

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“DIGESTIBILIDAD APARENTE DEL PASTO ALEMÁN *Echinochloa polystachya* (KUNTH) HITCH UTILIZANDO MODELOS DE ESTIMACIÓN EN TORETES DE LA RAZA BRAHMAN BAJO CONDICIONES DE PASTOREO CONTINUO”**

**Tesis**

**Para Optar el Título de:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**DAYLITH NAYSHA JUAREZ SORIA**

**TINGO MARÍA - PERÚ**

**2018**




## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, se reunieron a las 06:00 p.m. del 05 de julio de 2018, para calificar la Tesis titulada "DIGESTIBILIDAD APARENTE DEL PASTO ALEMÁN *Echinochloa polystachya* (KUNTH) HITCH UTILIZANDO MODELOS DE ESTIMACIÓN EN TORETES DE LA RAZA BRAHMAN BAJO CONDICIONES DE PASTOREO CONTINUO" presentado por la Bachiller en Ciencias Pecuarias DAYLITH NAYSHA JUÁREZ SORIA.


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 capacitado 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, 09 de julio de 2018.

  
.....  
Ing. M. Sc. Eber Cárdenas Rivera  
Presidente

  
.....  
Ing. M. Sc. Miguel Ángel Pérez Olano  
Miembro

  
.....  
Ing. Walter Alberto Paredes Orellana  
Miembro

  
.....  
Ing. M. Sc. Medardo Antonio Díaz Céspedes  
Asesor

  
.....  
Ing. M. Sc. José Eduard Hernández Guevara  
Asesor

## DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi querida madre Rudy Soria Coronel, quien, gracias a su mayor deseo de mi superación, ha sido mi motivación más grande para concluir con éxito uno de mis mayores logros en la vida.

A mi querida familia, Antonia Penadillo Carmen, Marisol Huayaban Izquierdo, Kattia Leonardo Seclen y Moisés Soria Coronel, por su apoyo incondicional.

A mis amigos que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional: Laura Prudencio, Saraí Huaranga, Cristina Modesto, Francisca Pablo y Maribel Atanacio por haberme ayudado a realizar este trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por ser el alma mater de mi formación profesional.

A la facultad de Zootecnia, a todos los docentes por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales.

Al Ing. M.Sc. Medardo Diaz Céspedes por el apoyo incondicional para la elaboración y ejecución de mi tesis.

Al Ing. M. Sc. Eduard Hernández Guevara por su tiempo compartido y por su apoyo en el presente trabajo.

A los miembros del jurado; Ing. M.Sc. Eber Cárdenas Rivera, Ing. M.Sc. Miguel Pérez Olano y al Ing. M.Sc. Walter Alberto Paredes Orellana y en especial a los docentes Ing. M.Sc. Rafael Robles Rodríguez y MVZ. Valencia Chamba, Teodolfo.

A mis familiares y amigos por el apoyo moral en la elaboración del presente trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
2.1. Digestibilidad .....	5
2.1.1. Digestibilidad de nutrientes en el alimento .....	6
2.1.2. Factores que limitan la digestibilidad.....	7
2.2. Métodos utilizados en la digestibilidad .....	10
2.2.1. Método directo .....	10
2.2.2. Método indirecto .....	10
2.3. Pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch .....	15
2.3.1. Valor nutritivo de los pastos.....	16
2.3.2. Componentes nutritivos de los pastos.....	16
2.3.3. Composición química nutricional del pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch. ....	17
2.4. Trabajos de investigación en pasturas tropicales.....	18
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	21
3.1. Lugar y fecha de ejecución del experimento .....	21
3.2. Tipo de investigación.....	22
3.3. Instalaciones y materiales .....	22
3.3.1. Instalaciones.....	22
3.3.2. Materiales .....	23
3.4. Insumo en estudio .....	23
3.5. Alimentación.....	23
3.6. Animales experimentales .....	23
3.7. Variable independiente.....	23
3.9. Diseño y análisis estadístico .....	24
3.10. Variable dependiente .....	25
3.11. Metodología .....	25

3.11.1. Toma de muestras del pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch, por el método de muestreo sistemático destructivo. ....	26
3.11.2. Toma de muestras fecales .....	27
3.11.3. Analisis de laboratorio .....	27
3.11.4. Digestibilidad .....	28
3.11.5. Coeficiente de digestibilidad y nutrientes digestibles aparentes del pasto alemán. ....	30
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	31
4.1. Composición química del pasto alemán y pasto total.....	31
4.2. Composición química de las heces .....	32
4.3. Digestibilidad aparente del pasto alemán.....	33
4.4. Coeficientes digestibles del pasto alemán y pasto total .....	33
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	35
5.1. Composición química del pasto alemán y del pasto total.....	35
5.2. Composición química de las heces .....	38
5.3. Digestibilidad aparente del pasto alemán.....	39
5.4. Coeficientes digestibles del pasto alemán y del pasto total .....	41
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	44
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	45
<b>VIII. ABSTRACT</b> .....	46
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	47
<b>X. ANEXO</b> .....	60

