se esperó hasta que la muestra tomara un color verde claro (este proceso tardó entre 30-40 min). Una vez que la muestra tomó el color verde claro se apagó el digestor y se dejó enfriar cada matraz por 15 minutos. Para esto se recomendó cambiar de parrilla los matraces. Posterior de los 15 minutos se llevó a una campana para acelerar el proceso de enfriado y posteriormente se añadieron 100 mL. de agua destilada, enfriando nuevamente en la campana por 15 a 20 minutos. Después se utilizaron tres matraz Erlenmeyer y se les añadió 50 mL de ácido bórico al 4% y tres gotas de indicador de azul de metileno. Posteriormente, a cada matraz Kjeldahl se añadió 3 a 4 gránulos de zinc sin que llegaran al fondo. Luego se añadió 40 mL de hidróxido de sodio al 40 %, tratando de arrastrar el zinc que habría quedado en el cuello del matraz. Consecutivamente, se colocó cada matraz en el digestor pero en esta ocasión en la parte de destilación conectando cada matraz Kjeldahl con el matraz Erlenmeyer y se dejó calentar hasta obtener los 150 mL en el matraz Erlenmeyer o hasta que el matraz Kjeldahl comenzara a moverse. Después se apagó el digestor, pero no el extractor. Luego el matraz Erlenmeyer se llevó a la bureta para hacer la titulación donde la bureta se llenó con ácido clorhídrico al 0.1 % de normalidad. Se introdujo un magneto en el matraz y se

comenzó agitar dejando caer gota tras gota hasta alcanzar un color azul o morado claro. La determinación se realizó por triplicado y para obtener los resultados se usó la siguiente fórmula:

$$PC (\%) = (\text{Vol.HCL} \times 0.1 \times 0.014 \times 6.5 / 100 \times \text{mmf}) (100)$$

Donde: mmf = masa de la muestra inicial (g).

Vol. HCl = volumen gastado del ácido clorhídrico (mL).

Determinación de fibra detergente ácido (FDA): Se determinó con la metodología de ANKOM Technology Method de Van Soest et.al. (1991). El porcentaje de degradación de la fibra detergente ácida (%FDA) se calculó usando la siguiente fórmula:

$$FDA (\%) = ((W3 - (W1 \times C1)) / W2) (100)$$

Donde: W1= Peso de tara de la bolsa
W2= Peso de la muestra

W3= Peso seco de la bolsa con fibra después del proceso de extracción.

C1= Corrección de la bolsa en blanco (promedio móvil del peso final secado al horno dividido por el peso de la bolsa en blanco original)

Determinación de fibra detergente neutro (FDN): se determinó con la metodología de ANKOM Technology Method de Van Soest et al. (1994). El porcentaje de degradación de la fibra detergente neutro (%DFDN) se calculó usando la siguiente fórmula:

$$\%DFDN = (FDNi - FDNf / FDNi) (100)$$

Dónde: %DFDN = Porcentaje de degradación de fibra detergente neutro
FDNi = Fibra detergente neutro inicial

FDNf = Fibra detergente neutro final no degradada

Variables del estudio

Degradabilidad (DEG), la cual indica la degradación porcentual de los componentes estructurales del forraje.

Grado de madurez, que indica el estado de desarrollo completo de un cultivo, representada en días.

Incubación de las bolsas ruminales, indicando el tiempo de permanencia del pasto camello® en rumen, que está representado en horas.

