UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

TESIS

"MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE PASTO CAMERÚN *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch POR TORETES BRAHMAN BAJO CONDICIONES DE PASTOREO CONTINUO, DURANTE LA ÉPOCA SECA, EN LEONCIO PRADO, HUÁNUCO"

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA

ELABORADO POR

ATANACIO SÁNCHEZ, LUZ MARIBEL

ASESOR

HERNÁNDEZ GUEVARA, JOSÉ EDUARD

TINGO MARÍA – PERÚ

2018

BIBLIOTECA CENTRAL -UNAS

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA SELVA
ÁREA DE PROCESOS TÉCNICOS
O I C

T
ZOO

Atanacio Sánchez, Luz Maribel

"Métodos de estimación de consumo de pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch por toretes Brahman bajo condiciones de pastoreo continuo, durante la época seca, en Leoncio Prado, Huánuco".

62 páginas; 04 cuadros; 00 figura; 61 ref.; 30 cm.
Tesis (Ingeniero Zootecnista) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Zootecnia.

1. TORETES **2. CONSUMO DE FORRAJES**

3. DIÓXIDO DE TITANIO **4. ÓXIDO CRÓMICO**

5. MARCADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Zootecnia
Título de tesis	: Métodos de estimación de consumo de pasto camerún E*chinochloa polystachya* (kunth) hitch por toretes Brahman bajo condiciones de pastoreo continuo, durante la época seca, en Leoncio Prado, Huánuco
Autor	: Atanacio Sánchez, Luz Maribel
Asesor de tesis	: Hernández Guevara, José Eduard
Escuela Profesional	: Zootecnia
Programa de Investigación	: Producción Animal Sostenible
Línea de Investigación	: Mejoramiento de los sistemas de producción animal con énfasis en la ganadería en la región selvática dentro del contexto del cambio climático
Lugar de ejecución	: Universidad Nacional Agraria de la Selva : Tingo María – Huánuco – Perú
Duración	: 90 días **: Fecha de inicio** : 15/06/2017 **: Fecha de término** : 15/12/2017
Financiamiento	**: FEDU** : **: Propio** : **: Otros** : S/. 31,149.00

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
TINGO MARÍA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TESIS

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, se reunieron a las 06:00 p.m. del 23 de agosto de 2018, para calificar la Tesis titulada **"MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE FORRAJE POR TORETES BRAHMAN BAJO CONDICIONES DE PASTOREO CONTINUO, DURANTE LA ÈPOCA SECA, EN LEONCIO PRADO, HUÁNUCO"** presentada por la Bachiller en Ciencias Pecuarias **LUZ MARIBEL ATANACIO SÁNCHEZ.**

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara **APROBADA LA TESIS** con el calificativo de **"MUY BUENO".**

En consecuencia, la sustentante queda capacitada para optar el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA ZOOTECNISTA,** que será aprobado por el Consejo de Facultad, y tramitado ante el Consejo Universitario, para la otorgación del título, de conformidad con lo establecido en el Artículo 265°, inciso "b" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 24 de agosto de 2018.

Ing. M. Sc. Eber Cárdenas Rivera
Presidente

Ing. Walter Alberto Paredes Orellana
Miembro

Dr. Jorge Ríos Alvarado
Miembro

Ing. M. Sc. José Eduard Hernández Guevara
Asesor

Ing. M. Sc. Medardo Antonio Díaz Céspedes
Asesor

Copia : Archivo
slcp/sec

DEDICATORIA

Al Dios todopoderoso por ser mi luz, mi salvación, mi fortaleza y por su protección divina durante mi existencia.

A mi padre TORIBIO ATANACIO, mi madre JORGINA SÁNCHEZ por cuidarme, educarme e insertarme a la sociedad como una persona de bien.

A mis hermanas TEODOCIA, SONIA, NORMA, GLORIA y mis hermanos CLIDER, DENNIS, JHOSMELL por el apoyo, la motivación y la confianza en todo tiempo para concluir esta carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme un nuevo propósito de vida y guiarme en el proceso del cumplimiento de cada logro.

A mi alma mater Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme una enseñanza de calidad durante la formación profesional.

A Ing. M.Sc. Medardo Antonio Diaz Céspedes y Ing. M.Sc. José Eduard Hernández Guevara, asesores de la Tesis, por el financiamiento, amistad y recomendaciones en la investigación.

Al personal del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria.

A los miembros del jurado Dr. Jorge Ríos Alvarado, Ing. M.Sc. Eber Cárdenas Rivera y Ing. Walter Alberto Paredes Orellana, por los aportes para mejora de la Tesis.

A Darwin Martín Penadillo y Roy Zevallos Carranza por el apoyo durante la investigación.

A Francisca Pablo Merino y Daylith Juárez Soria, amigas y compañeras de Tesis quienes contribuyeron en la obtención de los resultados de la investigación.

A Laura Prudencio Lugo, amiga y cómplice de la vida universitaria, por las sugerencias durante antes, durante y después de la ejecución de la Tesis.

ÍNDICE GENERAL

Página

I. INTRODUCCIÓN 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA 4

2.1. Pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch. 4

2.1.1. Taxonomía 5

2.2. Composición nutricional 5

2.3. Producción de biomasa del forraje 6

2.3.1. Aforo de pasturas……6

2.4. Composición botánica de las pasturas 7

2.5. Consumo de forrajes. 8

2.5.1. Consumo potencial en función al peso vivo ……10

2.6. Factores que afectan el consumo del forraje 11

2.6.1. Los factores inherentes al animal 11

2.6.2. Los factores inherentes a la dieta. 12

2.6.3. Los factores ambientales……..12

2.7. Métodos de estimación de consumo de forrajes 14

2.7.1. Uso de marcadores en la estimación 15

2.7.2. Clasificación de marcadores 16

2.7.3. Óxido crómico (Cr_2O_3) 16

2.7.4. Dióxido de titanio (TiO_2) 17

2.8. Toretes de la raza Brahman 19

2.8.1. Características productivas del ganado……..19

III. MATERIALES Y MÉTODOS 20

3.1. Lugar y fecha de ejecución 20

3.2. Tipo de investigación 20

3.3. Animales experimentales 21

3.4. Instalaciones y materiales 21

3.4.1. Instalaciones 21

3.4.2. Materiales 21

3.5. Insumo en estudio 22

3.6. Alimentación 22

3.7. Variable independiente 22

3.8. Tratamientos 22

3.9. Variables dependientes 22

3.10. Metodología 23

3.10.1.Disponibilidad de biomasa total……23

Altura de forraje 24

Relación hoja/tallo 25

Utilización del forraje 26

Asignación de forraje 26

3.10.2.Composición botánica ……26

3.10.3. Composición química 26

3.10.4. Consumo de forraje mediante dos métodos de estimación..27

3.11. Diseño y análisis estadístico 30

IV. RESULTADOS 32

4.1. Características de las pasturas ofrecidas y del forraje defoliado 32

4.2. Consumo promedio de forraje mediante los métodos de marcadores externos Óxido crómico (Cr_2O_3) y Dióxido de Titanio (TiO_2). 33

V. DISCUSIÓN 34

5.1. Disponibilidad de biomasa total, altura del forraje, utilización del forraje, composición botánica y química del forraje. 34

5.2. Consumo de forraje mediante método del marcador externo 37

VI. CONCLUSIONES 42

VII. RECOMENDACIONES 44

VIII. ABSTRACT 45

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 46

ANEXO 59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro Página

1. Variaciones de consumo según el peso de los animales……11

2. Biomasa, altura, asignación de forraje, relación hoja/tallo, profundidad de defoliación, utilización del forraje y composición botánica de las pasturas……32

3. Composición química antes y después de las pasturas consumidas…….33

4. Consumo estimado de materia seca ingerida según el método de marcador utilizado. (n=7, promedio ±desviación estándar)……33

RESUMEN

El objetivo fue estimar y comparar el consumo de materia seca de una pastura tropical con predominancia del pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch por toretes de la raza Brahman bajo condiciones de pastoreo continuo, durante la época seca, usando dos marcadores externos (óxido crómico (Cr_2O_3) y dióxido de titanio (TiO_2)). Se utilizaron 14 animales, dividido en dos grupos de siete por cada marcador, se suministró oralmente cápsulas de gelatina (Torpac® #07) a una dosis de 25 g de cada marcador durante 14 días consecutivos, de los cuales siete correspondieron al periodo de adaptación y el tiempo restante la fase de medición en las que se evaluaron las pasturas ofrecidas y la recolección parcial de las heces para la recuperación de los marcadores. El consumo de materia seca del forraje estimado por el método del marcador no fue diferente entre el Cr_2O_3 y TiO_2, mostrando promedios de 10.58 ± 1.59 y 9.42 ± 2.14 kg/ torete/d, respectivamente. Los resultados de este estudio sugieren que el método del marcador puede considerarse como un buen estimador directo del consumo de forraje para toretes de carne en condiciones de pastoreo.

Palabras clave: Toretes, consumo de forraje, marcador, óxido crómico, dióxido de titanio.

I. INTRODUCCIÓN

Las pasturas son la base de la alimentación de los bovinos, de ellas el consumo de materia seca es de suma importancia en la nutrición bovina, ya que establece la cantidad de nutrientes disponibles determinando el estatus nutricional y la capacidad productiva de los animales, en tal sentido múltiples trabajos se han realizado con la finalidad de estimar el consumo de materia seca de forrajes bajo condiciones de pastoreo.

Dentro de los métodos de estimación, existen métodos indirectos, las mismas que implican la estimación de la digestibilidad de la materia seca y la producción de heces a través del uso de un marcador externo o interno son usados como trazadores de consumo.

En este contexto se desarrolla la presente investigación, con el propósito de estimar ¿Cuánto es el consumo de materia seca del pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch por toretes de la raza Brahman bajo condiciones de pastoreo continuo, durante la época seca, usando el método del marcador externo en la provincia Leoncio Prado?

La razón de la utilización de los marcadores externos es por la insolubilidad en agua y debido a que no se asocia con los componentes de la

ingesta. En este estudio la estimación del consumo de materia seca a través del método de marcador externo utilizando dióxido de titanio (TiO_2) y óxido crómico (Cr_2O_3) muestran resultados similares, sin embargo, se plantea que el consumo de forraje estimado mediante el dióxido de titanio (TiO_2) es más precisa, debido a que muestra una tasa de recuperación en las heces superior al 96%, lo cual garantiza una mayor confiabilidad del resultado.

Objetivo general

- Estimar y comparar el consumo de materia seca del pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch por toretes de la raza Brahman bajo condiciones de pastoreo continuo, durante la época seca, usando dos marcadores externos (óxido crómico y dióxido de titanio) en la provincia Leoncio Prado.

Objetivos específicos

- Estimar el consumo total de la materia seca del pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch por toretes Brahman durante la época seca, mediante el método del marcador externo óxido crómico (Cr_2O_3) y dióxido de titanio (TiO_2), en la provincia Leoncio Prado.

- Evaluar la disponibilidad total pre-pastoreo y post-pastoreo de la biomasa, altura, utilización, profundidad de defoliación, utilización del forraje, asignación, composición botánica y la relación hoja/tallo del pasto

Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch durante la época seca, en la provincia Leoncio Prado.