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición química en base seca del pasto <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch y pasto total .....	31
2. Composición química de heces en base seca de los toretes de la raza Brahman sometidos a condiciones de pastoreo continuo con pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch durante la época seca (n = 7, promedios ± desviación estándar).....	32
3. Digestibilidad aparente de la materia orgánica del pasto <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch con tres modelos de estimación en toretes de la raza Brahman (n = 7, promedio ± desviación estándar).....	33
4. Coeficiente de digestibilidad aparente y nutrientes digestibles del pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch y pasto total (pasto. alemán + pasto natural + leguminosa) .....	34

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Peso vivo (Kg) de los toretes utilizados en el estudio.....	61
2. Componentes del pasto total expresado en porcentaje durante los 10 días de muestreo.....	61
3. Composición química en base seca del pasto total (pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch + pasto natural + leguminosa) muestreados durante el experimento.....	62
4. Composición química a base seca del pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch durante el experimento.....	63
5. Composición química de heces de los toretes en estudio, expresado en base seca.....	64
6. Nutrientes fecales y digestibilidad aparente por estimación fecal de la materia orgánica (DAEFMO) del pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch mediante diferentes modelos de estimación.....	65
7. Consumo estimado del pasto alemán ( <i>Echinochloa polystachya</i> , Hitch) a partir de la producción de heces en materia seca (MS) y materia orgánica (M.O) de toretes de la raza Brahman, durante la época seca.....	66
8. Porcentaje de Nutrientes excretados a partir del consumo estimado del pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch.....	66
9. Digestibilidad aparente <i>in vitro</i> del pasto total (pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch + pasto natural + leguminosa) durante el experimento.....	67



10. Proporción del consumo del pasto en relación con la composición botánica (hoja, tallo y senescencia).....	67
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue estimar la digestibilidad aparente de la materia orgánica del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch en toretes de la raza Brahman bajo condiciones de pastoreo continuo, utilizando tres modelos de estimación durante la época seca en la provincia de Leoncio Prado. Para ello se utilizó siete toretes con un peso promedio de 334 kg y un potrero de 1.5 hectáreas. Los modelos de estimación están basados en el uso de la excreción de los nutrientes fecales (fibra detergente acida fecal, proteína cruda fecal y nitrógeno fecal). El muestreo del pasto se realizó durante 10 días utilizando el método destructivo de corte y separación manual, usando la técnica de zigzag y puntos de corte; las muestras de heces fueron colectadas mediante el método del marcador externo (dióxido de titanio) y la técnica de colecta parcial de heces durante 9 días e individualmente de cada torete. En la pastura y heces, se determinó el contenido de materia seca, ceniza, proteína cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente acida y energía bruta. Los resultados de la estimación de digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán muestran que existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tres modelos de estimación propuestos por COMERON y PEYRAUD (1993) que fue de 72.03 %, KOZLOSKY *et al.* (2012) 71.32 % y LUCAS *et al.* (2005) 67.90 %. Concluyéndose que el modelo propuesto por LUCAS *et al.* (2005) presentó mejor estimación de digestibilidad aparente de la materia orgánica del pasto alemán.

Palabras claves: *Echinochloa polystachya*, digestibilidad, modelos de estimación.

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú tiene una gran riqueza de pasturas por lo que su explotación es usada fundamentalmente como fuente de alimentación en la dieta del ganado bovino y en general de todos los animales poligástricos, siendo uno de los alimentos básicos y más económicos (LOPEZ, 2010), ya que el potencial productivo de un animal solo es capaz de expresarse en la medida de que sus requerimientos nutricionales se encuentren cubiertos y en el alimento exista una alta disponibilidad de nutrientes (LACHMANN, 2009).

La digestibilidad es la capacidad que tiene un animal de asimilar un determinado nutriente (AYANZ, 2006), los ensayos de digestibilidad permiten examinar la proporción de nutrientes disponibles para la absorción en el organismo de los animales (RODRIGUEZ, 2007). Es medida por métodos tradicionales como *in vitro* e *in situ*, esta última; a través de la colección total de heces, es un proceso que presenta dificultades de manejo con rumiantes, por lo que existe también la técnica que utiliza marcadores mediante la colección parcial de heces (LACHMANN *et al.*, 2009).