Análisis estadístico

Inicialmente, los datos de MS, PC, FDA, FDN, LIG y DEG, se normalizaron con \log_{10} . Las mediciones repetidas de las variables de estudio se analizaron bajo la estructura de un Diseño Completo al Azar, considerando el efecto fijo de *días al corte*, *horas de incubación* e interacción días por tratamiento y *animal* como efecto aleatorio en el modelo (PROC MIXED; SAS, 2014). La selección de la estructura de covarianza en el modelo definitivo fue considerando los criterios Bayesiano y Akaike (valor más cercano a cero). Se realizó la comparación de medias con la prueba de t-student. Posterior a la comparación de medias, los datos logarítmicos se regresaron a su unidad de medición original. Se realizó un análisis de correlación entre variables de estudio (PROC CORR). Se estimó regresión múltiple (PROC GLM) para estimar las unidades de cambio en las variables de calidad del forraje.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 2 presenta las respectivas medias generales y estadística descriptiva de las diferentes variables de estudio. Se observó efecto de interacción ($P < 0.001$) *CORTE* por *TIEMPO* (incubación) para la variable DEG (Cuadro 3). El efecto fijo de *CORTE* afectó a PC ($P < 0.0001$), FDA ($P < 0.0001$) y LIG ($P = 0.016$). La FDN no fue afectada ($P > 0.05$) por ninguno de los efectos fijos del modelo.

Cuadro 2. Medias generales, desviación estándar, valores mínimos y máximos de las variables de calidad forrajera del pasto Camello®.

Variable	Media	Desv. Est	Min.	Max.
MS (%)	96.093	0.80	93.6	97.5
PC (%)	5.06	2.92	0.2	11.1
FDN (%)	85.47	5.40	57.6	90.8
FDA (%)	44.56	4.93	30.6	53.1
LIG (%)	6.68	3.63	0.3	15.2
DEG (%)	51.74	25.04	17.9	88.6

Dado que DEG fue afectado por la interacción de *CORTE* x *INCUB* ($P < 0.0001$), a continuación, se presenta la figura 1. Las medias generales de cada variable de calidad y el efecto fijo de corte por el tiempo de incubación tomando como interacción el tiempo de incubación por fecha de corte, se observó que a las 0h y 3h, 45d fue el *CORTE* con menor DEG ($P < 0.05$) y conforme avanzó el tiempo de incubación, 15 y 30d fueron los tiempos de *CORTE* con mayor DEG a las 72h ($P < 0.05$).

Cuadro 3. Medias generales de variables de calidad forrajera del pasto Camello® y el efecto fijo de corte (tratamiento), tiempo de incubación (tiempo) y la interacción de tiempo de incubación por fecha de corte.

VAR	TRATAMIENTOS				EFECTO FIJO			
	Testigo (80d)	15d	30d	45d	CORTE	INCUB	INTER	R ²
	<i>Media ± E.E.</i>	<i>Media ± E.E.</i>	<i>Media ± E.E.</i>	<i>Media ± E.E.</i>				
MS	96.04 ± 0.138 ^a	95.91 ± 0.132 ^a	96.1 ± 0.138 ^a	96.2 ± 0.143 ^a	0.250	<.0001	0.986	0.68
PC	4.23 ± 0.429 ^a	6.72 ± 0.496 ^b	6.30 ± 0.511 ^b	2.58 ± 0.496 ^a	<.0001	<.0001	0.2926	0.75
FDN	84.94 ± 1.314 ^a	84.20 ± 1.42 ^a	86.80 ± 1.518 ^a	86.39 ± 1.42 ^a	0.55	0.531	0.678	0.32
FDA	49.13 ± 0.64 ^a	41.20 ± 0.664 ^b	41.93 ± 0.710 ^b	46.38 ± 0.664 ^c	<.0001	<.0001	0.618	0.82
LIG	ND	3.80 ± 1.249 ^a	6.61 ± 1.08 ^{ab}	8.572 ± 0.088 ^b	0.016	0.742	0.997	0.38
DEG	51.33 ± 0.38 ^a	55.68 ± 0.37 ^b	54.54 ± 0.37 ^a	45.39 ± 0.37 ^c	<.0001	<.0001	<.0001	0.98

^{a,b,c} indican diferencia estadística de medias entre columnas de tratamientos. ND= Datos no disponibles.