- Determinar la composición química del pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch y pasto total durante la época seca, en la provincia Leoncio Prado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch

El pasto camerún es una planta herbácea perenne, erecta (altura 1.50 m), las hojas miden de 5 a 15 cm de ancho por 40 a 60 cm de largo, es de color rosáceo o ligeramente púrpura. Su cultivo no tolera las sequías, prefiere suelos húmedos y compactos de alta o mediana fertilidad, por sus características subacuáticas es ideal para sembrar en terrenos inundados o a orillas de los ríos. La producción anual varía entre 8 a 12 t/ha/año, los contenidos de proteína en praderas bien manejadas están entre 10 a 13% y la digestibilidad entre 50 a 55% (RODRIGUEZ *et al*, 2009); asimismo, VERA (2014) manifiesta que esta especie crece a altitudes de 0 a 1200 msnm y es recomendable el consumo como pastoreo rotativo en los bovinos.

MANRIQUE (1998) menciona que el contenido de proteína del pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch a los 40 días es alrededor de 10 a 13 %, disminuyendo a medida que avanza en edad, la producción anual varía entre 8 a 12 t de materia verde/ha y soporta cargas altas bajo manejo de pastoreo rotacional, sin embargo, la calidad nutricional varía en forma inversa a la edad de cosecha; ya que el contenido de materia seca (MS) aumenta al incrementarse la edad del forraje.

En la evaluación de cuatro densidades de siembra del pasto camerún (*Echinochloa polystachya*) y evaluados a los 90 y 120 días, tuvieron una altura de 110.3 cm y 123.3 cm, respectivamente (CEPEDA, 2016). Entretanto, CARRIEL (2014) obtuvo una altura de 215 cm y PORRAS (1992) evaluando a los 40 días alcanzó 30.68 cm.

2.1.1. Taxonomía

VERA (2014) reporta la taxonomía de *Echinochloa polystachya* de la siguiente forma:

GRUPO: Monocotiledóneas

FAMILIA: Poaceae

GÉNERO: Echinochloa.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Echinochloa polystachya* HITCH.

NOMBRE COMÚN: Pasto Alemán o Camerún.

2.2. Composición nutricional

CARRIEL (2014) en un estudio sobre el comportamiento de la pastura, obtuvo una composición de 75.22% de humedad, 20.12% de materia seca, 11.12% de proteína cruda, 1.89% de extracto etéreo, 42.73% de fibra cruda, 9.01% de materia mineral, 88.75% de materia orgánica, 59.22% de fibra detergente ácido (FDA), 34.56% de fibra detergente neutro (FDN), mientras que VERA (2014) encontró 73.95% de humedad, 16.32% de materia mineral, 15.15% de proteína cruda y 32.62% de fibra cruda.

2.3. Producción de biomasa del forraje

El cálculo de la biomasa forrajera, consiste en determinar la cantidad total de forraje que se produce en un área determinada de terreno pastoril para alimentar al ganado. La determinación de producción de biomasa forrajera debe arrojar como resultado la cantidad total expresada en kilos de pasto verde fresco y/o pasto verde seco en kg/m^2 de materia verde o materia seca (INATEC, 2009), estos datos se refieren a una densidad de siembra de 0.80 m x 0.80 m. También, CEPEDA (2016) determinó una producción de materia verde de 9206.7 kg/ha y materia seca de 4534 kg/ha.

FLORES (2006) determinó que la producción de forraje en base seca del pasto *Echinochloa polystachya*, fertilizado con 50 kg/ha de nitrógeno en época seca fue de 3650 kg/MS/ha/pastoreo. CERNA (1994) describe que el efecto de la propagación y crecimiento de las malezas juega en contra de la producción de una pastura establecida, debido a que estos compiten en la obtención de nutrientes, agua, espacio y dióxido de carbono. Por su parte, MONSALVE (1978) encontró una mayor producción de pasto Camerún en los cortes cada 60 días, pero su calidad nutricional disminuyó con el incremento de la edad de corte del pasto.

2.3.1. Aforo de pasturas

El aforo, es la medición de la cantidad de forraje disponible utilizando un marco de metro cuadrado con el propósito de determinar la capacidad de carga de un potrero (CORPOICA, 2000).

Capacidad de carga.- La carga animal por hectárea se estima con fines de dar el manejo adecuado a la pradera, es decir, establecer el número de animales que puede soportar por hectárea una pradera sin deteriorarse. Esta carga puede expresarse en términos de unidad animal/ha, donde cada unidad equivale a 400 kg de peso vivo.

$$\mathrm{C.C} = \frac{\mathrm{U.A}}{\mathrm{A.P}}$$

Donde:

U.A: Unidad Animal

A.P: Área de Pastoreo

GALLEGO *et al.* (2016) estimaron la productividad del área neta y capacidad de carga ganadera durante 14 años. En este tiempo obtuvieron una capacidad de carga mínimo y máximo (0.27 y 0.51 animales/ha) y estuvo determinada por el porcentaje ocupado por las diferentes unidades del pastizal.

2.4. Composición botánica de las pasturas

La composición botánica permite determinar la proporción de las especies presentes en el forraje ofertado, es decir el aporte relativo de cada especie respecto a la biomasa total de la pradera (MENDOZA y LASCANO, 1984). El pesaje de las especies es objetivo para determinar la composición botánica; sin embargo, es un método laborioso, puesto que la separación de las plantas debe hacerse de forma manual (TOLEDO y SCHULTZE-KRAFT, 1982).

2.5. Consumo de forrajes

La variación en el consumo voluntario del forraje es el principal factor dietario que determina el nivel y eficiencia de producción en un rumiante. Esta variación es mayor y difícil de predecir bajo condiciones de pastoreo, el consumo de forraje responde principalmente a la capacidad digestiva del animal, a la composición química de los forrajes y a la demanda de la energía de los animales en pastoreo (MEJÍA, 2002).

DÍAZ *et al.* (2007) encontraron una variación significativa del consumo de materia seca durante las épocas del año sucede que el consumo de materia seca (CMS) fue alto cuando la materia seca presente antes del pastoreo (MSPAP) fue baja (enero y febrero), el CMS y MSPAP fueron altas (mayo y junio) y el CMS fue baja mientras que la MSPAP fue alta (julio-agosto).

En los animales al pastoreo existen grados de limitación sobre la selección de forraje. Factores tales como el número de especies de plantas disponibles y la diferenciación morfológica en calidad dentro de especies, así como en la densidad de plantas, determina la cantidad de material nutritivo por unidad de área. Un componente adicional es la carga animal, la cual determina la presión de pastoreo. A medida que la presión de pastoreo aumenta, la selectividad animal y la cantidad de alimento por animal disminuyen (GUTIÉRREZ, 1991). Otro de los factores que influyen sobre el consumo de forraje es la carga animal, en ese sentido DA CRUZ (2000) al realizar un estudio encontró una relación inversa entre el consumo de forraje frente a la carga animal; es decir, a mayor número de animales se redujo el consumo de forraje

debido a la disponibilidad de esta. A una carga de 4 UA/ha, 6 UA/ha y 8 UA/ha el consumo fue 9.16 kg/MS/día, 6.63 kg/MS/día y 6.40 kg/MS/día.

DI MARCO (2011) afirma que el principal parámetro que define la calidad del forraje es la digestibilidad de la materia seca, algunos autores consideran que la calidad es una propiedad del forraje y otros que es el resultado de la respuesta del forraje al ambiente y/o manejo. Por su parte RAMÍREZ (1997) manifiesta que la proteína tiene una gran influencia sobre la calidad nutricional, digestibilidad y consumo de forraje; por lo que los animales tienen preferencia por la hojas y tallos jóvenes, que tienen altos niveles de proteína, en vez de material viejo o muerto.

El consumo diario de materia seca del pasto estrella fue 8.47 kg MS día/animal, en la que evaluaron el efecto de un banco proteico de Kudzu en la ganancia de peso de toretes alimentados con pasto Estrella Africana en época seca, en función al peso vivo el consumo representa 1.7 % del peso promedio de los animales de 421.1 kg, la pastura tuvo un contenido proteico de 6% (PEREZ *et al.*, 2001)

JADO (2015) independientemente de la metodología de marcadores, evaluó el desempeño en 240 bovinos Nelore no castrados de peso promedio de 338.6 kg PV en la que determinó el consumo de materia seca en T1=9.52, T2=10.28 y T3=20.26 kg/día haciendo un promedio de 10.02 kg/día. La dieta ofrecida tuvo un contenido de 13%de proteína para cada tratamiento.

ROMERA *et al*. (2000) afirman que el consumo individual está relacionado con la altura del forraje, dando a entender que cuando las plantas

son muy altas los animales tienden a inclinarlo y pisotearlos, de este modo disminuyendo el consumo, por lo contrario, si son aprovechados las plantas que se acercan a la altura de la boca del animal. Por otra parte, LOMBARDO (2005) refiere que utilización de forraje aumenta cuando baja la asignación de esta en los animales.

SEMPLE (2016) sustenta que en época seca el consumo de la parte inmadura del pasto causa una regeneración lenta de la pastura debido a las bajas reservas energéticas. GORDON y LASCANO (2000) manifiestan que usualmente los animales prefieren las hojas y los tallos tiernos ya que son más digestibles y nutritivos. FORBES (1995) comprobó que el bajo contenido de materia seca en los forrajes es un factor que reduce el consumo voluntario en los rumiantes, especialmente cuando el contenido de materia seca es menor a 25% y PASHA *et al.* (1994) afirma que el alto contenido de agua puede ocasionar un llenado físico a nivel ruminal.

2.5.1. Consumo potencial en función al peso vivo y paso metabólico del animal

LEÓN *et al.* (2006) señalan que el consumo potencial de materia seca presenta una tendencia a disminuir en función a su peso vivo del animal, indicando que los primeros 100 kg alcanzados en la vida del animal superan un consumo de 4%; por lo contrario, a partir de los 200 kg a mayor peso vivo disminuye en su consumo, siendo inferior del 3% del peso vivo del animal, cabe recalcar que se trata de bovinos. En el Cuadro 1 se detalla las variaciones de consumo de alimento en base a materia seca según el peso vivo y peso metabólico de los vacunos.

Cuadro 1: Variaciones de consumo según el peso de los animales

Peso Vivo (PV)	Peso metabólico (PM)	Consumo potencial de la Materia Seca (0.130 kg MS x PM)	Consumo potencial de la Materia Seca (kg MS/100 kg DE PV)
50	18.8	2.44	4.89
70	24.2	3.15	4.49
90	29.22	3.8	4.22
100	31.62	4.11	4.11
200	53.18	6.91	3.46
300	72.08	9.37	3.12
400	89.44	11.63	2.91
500	105.74	13.75	2.75
600	121.23	15.76	2.63

Fuente: LEÓN *et al.* (2006).

2.6. Factores que afectan el consumo del forraje

VELEZ *et al.* (2002) recalca que los días de ocupación del potrero también interfieren en el nivel del consumo de forraje. Mientras que ARAUJO (2005) menciona que existen tres factores que afectan el consumo voluntario de los rumiantes al pastoreo en condiciones tropicales y los agrupa en factores inherentes al animal, factores inherentes a la dieta y factores ambientales.