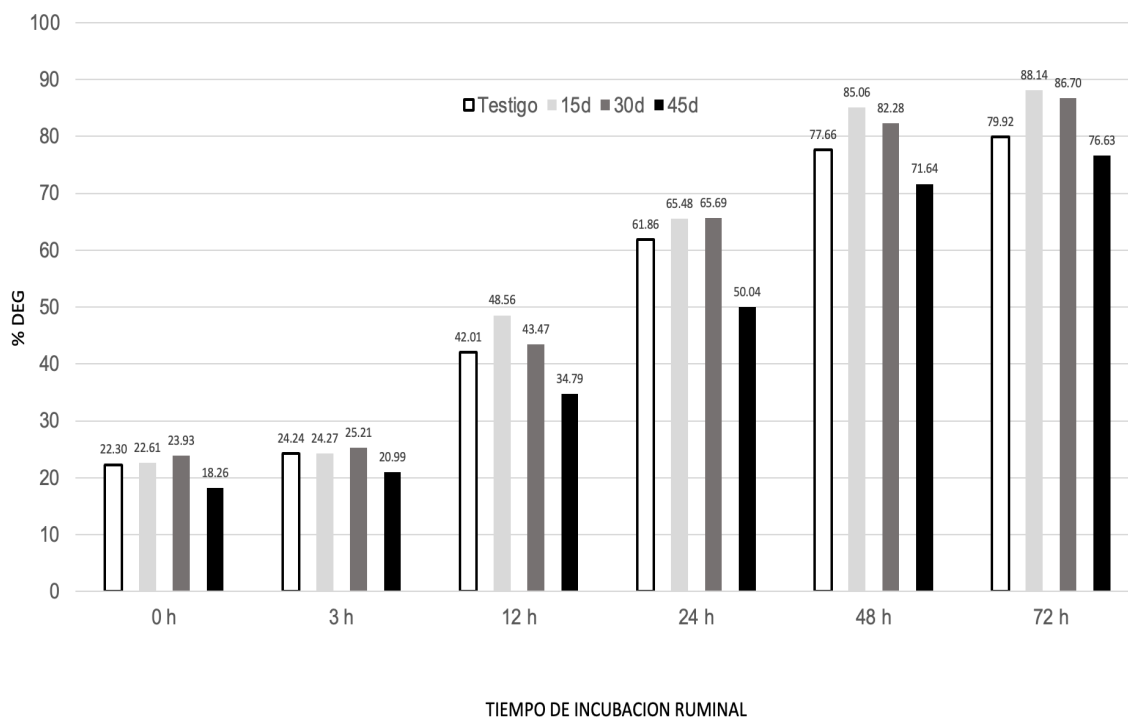


Figura 1. Medias de DEG de acuerdo a la interacción de CORTE por TIEMPO de INCUBACIÓN.

α β γ δ Indican diferencia estadística entre medias dentro de cada tiempo de incubación.

En el cuadro 4 aparecen los coeficientes de correlación (r) entre variables de calidad del pasto camello® y los niveles de CORTE, PC y LIG. CORTE se correlacionó de forma positiva con DIG ($P < 0.05$; $r = 0.51$). La PC se correlacionó negativamente con FDA ($P < 0.001$; $r = -0.51$), LIG ($P < 0.05$; $r = -0.52$) y DEG ($P < 0.0001$; $r = -0.053$).

Para analizar las unidades de cambio en la calidad forrajera del pasto Camello® por efecto de CORTE, MS y DEG, en el cuadro 5, se presenta el resumen del modelaje del análisis de regresión múltiple. Al respecto, DIG fue la variable con mayor influencia para PC ($R^2 = 0.29$; $P = 0.0008$) y FDA ($R^2 = 0.29$; $P = 0.0008$) y CORTE para FDN ($R^2 = 0.359$; $P < 0.0001$) y LIG ($R^2 = 0.310$; $P = 0.0003$).

Cuadro 4. Análisis de correlación (r) entre variables de calidad forrajera del pasto Camello® con los niveles de corte, PC y LIG.

	MS	PC	FDN	FDA	LIG	DEG
CORTE	0.10	-0.18	0.13	-0.18	0.51*	-0.02
PC	0.38*	-	0.07	-0.51**	-0.52*	-0.53**
LIG	0.00	-0.52*	0.30	0.56*	-	0.08

** P<0.0001; * P<0.05.

Cuadro 5. Análisis de regresión múltiple de las diferentes variables de calidad forrajera del pasto camello® considerando el efecto de CORTE, MS y DEG de la muestra.

Variable	Modelo	Parámetro	Prob.	R ² parcial	R ² acum
PC	<i>B₀</i>	3.193	0.6012		
	<i>Corte</i>	-0.032	0.0911	0.04	
	<i>MS</i>	-23.416	0.7090	0.002	
	<i>DEG</i>	-7.364	0.0008	0.296	0.334
FDN	<i>B₀</i>	121.132	0.0298		
	<i>Corte</i>	0.049	0.0027	0.136	
	<i>MS</i>	-37.181	0.5092	0.013	
	<i>DEG</i>	-0.147	0.9297	0.0001	0.149
FDA	<i>B₀</i>	-115.367	0.2505		
	<i>Corte</i>	-0.044	0.1275	0.025	
	<i>MS</i>	159.83	0.1236	0.359	
	<i>DEG</i>	14.927	<.0001	0.359	0.399
LIG	<i>B₀</i>	53.786	0.6002		
	<i>Corte</i>	0.183	0.0003	0.310	
	<i>MS</i>	-55.357	0.6008	0.025	
	<i>DEG</i>	0.569	0.8735	0.001	0.336

El cuadro 6. Muestra la composición nutricional del pasto camello antes del primero corte 80d, y los rebrotes analizados en el proyecto 15, 30 y 45d.

Cuadro 6. Composición nutricional del pasto camello®.

	MS%	CEN%	FDN%	FDA%
80d	96.99	10.91	70	37
15d	96.73	7.91	70	31
30d	96.68	7.95	70	31
45d	96.87	ND	74	37

Se reportó en un estudio que el rendimiento del pasto camello® fue de 874.03 kg MS/ha⁻¹, en donde también se observa una decaída de la producción de biomasa a los 45 días de rebrote (Menendez y Miranda, 2021). Sin embargo, en el presente estudio no se realizó prueba de rendimiento debido a factores que no se pudieron controlar. Algunos estudios realizados con gramíneas, demuestran que el rendimiento de los pastos puede verse afectado por factores como climáticos, fertilidad y drenaje del suelo (Ortega et al., 2015).

En un estudio reportado por Reyes et al. (2022) se observó en *Brachiaria decumbens* que la cantidad de materia seca aumentaba a medida que aumentaba la edad de la planta esta gramínea forrajera presentó mayor dinámica de rendimientos en épocas de lluvia, lo cual indica un favorable desarrollo vegetativo. No obstante, debe tenerse cuidado ya que en un primer ensayo que se intentó establecer el experimento, a los 15 días ocurrió una inundación por precipitación pluvial causando el siniestro del ensayo, cabe mencionar que el pasto camello® es un pasto resistente a la sequía por lo cual no requiere de grandes cantidades de agua.

Se ha observado también en estudios realizados con gramíneas forrajeras (Mulato y Mombaza) en mismo clima y terreno que hubo una diferencia de rendimientos debido a la especie de la planta, lo cual nos indica que no solo afectan los factores externos sino también los internos de la especie (Ortega et al., 2015).

En cuanto a la calidad del pasto camello® se observó que conforme avanzaban las fechas de corte la proteína disminuyó. Esto era de esperarse ya que la PC es un parámetro de calidad que está relacionado con la lignificación vegetal.