2.6.1. Los factores inherentes al animal

Sistema nervioso central.- El hipotálamo es un área del cerebro clásicamente asociada con el consumo de alimentos, cuando se estimula eléctricamente su área lateral, se da inicio a la ingestión, pero si es afectado se produce la falta de apetito. Además, están involucrados los neuropéptidos, insulina, leptina, ACTH, esteroides, hormona de crecimiento y AGV.

Estado fisiológico del animal.- La situación en los rumiantes es bien compleja, porque en ellos de debe considerar el balance de nutrientes. El crecimiento, la gestación, la lactación, la raza, y la condición corporal son factores que modifican el consumo de forrajes.

2.6.2. Los factores inherentes a la dieta

El consumo de forraje no depende exclusivamente de los atributos del alimento sino también de la capacidad del tracto digestivo del animal. El contenido de energía, proteína, agua, fibra detergente neutro, minerales y vitaminas y la palatabilidad del forraje.

2.6.3. Los factores ambientales

Temperatura.- Cuando la temperatura ambiental está cerca o por encima del nivel crítico superior, comienza una reducción en el consumo. El consumo de materia seca se reduce marcadamente en un exceso a 26 ºC.

Humedad relativa.- El descenso de la temperatura corporal se logra en parte mediante la evaporación a través de la piel y los pulmones, pero cuanto más cargada la humedad en la atmosfera, más difícilmente se producirá la evaporación del cuerpo y de esta forma no habrá descenso en la temperatura corporal. También, TARAZONA *et al.* (2012) menciona que los factores de hábitat que afectan el consumo y la selectividad de forraje son las siguientes.

Estructura de la pastura.- La proporción de diferentes plantas puede limitar el espacio en el tracto digestivo, además el consumo

dependerá de la capacidad del animal para cosechar diferentes tipos de plantas a lo largo del día.

Densidad de plantas.- La densidad de plantas afecta de forma diferencial la selectividad y el consumo siendo mayor el efecto debido al tamaño del bocado en gramíneas que en árboles y arbustos, donde es más significativa la densidad de hojas y ramas por planta que la densidad de plantas por sí misma.

Facilidad de acceso al forraje.- La facilidad para obtener alimento es un factor importante de selectividad por lo cual, si la incomodidad o el esfuerzo para obtenerlo son muy grandes preferirán consumir alimentos menos nutritivos

Estacionalidad de la producción vegetal.- Es un efecto natural ocasionado principalmente por el desequilibrio del balance hídrico en ciertas épocas del año, que causa un detrimento en la disponibilidad y oferta del forraje.

Características de las plantas.- En ecosistemas con composición botánica mixta, el consumo del material vegetal no se produce de la misma forma ni con la misma intensidad en todos los tipos de plantas.

Estructura anatómica de las plantas.- La presencia de pubescencias en las hojas o tallos de las plantas, así como espinas y otras defensas mecánicas son un factor importante de selectividad, donde solamente

las especies herbívoras adaptadas pueden alcanzar las partes nutritivas de las plantas.

Metabolitos secundarios de las plantas.- Son de naturaleza bioquímica muy variable y aparentemente no cumplen funciones dentro del metabolismo. Entre los principales grupos de compuestos se destacan los fenoles (taninos, fitoestrógenos, cumarinas), las toxinas nitrogenadas (alcaloides, glucósidos cianogénicos, aminoácidos tóxicos, lecitinas, inhibidores de proteasas), terpenos (saponinas) y los oxalatos.

Palatabilidad.- La palatabilidad incluye varias características del alimento. Dado que las preferencias de los animales dependen de muchos factores individuales, sociales y ambientales.

Composición nutricional.- Se sabe que los animales de alguna forma regulan la selectividad del alimento de acuerdo con sus requerimientos nutricionales, esto indica que ellos perciben que alimentos contienen los nutrientes necesarios en un momento dado. También, PIÑA y OLIVARES (S.A) manifiesta que, dependiendo de la cantidad y calidad de forraje ofrecido, los bovinos podrían consumir de manera más o menos eficiente la pradera y, por tanto, ejercer un pastoreo con alta o baja selectividad.

2.7. Métodos de estimación de consumo de forrajes

Según DI MARCO (2011), las técnicas desarrolladas y utilizadas actualmente para medir el consumo de forraje por animales en pastoreo varían

desde mediciones en la pastura, las cuales se estima el consumo de grupos de animales hasta el uso de marcadores; sin embargo, las técnicas utilizadas con animales en pastoreo generalmente dependen de los recursos disponibles y los objetivos del experimento. Este autor menciona que la técnica de consumo se divide en tres grupos principales:

Basadas en el consumo de forraje.- El consumo se calcula por diferencia entre el forraje disponible antes de la introducción de los animales y el residual que después estos salen de la pastura.

Basadas en la producción del animal.- Tiene en cuenta los requerimientos del animal.

Certificación individual por el animal.- Tiene en cuenta la cantidad de forraje disponible digestibilidad y la estimación de las excretas fecales.

2.7.1. Uso de marcadores en la estimación

Los marcadores externos pueden utilizarse eficientemente para estimar la producción total de heces, para esto, es necesario tener un conocimiento más amplio de la dosificación diaria del marcador a utilizarse (BONILLA, 2000). Estos marcadores son sustancias no naturales, no digeribles, no tóxicas, totalmente recuperables, de fácil cuantificación, los cuales son utilizados con diferentes propósitos, tales como para la estimación de la digestibilidad, producción fecal y tiempo de tránsito intestinal (CORREA *et al.,* 2009).

2.7.2. Clasificación de marcadores

Marcadores internos.- Aquellos, como la lignina, que son constituyentes naturales del alimento no digeridos ni absorbidos por el animal o que se digieren en muy poca cantidad. Su utilización es ventajosa gracias a que, por ser componentes indigeribles de los alimentos, no es necesaria la preparación del marcador (CHURCH y POND, 1994).

Marcadores externos.- Sustancias químicas que se suministran al animal, directamente con la ración, en cápsulas o en soluciones; al igual que los internos no son digeridos ni absorbidos (POND *et al*., 1989; OWENS y HANSON, 1992; VAN SOEST, 1994).

2.7.3. Óxido crómico (Cr_2O_3)

GARCÍA *et al*. (2009) manifiestan que este marcador, al ser insoluble en agua y no estar asociado a los componentes de la ingesta, puede formar un sedimento en el retículo-rumen siendo transferido esporádicamente al tracto gastrointestinal, afectando directamente el patrón de excreción del marcador. CORREA *et al.* (2009) con el objetivo de determinar la tasa de recuperación del óxido crómico y ajustar la estimación por este parámetro, ofrecieron este indicador en forma de pellet y dos dosis de 15 g por día, durante un periodo de siete días de adaptación, para luego colectar durante cinco días consecutivos dos muestras de heces por animal por día determinando de esta forma un porcentaje de recuperación de 79.4% de cromo en las heces. Mientras que PHAR *et al.* (1970) utilizando una única dosis de 10 g/d y dos recolecciones

por día, obtuvieron una tasa de recuperación de óxido crómico (Cr_2O_3) de 85.7%. En tanto, OLIVEIRA *et al.* (2007) reportaron un promedio de 89.1% trabajando con novillos Holstein x Gir suministrando una dosis de 8 g/d y dos muestreos por día.

MARCONES *et al.* (2008) estimaron el consumo de concentrado, utilizaron óxido crómico (Cr_2O_3), suministrados a partir de seis días antes de la recolección de heces y durante todo el período de recolección, en la proporción de 10 g por animal mezclados al concentrado. Considerando que cada lote contenía tres animales, 30 g de cada indicador se mezclaron con el concentrado.

Asimismo, realizaron colectas de heces durante cinco días consecutivos en los animales alimentados en grupo, a intervalos de aproximadamente 22.5 horas. Trabajaron con 15 bovinos Nelore machos no castrados de 20 meses de edad y peso vivo de 285.33 ± 5.23 kg, de estos animales, tres sirvieron como referencia en las evaluaciones. Finalmente obtuvieron que el valor consumo de materia seca cuando suministraron una dieta de 1% PV, 1.25% fueron 24.14 kg/lote, 24.5 kg/lote, los mismo que son 8.05 kg/a/d y 8.18 kg/a/d. La dieta ofrecida tuvo un contenido proteico de 11.4%.

2.7.4. Dióxido de titanio (TiO_2)

CASTRO *et al*. (2015) mencionan, que este marcador externo es usado como trazador de consumo y digestibilidad, el procedimiento utilizado para hacer el muestreo de las heces es la recolección directa del recto.

GLINDEMANN *et al*. (2009) en el trabajo realizado en ovejas reportó una tasa de recuperación de dióxido de titanio (TiO_2) superior al 96%, siendo una de las razones más garantizadas para su utilización debido a la alta confiabilidad para los ensayos de investigación.

Por su parte TITGEMEYER *et al.* (2001) en la que realizaron tres estudios para evaluar el dióxido de titanio (TiO_2) como un marcador de digestibilidad para el ganado ofrecieron 10 g/animal/d. En el primer experimento trabajaron con ocho novillos que consumieron heno de pradera ad libitum con y sin suplementos dietéticos donde la recuperación fecal de TiO_2 promedió 93% y no se vio afectada por el suplemento. En el segundo experimento tuvieron dos novillos alimentados con dietas basadas en maíz, en la que la recuperación fecal de dióxido de titánio (TiO_2) promedió fue de 95%. En el tercer experimento, se realizaron con ocho novillos, los cuales consumieron dietas a base de maíz ad libitum y la recuperación fecal de dióxido de titanio (TiO_2) promedió fue alto, siendo el 90%.

MARCONES *et al.* (2008) estimaron el consumo de concentrado, utilizaron dióxido de titanio (TiO_2) en la proporción de 10 g por animal mezclados al concentrado. Trabajaron con 12 bovinos Nelore machos no castrados de 20 meses de edad y peso vivo de 285.33 ± 5.23 kg. Finalmente obtuvieron que el valor consumido de materia seca cuando suministraron una dieta de 1% en relación al peso vivo, 1.25% fueron 24.68 kg/lote, 24.5 kg/lote, los mismo que son 8.23 kg/animal/d y 8.17 kg/animal/d. La dieta ofrecida tuvo un contenido proteico de 11.4%.

2.8. Toretes de la raza Brahman

GONSALEZ (2017) refiere que el cebú Brahman es un ganado de porte grande, cabeza ancha, perfil recto, con ojos achinados negros, vivos, salientes y elípticos, bien protegidos por arrugas de piel. Las orejas son vivas de tamaño medio, pabellón externo amplio terminadas en punta redondeada. El cuello es corto y grueso con papada desarrollada. En cuanto a los parámetros productivos esta raza tiene un rendimiento en canal en promedio es del 58% y una longevidad La longevidad supera los 10 años. Sin duda alguna la capacidad del ganado Brahman para tolerar altas temperaturas lo sitúa como la raza de carne ideal para las regiones húmedas y calurosas del mundo.