A los días 15 d y 30d se tuvo el valor más alto de proteína, por lo que sería el tiempo recomendado para corte o pastoreo, esto coincide con los resultados obtenidos en un estudio con el pasto *Pennisetum purpureum* donde se observó que a medida que el pasto aumentaba la edad se incrementaron todos los valores de los componentes de la pared celular, (Valenciaga et al., 2009).

Los valores de este estudio se encuentran por encima de los valores reportados a los 120 días (5.54% PC) en otro estudio con el pasto camello® (Menendez y Miranda, 2021). Ese valor se consideró bajo debido a que Van Soest menciona que un forraje debe tener como mínimo un 7% de PC.

Ramírez de la ribera et al. (2010) realizó un estudio con el pasto *Brachiaria decumbens* en donde también se observó una caída de la proteína debido a la edad del pasto obteniendo un valor de 9.25% a los 35 días de establecimiento.

La FDA y FDN, se observa en este estudio como va avanzando debido a los tiempos de corte, teniendo el mayor valor en los 45 días de rebrote, esto puede deberse a los cambios fisiológicos de la planta los cuales provocan una disminución de la proporción del contenido celular citoplasmático (Valenciaga et al., 2009)

Esto coincide con los resultados de Reyes et al. (2022) quienes observaron

que a medida que avanzaba la edad de la planta había un aumento en cuanto a la FDN y FDA y lignina, estos resultados están relacionados con la digestibilidad, ya que a mayor cantidad de estos componentes se reduce la digestibilidad.

Los valores obtenidos de la digestibilidad indican que a medida que avanzaba la edad del pasto iba decayendo la digestibilidad, esto se relaciona con el porcentaje de FDN y lignina, esto concuerda con el estudio con *Bracharia decumbens*, donde a medida que aumentaba la edad de la planta bajaba la digestibilidad, obteniendo como resultado los mejores valores a los días 30 de rebrote (Reyes et al., 2022).

En los resultados del presente estudio figura 1. se observa a las 48h. que el rebrote de 15d y 30d se encuentra entre valores parecidos y a los 45d tiene una caída en su digestibilidad, esto muestra que a partir de los 40 días de rebrote el pasto va decayendo en su digestibilidad lo cual afecta en el aprovechamiento de los nutrientes en los animales, por ello, es que es recomendable, cortar o pastorear entre los 20d y 30d, ya que en este tiempo es donde se tiene un balance entre calidad y cantidad de biomasa.

CONCLUSIONES

La edad de corte tiene un efecto en cuanto a la calidad del forraje, debido a que a medida que aumenta la edad va aumentando sus contenidos de FDA y lignina la cual hace que vaya decayendo la degradabilidad, teniendo como resultado un menor aprovechamiento de los nutrientes para el animal. Debido a lo anterior se concluye que al cortar o bien pastorear el pasto Camello® entre los 25 y 30 días de rebrote, se tendrá un balance entre días de corte y producción. Ya que cuando los días de corte se reduce a 15 días aumenta la degradación sin embargo el rendimiento de producción se reduce.

A pesar de que este pasto es resistente a altas temperaturas, se debe contemplar rigurosamente la adecuada selección de terreno, Camello® está recomendado para suelos bien drenados y de mediana fertilidad en este estudio se tuvo pérdidas por la selección del terreno, el cual no contaba con un buen drenaje de agua.

La literatura indica que el pasto camello® es resistente a diferentes tipos de suelo. Sin embargo, una alta calidad de los suelos es fundamental para la obtención de rendimiento y calidad en la composición de los pastos, por lo tanto, es recomendable seleccionar terrenos con buena nutrición para la obtención pastos de mayor calidad.

LITERATURA CITADA

- Aldrich, J. M., L.D. Muller, G.A. Varga and L.C.Griel. 1993. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76(1091):1105-1993.
- Almaraz-Buendía, I., A.M. García, P. Sanchez-Santillán, N. Torres-Salado, J. Herrera-Pérez, M.B. y A.R. Rojas-García. 2016. Análisis Bromatológico y producción de gas in vitro de forrajes utilizados en el trópico seco mexicano. *Archivos de Zootecnia.* 68 (262): 260-266.
- AOAC. 1990. Métodos oficiales de análisis. 15ª Edición, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales, Washington DC.
- Arcos, A.C.N., A.P.J. Lascano y V.R.V. Guevara. 2018. Manejo de asociaciones gramíneas-leguminosas en pastoreo con rumiantes para mejorar su persistencia, la productividad animal y el impacto ambiental en los trópicos y regiones templadas. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal.* 2(2): 602-8220.
- Atencio, L.M., J.J. Tapia, S.L. Mejía y J. Cadena. 2014. Comportamiento fisiológico de gramíneas forrajeras bajo tres niveles de humedad en condiciones de casa malla. *Temas agrarios.* 19(2):244-258.
- Badui, S.D. 2006. Química de los alimentos. Cuarta edición. In: Pearson educación. Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Pág. 78-81.

- Bernal-Flores. A., A.J. G, López, V.H.R. Velázquez, R.R. Ruíz, E.A. Pizarro. 2019. Cinética del Valor nutricional y digestibilidad en un híbrido de urchloa(cv. Camello) con tolerancia a sequía. Congreso Mundial de Ganadería Tropical. Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido Oaxaca.
- Cardenas-Villanueva L.A., J.L. Bautista-Pampa, J.L. Zagarra-Paredes, R. Ramos-Zuñiga, O.E. Gómez-Quispe, J.S. Barreto-Carbajal. 2016. Degradabilidad in situ de la materia seca y proteína cruda de las hojas y peciolo del pisonay (*Erythrina falcata*). 27(1): 39-44.
- Carlier, L. (2010). Grassland for ruminants. Role of grassland in Belgian agriculture. Romanian Journal of Grassland and Forage Crops. 1:7-16
- Cardona, E. M., L. A. Ríos y J. D. Peña. 2012. Disponibilidad de Variedades de Pastos y Forrajes como Potenciales Materiales Lignocelulósicos para la Producción de Bioetanol en Colombia. Información Tecnológica. 23 (6): 87- 96.
- Castillo, J.A.V. 2019. Función y metabolismo de ácidos grasos en el tejido adiposo y hepático de rumiantes en producción: una revisión. Medicina Veterinaria y Zootecnia. 14(2):30-44.
- Contreras, J.L., J.G. Pariona, A.F. Cordero, M.E. Jurado y R.J. Huamán. 2019. Degradabilidad ruminal de forrajes y alimentos concentrados y estimación del consumo. Revistas de Investigaciones Veterinarias del Perú. 30(4)1481- 1493.
- Córdoba, D., J.F. Gallardo y S. Amaro. 2013. Metodología de determinación d estrés hídrico en zonas semiáridas como ayuda a la toma de decisiones. Centro de

investigación y desarrollo de recursos hídricos. VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Latinoamericano sobre Termas Actuales de la Hidrología Subterránea.p. 283-290.

Daniels, K.M. y T.Y. Taylor. 2015. What do we know about rumen development?. Virginia State Feed Association & Nutritional Management “Cow” College Daniels. Virginia Tech Dairy Science. 7-1

Esparza, D.F. 2013. Efecto de la Fibra Detergente Neutro físicamente y el nivel de forraje sobre el consumo, el pH ruminal y la producción de leche de cabras. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.

Elizondo-Salazar, J.A y C.R. Monge-Rojas. 2020. Fistulación en bovinos y uso de la técnica de degradabilidad ruminal para análisis de alimentos. Nutrición Animal Tropical. 14(2): 209-229.

FAO, 2021. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Manejo proactivo de la sequía. Consultado el 18 de noviembre de 2021.