2.8.1. Características productivas del ganado

ATENCIO (2006) describió datos importantes evaluados en tres hatos extensivos sobre la raza Brahman tales: peso al nacimiento de 32.3 kg, peso al destete de 188.4 kg, peso corregido a 205 días de 180.6 kg, peso a los 18 meses de 297.1 kg y peso corregido a 540 días de 291.7 kg. Asimismo, que la raza Brahman dentro de todas las razas de ganado vacuno que se vienen usando en el trópico, es la que ostenta la mayor evaluación genética sistemática en lo que se refiere a características productivas con importancia económica.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha de ejecución

El presente estudio fue realizado en las instalaciones Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD - PS) ubicado a 26 km de la cuidad Tingo María, caserío de Santa Lucía, distrito José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, zona con características del ecosistema de Selva Alta de la región, considerada como Bosque Muy Húmedo - Premontano Tropical (BMH - PT).

Presenta una altitud de 540 msnm, humedad relativa de 83 %, a temperatura promedio anual es de 23.8 °C, siendo mínima 18.6 °C y máxima 30.9 °C, mientras que la precipitación pluvial anual varía entre 2193 a 3760 mm (SENAMHI, 2017).

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de 6 meses, ejecutándose en temporada de época seca (menor precipitación) entre los meses de junio hasta diciembre de 2017.

3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo corresponde a una investigación experimental.

3.3. Animales experimentales

Para la presente investigación se utilizaron 14 animales de raza Brahman, con peso promedio de 338 ± 56.8 kg, edad promedio de 20 meses, procedentes del Centro de Producción e Investigación Tulumayo Anexo La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALP - PS) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.4. Instalaciones y materiales

3.4.1. Instalaciones

Se utilizó un potrero de 1.5 hectárea, cercados con postes de madera, alambre púa y grapas de acero. La pendiente del potrero es de 3%, donde se estableció pasto Camerún *Echinocloa polystachya* (Kunth) Hitch, lo cual alcanzó una predominancia de 62.5% (Anexo 4). Para la producción eficiente de la pastura fue diseñado un programa de fertilización nitrogenada de 50 kg/ha. Asimismo, se utilizó un corral de manejo construido con tubos de fierros, columnas de concreto, el cual a su vez cuenta con un embudo, manga y guillotina donde se realizaron las labores diarias de manejo.

3.4.2. Materiales

Se utilizaron nariceras, sogas, aretes, lanza bolos, marcadores, baldes, envases herméticos, guantes de palpación, recipientes colectores de heces, tijera podadora, regla, plástico, costales, cuaderno de campo, lapiceros y cámara fotográfica.

3.5. Insumo en estudio

El pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch con edad de 40 días al inicio y 49 días al final de la investigación

3.6. Alimentación

Los animales fueron alimentados a través de un sistema de pastoreo extensivo continuo durante ocho días, en un potrero con predominio del pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch y en menor cantidad pasto natural, adicional a ello se suministró afrecho de trigo y sales minerales diariamente.

3.7. Variable independiente

Métodos de estimación de consumo por óxido crómico (Cr_2O_3) y dióxido de titanio (TiO_2).

3.8. Tratamientos

T1: Método del marcador óxido crómico (Cr_2O_3).

T2: Método del marcador dióxido de titanio (TiO_2).

3.9. Variables dependientes

- Consumo de forraje total por toretes Brahman mediante el método del marcador externo usando oxido crómico (Cr_2O_3).

- Consumo de forraje total por toretes Brahman mediante el método del marcador externo usando dióxido de titanio (TiO_2).

3.10. Metodología

La investigación consistió en dos fases.

Fase pre – experimental.- (1 a 7 días) que comprendió la adaptación de los animales en el corral de manejo, a su vez la ingestión de las cápsulas de óxido crómico (Cr_2O_3) y dióxido de titanio (TiO_2), mientras tanto el potrero el hato permaneció en otro potrero.

Fase experimental.- (8 a 15 días) esta fase se realizó las evaluaciones de las pasturas, ingestión de las cápsulas de óxido crómico (Cr_2O_3), dióxido de titanio (TiO_2) y sumado a todo esto la colecta parcial de heces.

3.10.1. Disponibilidad de biomasa total pre-pastoreo y post pastoreo

Se realizaron por el método de muestreo sistemático destructivo o conocido también como método de corte y separación manual (ASRM, 1962) usando la técnica de zigzag y puntos de corte o núcleos, (MELGAREJO, 2017), para lo cual utilizamos un cuadrante o marco metálico de 1 m x 1 m. (HARGREAVES Y KERR, 1992; MENDOZA Y LASCANO, 1986).

Las muestras de material forrajero fueron cortadas pre-pastoreo (ofrecido) y post-pastoreo (remanente) a 5 cm de la superficie del suelo utilizando para ello una tijera podadora de forraje, evitando la contaminación de estas con partículas de suelo.

Posteriormente, todas las muestras se juntaron en una muestra compuesta, de la cual se tomó tres submuestras de aproximadamente 1500 g, las misma que se acondicionaron en una bolsa de papel y se destinaron para:

- Determinación de disponibilidad de biomasa pre-pastoreo y post-pastoreo.

- Determinación de la composición botánica de las pasturas pre y post-pastoreo.

- Consumo por el método agronómico o corte de la pastura. Todos ellos expresados en términos de tal como ofrecido y en base seca. Para tal caso, fueron secadas en una estufa a 60 ºC durante 48 h para determinar la materia seca del forraje ofrecido y remanente.

Otras de las variables que también fueron evaluadas son las siguientes.

Altura de forraje.- Según la metodología propuesta por la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEP), cuyo procedimiento descrito por (TOLEDO y SCHULTZE-KRAFT, 1982) y (MENDOZA Y LASCANO, 1986), consistió en hacer anotaciones sobre la altura de cinco plantas (pequeño, mediano y grande) seleccionadas al azar cuidando que cubran adecuadamente la variabilidad, dentro del marco en cada punto de corte, haciendo un total de 50

anotaciones/ha/día. La altura fue medida en centímetros desde el suelo hasta el punto más alto de la planta, sin estirarla y sin contar la inflorescencia.

Relación hoja/tallo.- Para la obtención de la relación hoja - tallo se siguieron los siguientes procesos, tal como lo describe (FLORES, 2006).

- Obtención de la muestra fresca, cortadas cinco plantas al azar dentro del área de $1m^2$ en cada potrero.
- Separación de la muestra en fracción hoja tallo, para luego ser colocados en bolsas de papel.
- Pesados e identificados.
- Secados a la estufa con aire circulante a 65°C.
- Pesado (peso seco)
- Obtención de la relación hoja tallo, aplicando la siguiente formula:

$$\mathrm{RHT} = \frac{\mathrm{PsH}}{\mathrm{PsT}}$$

Donde:

RHT: Relación Hoja-Tallo.

PsH: Peso seco de la Hoja.

PsT: Peso seco del Tallo.

Profundidad de defoliación.- Fue estimada por diferencia entre los valores de altura media de las plantas antes y después del pastoreo (MENDOZA y LASCANO, 1986).

Utilización del forraje.- Fue calculada como la diferencia entre la biomasa pre-pastoreo y post-pastoreo y expresada en términos de porcentaje de la biomasa pre-pastoreo. El porcentaje de la biomasa pre-pastoreo, representa siempre el 100%, así como se muestra em la siguiente fórmula.

$$\text{Utilización de forraje } (\%) = 100 - (\% \text{ de forraje post pastoreo})$$

Asignación de forraje.- Se determinó a partir de 1 hectárea para los 14 animales que correspondió 134 m^2 /animal y la asignación de forraje se derivó a partir de la biomasa total ofrecida en esta área individual por día.

3.10.2. Composición botánica

A partir de las sub-muestras obtenidas en el muestreo de la pastura, para lo cual se utiliza el método directo sistemático destructivo (MANNETJE, 1978) o de corte, se procedió a realizar la separación manual (ASRM, 1962), pesaje individual por especies y partes (MENDOZA Y LASCANO, 1986) para poder realizar una clasificación de la pastura en términos de su proporción de especies presentes en el forraje oferta (pasto Camerún, pasto natural, leguminosa), Asimismo, para poder expresar la composición botánica en base seca, estas fracciones fueron secadas en estufa a 60 ºC durante 48 h para determinar su proporción en seco.

3.10.3. Composición química del pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch.

Materia seca, ceniza, proteína cruda y energía bruta del pasto.- Las muestras de forraje fueron sometidos a los respectivos análisis en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia – Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), según la metodología de la (AOAC,1990). La materia seca según el método 930.15; ceniza según el método 942.05; y el contenido de nitrógeno por el método de micro-Kjeldahl, método 920.87.

La energía bruta fue analizada en el Laboratorio de evaluación nutricional de alimentos (LENA), de la Facultad de Zootecnia – UNALM, por la bomba de calorimetría adiabática (Parr Instrument Company 6300, Illinois, EE. UU.).

Fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente acida (FDA).- El análisis de FDN y el FDA de las muestras se realizó en el Laboratorio de fibras la Facultad de Zootecnia – UNALM, usando los métodos de MERTENS (2002) y VAN SOEST Y ROBERTSON (1985), respectivamente, utilizando la tecnología Ankom (Fiber analyzer 200, Ankom Technology Corporation, Fairport, N.Y.) a partir de muestras digeridas en solución de detergente en bolsas de filtro (F57 - Ankom) durante 40 minutos en un autoclave a 110 ºC y 0,5 atm, siguiendo la metodología propuesta por SENGER *et al*. (2008).

3.10.4. Consumo de forraje mediante dos métodos de estimación

Para referencia se obtuvo el valor del consumo de materia seca mediante el método agronómico o tradicional antes y después del pastoreo. La ingesta total de materia orgánica (IMO) se estimó mediante la técnica de

colección parcial de heces, usando el método de marcador de dosis-pulso (POND *et al*., 1986), para lo cual se utilizarán como marcadores externos el óxido crómico (Cr_2O_3) y el dióxido de titanio (TiO_2), para lo cual se realizaron los siguientes cálculos previos:

El consumo de materia seca ingerida mediante el método de óxido cómico (Cr_2O_3).- En el experimento con el óxido crómico (Cr_2O_3) fue suministrado diariamente 25 (94.5% pureza) g/d/animal, siempre en el mismo horario, a las 12 horas. Los animales realizaron un período de adaptación de siete días.

La dosificación se realizó utilizando cápsulas de gelatina (Torpac, Miami, USA), las cuales fueron suministradas a los animales a través de un lanza-bolo comercial. Posteriormente a partir del día ocho hasta el día catorce consistió en el período de medición en la que del mismo modo se colectaron diariamente las heces de cada animal vía rectal y en el mismo horario. Las mismas fueron pesadas individualmente y se llevaron a estufa a 60°C durante 48 horas para ser secadas.

El consumo de materia seca ingerida por el método de dióxido de titanio (TiO_2).- En el experimento con usó dióxido de titanio (TiO_2) fue suministrado 25 (94.5% pureza) g/d/animal. Las condiciones, el horario del suministro, el periodo de adaptación y de medición fueron las mismas que en el primer marcador. Asu vez fueron pesadas individualmente y se llevaron a estufa a 60°C durante 48 horas para ser secadas.

El consumo medio de la Materia Orgánica de los toretes fue calculado mediante la fórmula descrita por CORBETT y FREER (1995).

$$\text{MOI kg} = \frac{(\text{MOF kg}) * 100}{100 - \text{MOD\%}}$$

Dónde:

MOI (kg^{-1}) = Consumo de Materia Orgánica

MOF (kg^{-1})= Excreción fecal de Materia Orgánica.