[:https://www.fao.org/climatesmartagriculture/knowledge/practices/drought/es/](https://www.fao.org/climatesmartagriculture/knowledge/practices/drought/es/)

Fernández, G.I. 2020. Potencial nutricional de tres gramíneas C4 en el valle de Cajamarca. Unidad De Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Cajamarca.

Flores, A. I. 2017. Análisis De Crecimiento Del Pasto Llanero (*Andropogon Gayanus Kunt*) en Cruz Grande Guerrero. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de

Guerrero.

Fraga, M., K. Perelmuter, M.J. Valencia, C. Cajarville y P. Zunino. 2013. Caracterización de la microbiota bacteriana ruminal de un bovino a pastoreo mediante técnicas clásicas e independientes del cultivo. Departamento de Microbiología, Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable. VETERINARIA (Montevideo). 49(189):26-38.

Gaviria, X., J.E. Rivera y R. Barahona. 2015. Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intensivo. Pastos y Forrajes. 38(2): 194-201.

Goujon, T., R. Sibout, A. Eudes, J. MacKay and L. Jouanin. 2003. Genes involved in the biosynthesis of lignin precursors in *Arabidopsis thaliana*. Plant Physiology and Biochemistry 41: 677–687.

Herrera García, R.S. 2014. Algunos aspectos que pueden influir en el rigor y veracidad del muestreo de pastos y forrajes. Avances En Investigación Agropecuaria, 18(2):7–2.

Jiménez, R. J. E. 2013. Variedades de Buffel en condiciones de temporal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Matos-Chamorro, A., E. Chambilla-Mamani. 2010 Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana. Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1(1):4-17.

Martínez, A.L.M., M.H. Pérez, L.M.A. Pérez, D.P. Carrión, G.C. Gómez y A.I.S.

- Garzón. 2013. Efecto de los aceites y semillas en dietas para rumiantes sobre el perfil de ácidos grasos de la leche. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 4(3):319-338.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J Dairy Sci* 80: 1463-148
- Menéndez, A.C.A. y O.E.J. Miranda. 2021. Establecimiento y caracterización del pasto Camello® (*Brachiaria* híbrido GP 3025) en Zamorano, Honduras. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria Ingeniería Agronómica.
- Naranjo, J.F., y C.A. Cuartas. 2011. Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 6(1): 9-19.
- Navarro, C.A., J.C. Díaz, M.L. Roa y E. Cuellar. 2011. Comparación de la técnica de digestibilidad in vitro con la in situ de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del meta. *Revista de sistema agropecuario*. 2(2):2-24.
- Njidda, A.A. 2010. Chemical Composition, Fibre Fraction and Anti- Nutritional Substances of Semi-arid Browse Forages of North-Eastern Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*. 18(2):181-188.
- Nollet, L.M.L. 1996. *Handbook of food analysis*. New York.

NOM-051-ZOO-1995. (1998). Trato humanitario en la movilización de animales.
Gobierno de México.

NOM-059-ZOO-1997. (2000). Salud animal. Especificaciones de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos. Manejo técnico del material publicitario.

NOM-062-ZOO-1999. (2001). Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.

Ortega, C.A.A., C.F. Lemus, J.O.P. Bugarín, G.S. Alejo, A.Q. Ramos, O.N. Grageola y J.A.C. Bonilla. Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo animal en cuatro especies de pastos de los géneros *Brachiaria* y *Panicum*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 18:291-301.

Ortega, F., A. Torres, C. Moscoso, G. Santana, y M. Melo. 2013. Gramíneas Forrajeras Perennes para es Sur de Chile, evaluación de Cultivares. Boletín INIA N° 226. Proyecto Innova - CORFO 09CN14-5897.

Ortega, R.P. 2012. Perfil de ácidos grasos en forrajes alternativos para la alimentación en bovinos en ecosistemas áridos y perfil de ácidos grasos en la leche de vaca de distintos grupos raciales en diferentes sistemas de alimentación. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La paz Baja California Sur, México.