MOD (%)= Digestibilidad de la Materia Orgánica

La excreción fecal de la Materia Orgánica (MOF kg-1) fue propuesta por PRIGGE *et al.* (1994)

$$\text{MOF kg} = \frac{\text{Dosis de marcador externo (Cr2O3 y TiO2)}}{\text{Concentración del marcador externo en las heces (g)}}$$

La concentración de óxido crómico (Cr_2O_3) en heces fue determinada por espectrofotometría de absorción atómica (PERKIN-ELMER 2380, NORWALD, CONNECTICUT, USA) usando una llama de acetileno según los procedimientos descritos por WILLIAM *et al*. (1962).

La concentración de dióxido de titanio (TiO_2) fue realizada por método colorimétrico (espectrofotometría UV), de acuerdo con la metodología propuesta por CLOSE y MENKE (1986) y desarrollado por el Instituto de Ciencias Agrícolas en los Trópicos (Instituto Hans-Ruthenberg), Unidad de Nutrición

Animal y Manejo de Pastizales en los Trópicos y Sub trópicos de la Universidad de Hohenheim – Alemania.

La digestibilidad de la Materia Orgánica (MOD %)

Fórmula propuesta por LUCAS *et al* (2005), recomendada por (JUAREZ, 2018) debido a que tiene más aproximación a los valores obtenidos a través de la técnica de digestibilidad in vitro.

$$\mathrm{DMO} = 72.86 - 107.7 \text{ x } e^{(-0.01515 * \frac{\mathrm{PCf}\,[\frac{g}{kg}\mathrm{MO}]}{100})}$$

Donde:

DMO = Digestibilidad de la materia orgánica.

PCF = Contenido de proteína cruda en la materia orgánica fecal.

Para determinar el consumo de materia seca se aplicó la misma fórmula con los valores de excreción fecal de la materia seca y la digestibilidad de la materia orgánica.

3.11. Diseño y análisis estadístico

Para comparar los diferentes métodos de estimación de consumo de materia seca se usó la Prueba t- Student, cuyo modelo matemático se muestra a continuación.

$$T = \frac{\dot{X}_1 - \dot{X}_2}{Sp\sqrt{\frac{1+1}{N_1\, N_2}}}$$

Donde:

T = Valor estadístico de la prueba T - Student.

$\bar{X}_1$ = Valor promedio del consumo promedio de la Materia seca mediante el método de óxido crómico (Cr_2O_3)

$\bar{X}_2$ = Valor promedio del consumo promedio de la Materia seca mediante el Método de dióxido de titanio (TiO_2)

Sp = desviación estándar ponderada de ambos grupos.

N_1 = Tamaño de la muestra del grupo 1.

N_2 = Tamaño de la muestra del grupo 2

La ecuación para obtener la desviación estándar ponderada:

$$Sp = \sqrt{\frac{SC_1+SC_2}{N_1+N_2-2}}$$

Donde:

Sp = Desviación estándar ponderada.

SC_1, SC_2 = Suma de cuadrados de cada grupo.

N = Tamaño de la muestra 1 y 2.

IV. RESULTADOS

4.1. Características de las pasturas ofrecidas y del forraje defoliado

Cuadro 2. Biomasa, altura, profundidad de defoliación, utilización del forraje, asignación de forraje y composición botánica, y la relación hoja/tallo de la pastura

Atributos de las pasturas	Pre-pastoreo	Post-pastoreo
Biomasa total (kg MS/ha)	3908.27	2727.96
Altura de forraje (cm)	30.68	14.33
Profundidad de defoliación (cm)	16.35	
Utilización de forraje total (%)	30.20	
Asignación de forraje 134 m^2 (kg MS/torete/d)	52.40	
Composición botánica (%)		
Camerún	63.67	56.80
Natural	9.27	12.33
Leguminosa	4.27	5.40
Malezas	22.80	25.47
Fracciones del P. Camerún (%)		
Hoja	39.08	20.05
Tallo	36.84	43.13
Senescencia	24.09	36.82
Relación Hoja/tallo	1.06	0.46

Cuadro 3: Composición química antes y después de las pasturas consumidas

Nutrientes y energía	Composición Química			
	Pasto Camerún		Pasto Total	
	Pre-pastoreo	Post-pastoreo	Pre-pastoreo	Post-pastoreo
M.S (%)	25.00	29.00	24.00	31.00
CZ (%)	12.63	12.52	12.55	12.46
P.C. (%)	12.75	9.64	13.67	9.28
F.D.N. (%)	65.61	68.84	65.29	73.37
F.D.A. (%)	34.58	37.54	35.37	40.36
EB (Kcal/kg)	3872.89	3895.87	3893.44	3891.76

M.O.: Materia orgánica, CZ: Ceniza, P.C.: Proteína cruda, F.D.N.: Fibra detergente neutra, F.D.A.: Fibra detergente ácida y EB: energía bruta.

4.2. Consumo promedio de forraje mediante los métodos de marcadores externos óxido crómico (Cr_2O_3) y dióxido de titanio (TiO_2).

Cuadro 4: Consumo estimado de materia seca ingerida según el método de marcadores (n=7, promedio ± desviación estándar)

Variable respuesta	Marcador		p – valor
	Cr_2O_3	TiO_2	
MSF (kg/d)	3.20 ± 0.44	3.02 ± 0.63	0.596
MOD (%)	69.75 ± 1.09	67.72 ± 1.71	0.002
MSI (kg/d/torete)	10.58 ± 1.59	9.42 ± 2.14	0.209
MSIP (%PV)	3.10 ± 0.47	2.85 ± 0.34	0.316

MSF: Materia seca fecal, MOD: Digestibilidad, MSI: Materia seca ingerida, MSI (%PV): Porcentaje de materia seca ingerida según el peso vivo.

V. DISCUSIÓN

5.1. Disponibilidad de biomasa total, altura del forraje, utilización del forraje, composición botánica y química del forraje

La disponibilidad del forraje se muestra en el Cuadro 2, en esta alta disponibilidad la carga fue 7 animales/ha, mientras que DA CRUZ (2000) en el Tratamiento 1, Tratamiento 2 y Tratamiento 3 reporta 3213.52, 3495.54 y 3495.13 kg MS/ha, por su parte GALLEGO *et al.* (2016) en una producción de forraje de 907 y 1417 kg MS/ha determinaron una carga de 0.27 y 0.51 animales/ha, los valores se asocian con la baja y mayor índice de productividad forraje respectivamente y el porcentaje del pastizal denso fue 11.04% y 96.57%. La asignación de forraje por animal en el presente estudio fue 52.40 kg MS/torete/d en la que se observa una alta oferta de forraje lo cual permitió asegurar que el consumo voluntario no se afecte, tal como menciona PIÑA y OLIVARES (S/A) quién señala que una buena oferta y calidad de forraje garantiza un buen aprovechamiento.

Por su parte, DA CRUZ (2000) indica que el consumo de forraje presenta una tendencia opuesta a la carga animal, a mayor carga el consumo puede disminuir debido a la disponibilidad de esta. Asimismo, VELEZ *et al.* (2002)

recalcan que los días y horas/día de ocupación del potrero también interfiere en el volumen del consumo.

En cuanto a la altura del pasto Camerún a los 40 días alcanzó 30.68 cm, el mismo que se encuentra dentro de los rangos indicados por (PORRAS, 1992). Por su parte, ROMERA *et al*. (2000) afirman que en las pasturas existe una relación negativa entre la altura frente al consumo individual, cuando las plantas son muy altas los animales tienden a inclinarlo y pisotearlos, de este modo disminuyendo el consumo, por el contrario, si son aprovechados las plantas que se acercan a la altura de la boca del animal.

Asimismo, la profundidad de defoliación indica la longitud de pastura que ha sido consumida lo que para el presente estudio fue 16.35 cm y la utilización de forraje total solo fue 30.20%, lo cual es muy bajo debido a la alta asignación de forraje, viéndose en una tendencia opuesta, por el contrario, la utilización aumenta cuando baja la asignación (LOMBARDO, 2005).

La relación hoja/tallo en el pre-pastoreo fue 1.06, lo cual tiende a disminuir en el post pastoreo a 0.46, siendo la primera un indicador de la abundancia de hojas y finalmente indicando una mayor presencia de tallos, de tal modo evidenciando un consumo preferente por las hojas. En ese sentido RAMÍREZ (1997) menciona que el consumo de forraje en los bovinos presenta una mayor preferencia por la hojas y tallos jóvenes, por tener altos niveles de proteína, en vez de material senescente. Asimismo, manifiesta que esto está respaldado porque el contenido de proteína tiene una gran influencia sobre la calidad nutricional.

La predominancia del pasto Camerún se muestra en el (cuadro 2) valor superior en las misma condiciones a los reportado por FLORES (2016) que fue 51.42%, los animales en los días de pastoreo tuvieron una gran oferta forrajera de este, mientras que el contenido de pasto natural y leguminosa (Cuadro 2) incrementan al post pastoreo en 12.33% y 5.40%, finalmente deduce que al ser consumido en mínimas cantidades la tasa de rebrote fue mayor, a diferencia que no sucede con el Camerún que cuando el animal consume la parte inmadura del pasto su regeneración es lenta debido a lo que las reservas energéticas son pocas sobre todo en la época seca (SEMPLE, 1974).

El contenido de las hojas del pasto Camerún desciende a un 20.05%, mientras aumenta el tallo en 43.13% y senescencia en 36.82%., en cuanto al tallo y senescencia se observa una tendencia a un aumento al post-pastoreo, lo cual hace evidente que debido a la buena producción foliar los animales prefirieron las hojas comparado a las otras fracciones, concordado a lo reportado por RAMIREZ (1997). En ese sentido, GORDON y LASCANO (2000), manifiestan que usualmente los animales prefieren las hojas y los tallos tiernos ya que son más digestibles y nutritivos especialmente con buen contenido de proteína (RAMIREZ,1997), por lo cual las plantas maduras son rechazadas de este modo se indica un proceso de selectividad en el consumo.

En el presente estudio se observa que el pasto Camerún presenta un buen contenido nutricional (Cuadro 3), los mismos que son similares a los reportados por CARRIEL (2014) de 20.12% de Materia seca, 11.12% de Proteína cruda, 9.01% de Ceniza, 59.22% de FDA, 34.56% de FDN, en ese sentido, este

mismo autor manifiesta que otro de los factores de hábitat que afectan el consumo y la selectividad de forraje es la composición nutricional, los animales y que de alguna forma regulan la selectividad del alimento de acuerdo a sus requerimientos nutricionales, esto indica que ellos perciben que alimentos contienen los nutrientes necesarios en un momento dado.

Con relación al contenido de materia seca, en el presente estudio, se puede observar que muestra un buen contenido de materia seca durante el pre-pastoreo (25%) como en el post-pastoreo (29%). FORBES (1995) considera que el bajo contenido de materia seca en los forrajes es un factor que reduce el consumo voluntario en los rumiantes, especialmente cuando el contenido de materia seca es menor a 25%, mientras que PASHA *et al.* (1994) mencionan que el alto contenido de agua puede ocasionar un llenado físico a nivel ruminal.

Cuando la concentración proteica aumenta, el consumo también se ve favorecido, en ese sentido, la proteína para el presente estudio fue 11.12%. ARAUJO (2005) manifiesta que rumiantes el nivel crítico de nitrógeno es más bajo que en otros animales debido a que ellos pueden reciclarlo a través de la saliva en forma de urea.