Orskov, E. R. y I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science* 92(2): 492- 503.

- Ramírez, J.L., R.S. Herrera, I. Leonard, D. Verdecia y Y. Álvarez. 2010. Rendimiento de materia seca y calidad nutritiva del pasto *Brachiaria brizantha* x *Brachairia ruziziensis* vc. Mulato en el Valle del Cauto, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 44(1):65-72.
- Reyes, J.J.P., Y.M. Martínez, K.A.C. Espinosa, R.L.E. Bastidas, J.A.B. Apolo, J.L.R. Ramirez de la, F.H.E. Ruiz. 2022. Composición química, digestibilidad y rendimiento de *Brachiaria decumbens* a diferentes edades de rebrote. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. (2):84-93.
- Rodríguez, N.M., E.O.S. Simoes y R. Guimaraes-Junior. 2007. Uso de indicadores para estimar el consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 20(2):518-524.
- Rojas-García, A.R., N. Torres-Salado, M. de los A. Maldonado-Peralta, P. Sánchez-Santillan, A. García-Balbuena, S.I. Mendoza-Pedroza, P. Alvarez-Vázquez, J. Herrera-Pérez y A. Hernández-Garay. 2018. Curva de crecimiento y calidad del pasto cobra (*Brachiaria* híbrido BR02/1794) a dos intensidades de corte. *Agro productividad*. 11(5): 34–38.
- Santana, A., A. Pérez y A. Figueroa. 2010. Efectos del estado de madurez en el valor nutritivo y momento óptimo de corte del forraje Napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) en época lluviosa. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(3): 227-286.
- Semillas Papalotla S.A. de C.V. 2019. Recuperado de: http://grupopapalotla.com/pdf/folleto_camello@.pdf. El 01 de marzo de 2022.

- Souza, A.P., N.R. St-Pierre, M.H.R.M. Fernandes, A.K. Almeida and J.A.C. Vargas. 2017. Sex effects on net protein and energy requirements for growth of Saanen goats. *J Dairy Sci.* 100(6):4574-4586.
- SAS. 2020. Statistical Analysis System (SAS). Version 8, 6th Edition, SAS Institute, Cary, 112.
- Valenciaga, D., B. Chongo, R.S. Herrera, V.A. Torres, A. Oramas, J.G. Cairo y M. Herrera. 2009. Efecto de la edad de rebrote en la composición química de *Pennisetum purpureum*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 43(1):73-79.
- Valles De La Mora., B., E.G. Castillo y H.B, Bernal. 2016. Rendimiento y degradabilidad ruminal de materia seca y energía de diez pastos tropicales cosechados a cuatro edades. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* 7(2):141-158.
- Van Soest P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell Univ Press, Ithaca, NY.
- Vargas, J.M.R. 2016. Calidad de los forrajes para rumiantes. Departamento de Biología de la Reproducción. Área de Sistemas de Producción Agropecuarios. Sitio Argentino de Producción Animal. p 1-3.
- Vargas-Bayona J., G. Mejía-Porras, J. Bedoya-Mashuth y J.F. Gómez-Patiño. 2013. Estimación de la técnica in vitro de gases frente a otras técnicas de digestibilidad. Grupo de Investigación en Ciencias Animales Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Cooperativa de Colombia. 7(57): 33-51.

Wang, Z.Y., X.D. Ye., J. Nagel., I. Potrykus and G. Spangenberg. 2001. Expression of a sulphur-rich sunflower albumin gene in transgenic tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) plants. *Plant Cell Reports*. 20:213–219.

Weimer, P.J. 2015. Redundancy, resilience, and host specificity of the ruminal microbiota: implications for engineering improved ruminal fermentations. *Frontiers in microbiology*. 6(296):1-16.