5.2. Consumo de forraje mediante método del marcador externo

El consumo de forraje utilizando marcadores externos puede ser estimado eficientemente a partir de conocer la producción total de heces (BONILLA, 2000) y la digestibilidad (CORREA *et al.*, 2009) para esto, es necesario tener un conocimiento más amplio de la dosificación diaria. Los

resultados del consumo de materia seca estimados a través del método del marcador externo, muestra que los valores promedios de consumo de forraje en base seca son de 10.58 y 9.42 kg/día/animal respectivamente, las diferencias estadísticas no fueron significativas ($p<0.05$) cuando se utilizó como marcador óxido crómico (Cr_2O_3) y dióxido de titanio (TiO_2).

El consumo promedio de la materia seca del observado en este estudio fue de 10 kg/animal/día utilizando el método de marcadores en una carga de 7 animales/ha, lo cual estos valores son superiores al consumo promedio de forraje reportado por DA CRUZ (2000), quien al evaluar el pasto Camerún en época seca en el mismo centro de investigación determina consumos de la materia seca del forraje de 9.16, 6.63 y 6.40 kg/animal/día en diferentes cargas de 4, 6 y 8 animales/ha respectivamente, concluyendo que a mayor número de animales se redujo el consumo de forraje debido a la disponibilidad del pasto.

Por su parte PÉREZ *et al*. (2001) al evaluar el efecto de la suplementación por un periodo de 60 minutos de acceso a un banco proteico de Kudzu sobre la ganancia de peso de toretes alimentados con pasto Estrella Africana sometida a pastoreo restringido por 16 horas durante la época seca el consumo de la materia seca del forraje fue 8.47 kg/animal/día, datos inferiores que pudieron deberse a que el valor proteico de pasto estrella fue de 6% y delkudzu fue 16%. El valor del consumo representa el 1.7% del peso promedio de los animales de 421.1 kg.

Con relación al porcentaje de recuperación en las heces de los marcadores utilizados en el presente trabajo fue 75.3 % y 81.6 % para el óxido

crómico (Cr_2O_3) y dióxido de titanio (TiO_2) respectivamente. El porcentaje de recuperación de Cr_2O_3 resultó inferior a lo reportado por CORREA *et.al.* (2009), de 79.4%, quienes trabajaron con animales Holstein a los que ofrecieron óxido crómico (Cr_2O_3) en forma de pellet una dosis de 15 g/día y la recolección de heces realizaron dos veces al día (OLIVEIRA *et al.,* 2007), de 89.1% trabajando con novillos cruzados Holstein x Gir, con una dosis de 8 g/día y dos muestreos por día (PHAR *et al.,* 1990) que utilizaron ganado lechero ofreciendo una dosis de 10 g/día para dos recolecciones de heces por día, obtuvieron tasas de recuperación de óxido crómico (Cr_2O_3) de 89.1 y 85.7%, respectivamente

MARCONES *et al.* (2008) obtuvieron que el valor consumo de materia seca a través del método de óxido crómico (Cr_2O_3) en bovinos machos no castrados cuando suministraron una dieta de 1% PV, 1.25% fueron 24.14 kg/lote, 24.5 kg/lote, los mismos que representan 8.05 kg/a/d y 8.18 kg/a/d, tales resultados fueron inferiores, debido al estudio realizado en una raza Nellore de20 meses de edad con peso vivo inicial de 285.33 ± 5.23 kg, pero contenido nutricional de la dieta ofrecida fue similar en la que para el caso tuvo un contenido proteico de 11.4%.

El porcentaje de recuperación del marcador dióxido de titanio (TiO_2) fue 81.6 %, este valor es inferior a lo que muestran (GLINDEMANN *et al*., 2009) trabajados con ovejas en la que la taza de recuperación fue 96%, una dosis de 10 g/animal/día. Asimismo, TITGEMEYER *et al.* (2001) reportaron que la recuperación fecal en novillos fue 93%, 95% y 90% al usar una dosis de 10 g/animal/día y una doble recolección de heces al día.

Si la dosificación y la colección de heces fueron similares en estos estudios, entonces es posible que las diferencias pueden deberse a la capacidad digestiva de los animales en la que se genera una sedimentación del marcador en el retículo-rumen por ser sustancias insolubles en agua, indigestibles y no estar asociado a los componentes de la ingesta, lo que provocaron una transferencia esporádica al tracto gastrointestinal, afectando directamente el patrón de excreción del marcador (GARCÍA *et al.*, 2009).

El consumo de forraje promedio mediante el uso de los marcadores con relación al peso vivo del animal se muestra en el (Cuadro 4). LEÓN *et al*. (2006) determinaron que para animales de un rango de peso vivo de 300 a 399 kg el consumo potencial de materia seca por 100 kg de PV es 3.12%, inferiores a este peso los animales alcanzan un consumo del 4%, mientras que a mayor peso tienden a disminuir el consumo en función a la misma.

MARCONES *et al.* (2008) en el estudio realizado en bovinos Nellore machos no castrados de 20 meses de edad y peso vivo inicial de 285.33 ± 5.23 kg a través del método de dióxido de titanio (TiO_2) obtuvieron que el valor consumo de materia seca cuando suministraron una dieta de 1% PV, 1.25% fueron 24.68 kg/lote, 24.5 kg/lote, por cada lote hubieron tres animales, para lo que individualmente fueron 8.23 kg/a/d y 8.17 kg/a/d, estas diferencias con el presente estudio pudieron ser diferentes debido a la raza, peso que varía, y a que la dieta ofrecida tuvo un contenido proteico de 11.4%, lo cual es inferior. En este caso ARAUJO (2005) señala que el consumo de materia seca puede variar por el factor inherente a la dieta (el contenido nutricional) para lo que en el presente

estudio fue 13.67%, debido a que el forraje tuvo buena calidad nutritiva se obtuvieron mayores consumos de materia seca.

Independientemente de la metodología de marcadores (JADO, 2015) evaluó el desempeño en 240 bovinos Nellore no castrados de peso promedio de 338.6 kg PV en la que determinó el consumo de materia seca en T1=9.52, T2=10.28 y T3=20.26 kg/día haciendo un promedio de 10.02 kg/día. La dieta ofrecida tuvo un contenido de 13%de proteína para cada tratamiento, lo cual estos resultados suelen ser similares a nuestro estudio en lo respecta al consumo diario de materia seca.

Las diferencias del consumo expresado en el porcentaje de su peso vivo entre las metodologías de los marcadores pueden deberse a que el peso promedio entre los tratamientos fueron diferentes, para el T1 (óxido crómico (Cr_2O_3)) el peso promedio de los animales 333.86 kg PV mientras que para el T2 (dióxido de titanio (TiO_2)) tuvieron un peso de 342.29 kg PV. En ese sentido, (ARAUJO, 2005) manifiesta que las variaciones del consumo se ajustan a sus requerimientos, y estos varían según el peso corporal.

El valor de consumo por el método agronómico, lo cual se observa en (Anexo 3) para esta investigación no fue comparable estadísticamente con la metodología de los marcadores, ya que proporciona estimaciones grupales y no individuales; sin embargo, con esta técnica se obtuvieron resultados similares (10.54 kg/animal/día) a los que se obtuvo por el método de marcadores; por ende el método agronómico podría ser un método utilizable a nivel de campo, resaltando el bajo costo y la facilidad de implementación.

VI. CONCLUSIONES

- La estimación del consumo de materia seca usando como marcadores el dióxido de titanio (TiO_2) y el óxido crómico (Cr_2O_3) muestra resultados similares.
- Los valores de los atributos de las pasturas en el pre-pastoreo fueron: biomasa total 3908.27 kg MS/ha, altura de forraje 30.68 cm, relación Hoja/tallo 1.06, y en el post pastoreo la biomasa total 2727.96 kg MS/ha, altura de forraje 14.33 cm, relación Hoja/tallo 0.46. La profundidad de defoliación fue 16.35 cm, utilización de forraje total 30.20% y la asignación de forraje 50.40 kg MS/torete/d. La predominancia del pasto Camerún *Echinocloa polystachya* (Kunth) Hitch en el pre-pastoreo fue de 63.67% y post pastoreo 56.80%, y la proporción de esta pastura en pre-pastoreo de Hoja 39.08%, Tallo 36.84%, Senescencia 24.09.

- En la composición química el pasto Camerún *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch es de 25% Materia seca, 12.63% de ceniza, 12.75% de proteína cruda, 65.61% de FDN, 34.58% de FDA y 3872.89 Kcal/kg de EB. En el post pastoreo se encontró 93.19% Materia seca, 12.52% de ceniza, 9.64% de proteína cruda, 68.84% de FDN, 37.54% de FDA y 3895.87 Kcal/kg de EB.

- El consumo de materia seca a través del método de Cr_2O_3 fue de 10.49 kg y TiO_2 fue de 9.51 kg valores que representan un consumo de 3.10% y 2.85% de su peso vivo, respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones de consumo de materia seca y orgánica de otras especies de pastos de la región en otras razas bovinas.

- Evaluar el efecto de la época del año en la estimación de consumo de materia seca y orgánica en ganado bovino.

Estimation methods for the consumption of German grass, *Echinocloa polystachya* (Kunth) Hitch, by Brahman bull calves under continuous grazing conditions during the dry season in Leoncio Prado, Huánuco

VIII. ABSTRACT

The aim was to estimate and compare the consumption of dry matter from tropical grass, predominantly from German grass, *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch, by the Brahman breed of bull calves under continuous grazing conditions, during the dry season, using external markers chromium (III) oxide (Cr_2O_3) and titanium dioxide (TiO_2). Fourteen animals were used, divided into two groups with seven for each marker, gelatin capsules (Torpac® #07) were given orally at a dose of 25 g for each maker during fourteen consecutive days, of which seven corresponded to the adaptation period and the rest to the measurement phase in which the grasses given were evaluated and the partial collection of the feces was done for the recuperation of the markers. The consumption of dry matter from the forage, estimated using the marker method, had no difference between the Cr_2O_3 and the TiO_2, showing averages of 10.58 ± 1.59 and 9.42 ± 2.14 kg/ bull calf/d, respectively. The results of this study suggest that the marker method can be considered a good direct estimator of the consumption of forage by bull calves under grazing conditions.

Keywords: Bull calves, forage consumption, marker, chromium(III) oxide, titanium dioxide.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. [En línea]: (http://portal.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Consumo_a_pastoreo_II.pdf. Departamento de zootecnia, facultad de agronomía, la universidad de Zulia. Artículo científico. 11 p. 11 de Julio del 2018).

ASTM. 1974. Standards for bomb calorimetry and combustion methods. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, Pa., U.S.A.

ATENCIO, A. 2006. Brahman en Venezuela: Pasado, presente y el porvenir de la raza. [En línea]: (http://www.scielo.br/pdf/rbz/v37n12/23.pdf. Artículo científico. 15 de Agosto del 2018).

A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (15th Ed.), Arlington, U.S.A

BONILLA, J. 2000. Consumo voluntario de forraje por vacas lecheras en pastoreo. [En línea]: (http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/publicacionesnayarit/PUBLICACIONES.pdf. Revista. 15 de noviembre del 2017).

CARRIEL, P. 2014. Estudio del comportamiento agronómico de cuatro variedades de pastos sometidos a distanciamientos de siembra en la zona de pueblo viejo, provincia de los ríos. Tesis de grado. Los Ríos – Ecuador. [En línea]: (http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/626/1/T-UTB-FACIAG-AGR-000102.pdf. 2 de agosto del 2018).

CERNA, B. 1994. Manejo mejorado de malezas tropicales. 18 edición. Editorial libertad. Concytec. Trujillo - Perú. p 17 -24.

CEPEDA, L. 2016. Evaluación de cuatro densidades de siembra de los Pastos Tanner (*Brachiaria arrecta*) y Janeiro (*Echinocloa polystachya*) para la producción bovina en la zona baja inundable de Babahoyo. Trabajo de titulación. Los Ríos – Ecuador. [En línea]: (http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/3228/1/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000011.pdf. 2 de agosto del 2018).

CASTRO, V.; AMARAL, J.; MARTORANO, L.; MONTEIRO, S.; BEZERRA, A.; FERNANDES, P.; LISBOA, S. Y OLIVEIRA, A. 2015. Metodología de estimación del consumo y digestibilidad en rumiantes usando marcadores n - alcano y dióxido de titanio. [En línea]: (http://www.embrapa.br/busca-depublicacoes//publicacao/list/autoria/nome/viniciuscostagomesdecastro Pa ut h=aHz71u60. Artículo científico. 30 de agosto).

CORPOICA. 2000. Alimentación bovina. [En línea]: (http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3915/1/200610241

62632Manejo%20y%20siembra%20de%20pastos%20y%20forrajes.pdf. Revista. 4 de setiembre del 2018).

CORREA, H.; PABÓN, M. Y CARULLA, J. 2009.Estimación del consumo de materia seca en vacas Holstein bajo pastoreo en el trópico alto de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. [En línea]: (http://www.lrrd.org/lrrd21/4/corr21059.htm. Artículo científico. 30 de agosto del 2017).

CHURCH, D. y POND, G. 1994. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. México. 438 p.

CLOSE, W. AND MENKE, K. 1986. Selected topics in animal nutrition. A manual prepared for 2nd Hohenheim course on animal nutrition in the tropics and sub-tropics. 48 p.

DA CRUZ, W. y PORRAS, O. 1992. Distanciamiento de siembra en el establecimiento del pasto Camerún *(Echinochloa polystachya)* en terrenos degradados de Tingo María. Boletín académico. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 12 p.

DA CRUZ, W. 2000. Capacidad de carga y ganancia de peso de toretes cebuinos bajo pastoreo en (Echinocloa polystachya) en trópico húmedo. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 56 p.

DÍAZ, A.; CASTILLO, E.; BASURTO, H.; RODRIGUEZ, J. y VALLES DE LA MORA, B. 2007. Repuesta productiva de una pastura de gramas nativas bajo pastoreo rotacional intensivo en clima cálido húmedo. UNAM, FMVZ, Veracruz – México. [En línea]: (http://www.redalyc.org/pdf/837/83711205.pdf. Artículo científico. 8 de agosto del 2018).

DI MARCO, O. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. [En línea]: (http://www.produccionanimal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf.Revista. 21 de noviembre del 2017).

DOVE, H.; FREER, M. AND FOOT, J. 2000. The nutrition of grazing ewes during pregnancy and lactation: a comparison of alkane-based and chromium/in vitro-based estimates of herbage intake. Australian Journal of Agricultural Research. 51 p.

FORBES, J. 1995. Ruminant gastrointestinal tract. In: Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Forbes, J. (Ed). CAB International, Wallingford. 40 p.

FLORES, C. 2006. Efecto de la fertilización nitrogenada en pasturas de Camerún (*Echinochloa polystachya)* en degradación utilizadas al pastoreo en tingo maría. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 41 p.

GALLEGO, F.; LEZAMA, F.; PEZZANI, F.; LÓPEZ, L.; LEONI, E.; MELLO, L. Y COSTA, B. 2016. Estimación del área primaria neta aérea y capacidad de carga ganadera: Un estudio del caso en sierras del Este, Uruguay. Universidad de la república, facultad de agronomía, Departamento de sistemas ambientales, Ecología. [En línea]: (http:/301-1548-agro-21-01-00120.pdf. Artículo científico. 4 de setiembre del 2018).

GARCÍA, D.; GARCÍA P.; GATICA, F.; GATICA, F. Y GORNALL, V. 2009. Digestibilidad por el método del indicador en rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias Universidad de Chile. [En línea]: (http: Digestibilidad_por_el_Metodo_del_Indicador_en_Rumiantes.pdf. Revista. 01 de agosto del 2017).

GONSALEZ, K. 2017. La Raza de Ganado Brahman. Portal de zootecnia veterinaria es mi pasión. [En línea]: (http://zoovetesmipasion.com/ganaderia/razas-bovina/la-raza-de-ganado-brahman/. 19 de julio del 2018).

GORDON, J. 2000. Plant–Animal Interactions in Complex Plant Communities: from Mechanism to Modelling. In Lemaire G, Hodgson J, Moraes de A, Nabinger C, Carvalho PC de F, editors. Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Wallingford UK: CABI Publishing; 70 p.

GUTIERREZ, A. 1991. Nutrición de los rumiantes en pastoreo, universidad autónoma de chihuahua, colegio textos universitarios, México. 263 p.

GLINDEMANN, T.; WANG, C.; TAS, B.; SCHIBORRA, A.; GIERUS, M.; TAUBE, F. AND SUSENBETH, A. 2009. Impact of grazing intensity on herbage intake, composition, and digestibility and on live weight gain of sheep on the Inner Mongolian steppe. Livestock Science. 147 p.

HARGREAVES, J. y KERR, J. 1992. Botanal- A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. 2. Computational package. Tropical Agronomy Technical Memorandum No. 79. CSIRO, Canberra, Australia. 83 p.

NATEC. 2009. Manual de pastos y forrajes. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. 96 pg. [En línea]: (http://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Pastos_y_Forrajes.pdf. 3 de Marzo del 2018).

JADO, L. 2015. Desempehno metabolismo e emisao de metano de bovinos Nelore en terminacao recebendo oleos funcionais en substituicao o combinacao com monensina sodica na dieta. [En línea]: (https:///E:/consumo%20titaniocromo/Lucas_Jado_Chagas_versao_revisada.pdf. Tesis de Doctorado en ciencia animal. Piracicaba – Brasil).

JUÁREZ, D. 2018. Digestibilidad aparente del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch utilizando modelos de estimación en toretes de la raza Brahman bajo condiciones de pastoreo continuo en Leoncio Prado, Tingo María. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 69 p.

LASCANO, C. 2000. Selective Grazing on Grass–Legume Mixtures in Tropical Pastures. In: Lemaire G, Hodgson J, Moraes de A, Nabinger C, Carvalho PC de F, editors. Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Wallingford UK: CABI Publishing; 263 p.

LEAVER .1985. Effects of supplements on herbage intake and performance. 137 p. In Frame, J. (ed.). Grazing. British Grassland Society, London, England.

LEÓN, C.; QUIROZ. R.; CAÑAS, R.; OSORIO, J.; GUERRERO, J. y PEZO, D. 2006. LIFE-SIM: Livestock feeding strategies simulation models. CIP-Natural Resources Management Division. Working Paper No. 2006-1. Lima, Perú. 37p.[Enlinea]:(http://www.researchgate.net/publication/325908880_LIFE-SIM_Livestock_Feeding_Strategies_Simulation_Models.Artículo científico. 10 de agosto de 2018).

LONBARDO, S. 2005. Asignación de forraje (cantidad de forraje para ofrecer a los animales. Revista. [En línea]: (http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R143/R_143_32.pdf. 3 de agosto del 2018).

LUCAS, A., 2005: Relationship between fecal crude protein concentration and diet organic matter digestibility in cattle. Journal of Animal Science 83 p.

MANRIQUE, L. 1998. Análisis de la evaluación del pasto alemán *(Echinochloa polystachya)* (h.b.k.) hicth) cultivado en suelo arcilloso bajo cuatro

frecuencias de corte. [En línea]: (http://bdigital.unal.edu.co/19541/1/15546-47378-1-PB.pdfActa agronómica. 19 de julio del 2018).

MARCONDES, M.; VALADARES, S.; RODRIGUES, P.; DETMANN, E.; FONSECA, M.; LACERDA, L. e RAMALHO, T. 2008. Consumo e desempenho de animais alimentados individualmente ou em grupo e características de carcaça de animais Nelore de três classes sexuais. Revista Brasileira de Zootecnia. Sociedade Brasileira de Zootecnia [En línea]: (http://www.scielo.br/pdf/rbz/v37n12/23.pdf. 25 de agosto de 2018).

MEJIA, J. 2002. Consumo Voluntario de Forraje por Rumiantes en Pastoreo. [En línea]: (http:///E:/Met.%20Consumo%20de%20forraje.pdf. Revista. 21 de noviembre del 2017).

MENDOZA, P. y LASCANO, C. 1986. Medición en la pastura en ensayos de pastoreo. En: Evaluación de pasturas con animales. Alternativas metodológicas. Memorias de una reunión de trabajo celebrada en Perú, 1-5 de octubre 1984. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT. Cali, Colombia.

MONSALVE, S. 1978. Estudios sobre pasto alemán (*Echinoclhoa polystachya*) (H.B.K.) (Hitch) en Colombia. II. Altura y frecuencia de corte. Revista ICA 13(4): 666-669. [En línea]: (http://agris.fao.org/agris-search/search.do;jsessionid=466D337A5EE01A4EBDE1D7955D5D6982?request_locale=ar&recordID=US201302825585&query=&sourceQuery=

&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=&centerString=&enableField. 19 de julio del 2018).

PASHA, T.; PRIEGGE, E.; RUSSELL, R.; BRYAN, W. 1994. Influence of moisture content of forage diets on intake and digestion by sheep. Journal of Animal Science. 72 p.

PHAR, A.; BRADLEY, W.; LITTLE, O. y CUNDIFF, V. 1990. Effects of confinement and level of feed intake on digestibility of nutrients and excretion of chromic oxide, crude protein and gross energy in the bovine; Journal of Animal Science 30: [En línea]:(http:589-592http://jas.fass.org/cgi/reprint/30/4/589.pdf. Artículo cientifico.10 de Enero del 2018).

PÉREZ, G.; ALARCÓN, B.; MENDOZA, G.; BÁRCENA, R.; HERNANDEZ, T. y HERRERA, J. 2001. Efectos de un banco proteico de kudzu en la ganancia de peso de toretes en pastoreo de Estrella Africana. [En línea]: (http://www.redalyc.org/pdf/613/61339104.pdf. Artículo científico. 7 de agosto del 2018).

PIÑA, L y OLIVARES, A. S.A. Oferta y disponibilidad de forraje como factores en la selectividad y consumo de la pradera. Departamento de Producción Animal, Universidad de Chile. [En línea]: (http:///C:/oferta/y/disponibilidad/de/forraje/como/factores/en/la/selectividad/y/consumo/de/la/pradera.pdf. 8 de agosto del 2018).

POND, R.; ELLIS, C.; MATIS, H. y DESWYSEN, G. 1989. Passage of chromium-mordanted and rare earth-labeled fiber: time of dosing kinetics. J. Anim. Sci. 67 p.

PORRAS, O. 1992. Distanciamiento de siembra en el establecimiento del pasto Camerún *(Echinochloa polystachya)* en terrenos degradados de Tingo Maria. Boletín informativo N° 1. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria, Perú. 12 p.

PRIGGE, C.; BAKER, J. y VARGA, A. 1994. Comparative digestion, rumen fermentation and kinetics of forage diets by steers and wethers. J. Anim. Sci. 59:237-24 p.

RAMÍREZ, H. 1997. Evaluación de dos sistemas silvopastoriles integrados por Cynodon plectostachyus, Leucaena Leucocephala y Prosopis juliflora. En: CIPAV. Seminario Internacional de Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali.

RODRIGUEZ, N.; SIMOES, E. Y GAMARAES, R. 2009. Uso de indicadores para estimar consumo y digestibilidad del pasto. Lipe, lignina purificada y enriquecida. EMBRAPA- CPAC, Brasil. [En línea]: (http:///C:/ /DialnetUsoDeIndicadoresParaEstimarConsumoYDigestibilidadD254446. pdf. Artículo científico. 30 de agosto del 2017).

ROMERA, A.; GARTÍA, G.; MARINO, M. Y AGNUSDEI, M. 2000. efecto de la asignación forrajera sobre la ganancia de peso de vaquillonas de recría y

la utilización del forraje en pasturas dominada por Agropiro durante otoño invierno XVIª Reunión Latinoamericana de Producción Animal, Montevideo, marzo 2000. *E.E.A Balcarce INTA. [En línea]: (http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/91-asignacion_forrajera.pdf. Articulo Científico. 31 de julio del 2018).

SENAMHI. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2017. Boletín Agrometeorológico. Dirección Zonal 10.. [En Línea]: (http://www.senamhi.gob.pe/load/file/04410SENA-14.pdf. 10 de diciembre del 2017).

SEMPLE, A. 2016. Avances en pasturas cultivadas y naturales. Editorial hemisferio sur. [En línea]: (http://www.vivavisos.com.ar/juegos-librosusados/cordoba/avances-en-pasturas-cultivadas-ynaturalessemple-480/134897461. Libro. 2 de agosto del 2018).

SENGER, C.; KOZLOSKI, G.; SANCHEZ, L.; MESQUITA, F.; ALVES, T. AND CASTAGNINO, D. 2008. Evaluation of autoclave procedures for fiber analysis in forage and concentrate feedstuffs. Animal Feed Science and Technology 146:169-174.

OLIVEIRA, E.; RAPOSO, S.; TEDESCHI, O.; MAGALHÃES, J.; CARNEIRO, S. 2007. Estimating forage intake of lactating dual-purpose cows using chromium oxide and n-alkanes as external markers. Scientia Agriculture. UDESC.

Brasil.[Enlínea]:(https://www.researchgate.net/publication/242153307_Estimating_forage_intake_of_lactating_dualpurpose_cows_using_chromium_oxide_and_N-alkanes_as_external_markers. Artículo científico. 19 de julio del 2018).

OWENS, N. y HANSON, C. 1992. Symposium: External and internal markers. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. J. Dairy Sci.

TARAZONA, A.; CEBALLOS, M.; NARANJO. J.; CUARTAS, C. 2012. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. [En línea]: Artículo científico.

TITGEMEYER, E.; ARMENDARIZ, C.; BINDEL, D.; GREENWOOD, R. and LÖEST, C. 2001. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. Journal of Animal Science, Volume 79, Issue 4, 1 April 2001, Pages 1059–1063. [En línea]: (https://academic.oup.com/jas/articleabstract/79/4/1059/4625986?redirectedFrom=fulltext. 14 de agosto del 2018).

TOLEDO, J. y SCHULTZE-KRAFT, R. Metodología para la evaluación de pastos tropicales. En: Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT. Cali, Colombia. 1982.

VAN SOEST, J. y ROBERTSON, B. 1985. Analysis of forages and fibrous foods. Lab Manual for Animal Science. Dept. Animal Sci. Cornell University, Ithaca. 613 p.

VÉLEZ, M.; HINCAPIE, J.; MATAMOROS, I.; SANTILLAN, R. 2002. Producción de Ganado Lechero en el Trópico. Cuarta edición. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras. 326 p. [En línea]: http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UCAT.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=000138.

VERA, D. 2014. Respuesta del Pasto Alemán (*Echinocloa polystachya*) a tres láminas de riego, en la parroquia San Antonio, provincia de Manaví. Tesis de grado maestría en producción animal. Sangolquí, Ecuador. [En línea]: (https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10383/1/TESPE048388.pdf. 01 de Agosto del 2018).

WILLIAM, C.; DAVID, D.; LISMOA, O. 1962. The determination of chromic oxide in fecal samples by atomic absorption spectrophotometry. Journal Agricultural Science. 59: 381-385.

ANEXO

Anexo 1: Peso vivo (kg) de los toretes utilizados con óxido crómico (Cr_2O_3)

Animal	Peso Vivo (Kg)
1	337
2	382
3	322
5	301
7	359
11	351
12	344
X	342.29
S.D	26.07
% C.V	7.62

Anexo 2: Peso vivo (kg) de los toretes utilizados con dióxido de titanio (TiO_2)

Animal	Peso Vivo (Kg)
4	249
6	262
8	359
9	439
10	382
13	397
14	249
X	333.86
S.D	79.12
% C.V	23.70

Anexo 3: Consumo de la materia seca del pasto total por el método agronómico

Valores	Consumo de pasturas	
	Pasto Camerún	Pasto Total
B 1 (Kg MS/ha)	3494.45	3908.27
B 2 (Kg MS/ha)	2063.23	2727.96
CT (Kg MS/ha)	1431.22	1180.31
Kg MS/d	178.90	147.54
Kg MS/d/a	12.78	10.54

B1: Biomasa pre-pastoreo, B2: Biomasa post pastoreo, CT: Consumo Total

Anexo 4: Composición botánica del potrero durante los días evaluados

Muestra / día	Pasto Camerún (%)	Pasto natural (%)	Leguminosa (%)	Maleza (%)
1	63.67	9.27	4.27	22.80
2	63.67	9.27	4.27	22.80
3	55.53	5.80	6.27	32.40
4	67.00	9.73	5.87	17.40
5	62.13	12.33	10.80	14.73
6	74.67	5.13	10.07	10.13
7	57.47	22.20	2.87	17.47
8	69.93	4.93	1.00	24.13
9	54.13	10.87	6.73	28.27
10	56.80	12.33	5,40	25.47
X	62.50	10.19	5.75	21.56
S.D	6.35	4.78	2.84	6.31
% C.V	10.70	49.44	52.07	30.87

Anexo 5: Composición de las fracciones del pasto Camerún

Muestra / día	Hoja	Tallo	Senescencia
1	39.08	36.84	24.09
2	39.74	37.24	23.03
3	31.61	43.32	25.07
4	38.52	46.68	14.80
5	37.37	37.25	25.39
6	32.88	41.93	25.19
7	30.53	42.63	26.84
8	29.17	40.51	30.31
9	24.20	38.40	37.41
10	20.05	43.13	36.82
X	32.31	40.79	26.89
S.D	6.29	3.13	6.31
% C.V	20.50	8.09	24.74

Anexo 6: Variación del porcentaje de la materia seca de las pasturas

	Nº Día	P. Total (%)	P. Camerún (%)	P. Natural (%)	Leguminosa (%)
%M.S	1	24	25	18	20
	2	25	25	27	20
	3	26	25	40	32
	4	28	28	27	20
	5	26	27	26	22
	6	28	27	40	25
	7	29	30	28	27
	8	26	26	36	0
	9	26	25	29	32
	10	31	29	39	31
X		27	27	31	23
S.D		1.96	1.80	7.24	9.45
%C.V		7.26	6.74	23.39	41.16

Anexo 7: Composición química del pasto Camerún *Echinocloa polystachya* (Kunth) Hitch durante el periodo de evaluación

MUESTRA	M.S (%)	MO (%)	CZ (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	EB (Kcal/kg)
1	25	87.37	12.63	12.75	65.61	34.58	3872.89
2	25	88.32	11.68	11.18	67.17	35.66	3876.53
3	25	87.87	12.13	10.14	67.86	35.89	3886.55
4	28	88.06	11.94	12.11	67.95	36.21	3941.90
5	27	87.98	12.02	10.59	68.61	36.45	3946.39
6	27	87.55	12.45	10.43	69.06	35.95	3896.58
7	30	87.52	12.48	10.45	67.98	36.19	3922.69
8	26	87.69	12.31	10.28	68.37	36.28	3918.03
9	25	87.11	12.89	10.14	68.54	36.74	3933.94
10	29	87.48	12.52	9.64	68.84	37.54	3895.87
X	27	87.70	12.31	10.77	68.00	36.15	3909.14
S.D	1.96	0.36	0.36	0.97	1.00	0.76	27.00

Anexo 8: Composición química en base seca del pasto total muestreados durante el experimento

MUESTRA	MS (%)	MO (%)	CZ (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	EB (Kcal/kg)
1	24	87.45	12.55	13.67	65.29	35.37	3893.44
2	20	88.44	11.56	12.13	69.44	37.20	3898.97
3	26	88.06	11.94	11.45	70.86	37.89	3918.98
4	26	88.21	11.79	11.98	68.96	36.69	3945.73
5	24	88.27	11.73	10.43	68.66	37.83	3955.79
6	26	87.79	12.21	9.64	70.50	39.73	3892.08
7	27	87.76	12.24	11.28	71.83	39.30	3948.44
8	25	87.72	12.28	10.44	70.69	37.61	3922.53
9	24	87.43	12.57	9.66	70.22	39.51	3938.66
10	28	87.54	12.46	9.28	73.37	40.36	3891.76
X	25	87.87	12.13	11.00	69.98	38.15	3920.64
S.D.	2.23	0.36	0.36	1.37	2.15	1.56	25.45

Anexo 9: Valores de excreción fecal, digestibilidad y consumo de materia seca por el método de oxido crómico (Cr_2O_3)

Marcador	Excreción Fecal MS (kg/d)	Digestibilidad	Consumo MS (kg)
Cromo	2.57	69.59	8.47
Cromo	3.60	69.00	11.61
Cromo	3.78	70.93	13.01
Cromo	2.98	70.07	9.96
Cromo	3.67	68.77	11.74
Cromo	2.94	68.37	9.28
Cromo	2.83	71.56	9.97
X	3.20	69.76	10.58
S. D	0.48	1.17	1.59
% C.V	14.94	1.68	15.05

Anexo 10: Valores de excreción fecal, digestibilidad y consumo de materia seca por el método dióxido de titanio (TiO_2)

Marcador	Excreción Fecal MS (kg/d)	Digestibilidad	Consumo MS (kg)
Titanio	2.75	67.65	8.35
Titanio	2.62	67.24	8.31
Titanio	2.75	68.50	8.28
Titanio	3.97	67.96	12.29
Titanio	3.10	67.07	9.75
Titanio	3.88	66.78	12.27
Titanio	2.10	68.87	6.72
X	3.02	67.72	9.42
S. D	0.68	0.77	2.14
% C.V	22.59	1.13	22.70