Estudios realizados utilizando marcadores han permitido establecer ecuaciones a través de las cuales se puede estimar valores de digestibilidad

aparente dentro de ellos los realizados por COMERON y PEYRAUD (1993) que propuso la ecuación de estimación basada en el contenido de fibra detergente acida (FDA) y nitrógeno en las excretas, KOZLOSKY *et al.* (2012) basada en nitrógeno fecal de la materia orgánica y LUCAS *et al.* (2005) basado en la proteína cruda fecal (PCf), de esa manera facilitando el manejo con los animales y disminuyendo tiempo en la investigación.

En tal sentido se plantea la presente investigación con el propósito de determinar ¿Cuánto será la digestibilidad aparente de la materia orgánica del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch utilizando modelos de estimación de COMERON y PEYRAUD (1993), KOZLOSKY *et al.* (2012) y LUCAS *et al.* (2005) en toretes de la raza Brahman bajo condiciones de pastoreo continuo durante la época seca en la provincia de Leoncio Prado?

Para esta interrogante se ha planteado la siguiente hipótesis: la digestibilidad aparente tendrá una mejor estimación determinada con la ecuación propuesta por COMERON y PEYRAUD (1993) debido a que la ecuación considera para la estimación de digestibilidad aparente además del nitrógeno fecal (Nf) los valores de fibra detergente acida (FDA) los mismos que no son digeribles en el organismo del animal.

### Objetivo general

- Estimar la digestibilidad aparente de la materia orgánica del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch utilizando modelos de estimación propuestos por COMERON y PEYRAUD (1993), KOZLOSKY *et al.* (2012) y LUCAS *et al.* (2005) en toretes de la raza Brahman bajo condiciones de pastoreo continuo durante la época seca en la provincia de Leoncio Prado

### Objetivos específicos

- Determinar la composición química en base seca: la materia orgánica (M.O.), ceniza (Cz), proteína cruda (P.C.), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA) y energía bruta (EB) del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch sometido a pastoreo continuo durante la época seca en la provincia de Leoncio Prado.
- Determinar el contenido de nutrientes fecales: materia orgánica (MO), proteína cruda fecal (PCf), nitrógeno total fecal, (NTf), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA) y energía bruta (EB) de las heces de los toretes de la raza Brahman, sometidos a condiciones de pastoreo continuo con pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch, durante la época seca en la provincia de Leoncio Prado.

- Estimar la digestibilidad aparente de la materia orgánica a partir de tres modelos de estimación que utilizan nutrientes fecales del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch; en toretes de la raza Brahman sometidos a condiciones de pastoreo continuo, durante la época seca en la provincia de Leoncio Prado.
  
- Determinar el coeficiente de digestibilidad aparente y nutrientes digestibles aparente del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch en toretes de la raza Brahman sometidos a condiciones de pastoreo continuo, durante la época seca en la provincia de Leoncio Prado.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Digestibilidad

La digestibilidad, es una medida de cantidad de la materia seca consumida que se degrada, digiere y absorbe a lo largo del tracto digestivo (GONDA, 2002), es estimada a partir del alimento ingerido menos el alimento excretado y la excreción endógena siendo dividida entre el alimento ingerido. La proporción del alimento que desaparece durante su paso a través del tracto digestivo es el valor nutritivo de un alimento que el animal lo transforma en producto (TOBAL, 2012)

Conocer el valor nutricional disponible en el alimento mediante el análisis químico en su máxima precisión posible (FLORES, 2003) no es suficiente para la nutrición animal ya que el proceso de digestión, absorción y metabolismo animal causan diferentes efectos (BONDI, 1989), sin embargo, MERCHEN (1993) menciona que la digestibilidad depende mucho de la composición nutritiva del alimento en estudio, que a su vez es afectada por el hecho de que las heces contienen cantidades importantes de material de origen no dietético.

El origen no dietético es el material de origen endógeno y microbiano presentes en el organismo del animal, por lo que la digestibilidad estimada a través de los diversos métodos existentes se denomina digestibilidad aparente

(GONDA, 2002) porque es difícil cuantificar con exactitud la cantidad de origen endógeno de un determinado elemento presente en las heces, lo que ocasiona la subestimación de la digestibilidad verdadera (LACHMANN, 2009).

Las pruebas de digestibilidad aparente permiten estimar la proporción de nutrientes presentes en una ración que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo quedando disponibles para el animal (CHURCH y POND, 1994) siendo el proceso digestivo diferente entre los poligástricos o rumiantes y los monogástricos (FAO, 1997).

#### 2.1.1. Digestibilidad de nutrientes en el alimento

Los nutrientes finales de la digestión de los hidratos de carbono son básicamente ácidos grasos volátiles en los rumiantes cuya función es ser el suministro de energía, aunque también intervienen en la síntesis de otros compuestos, tales como la lactosa en la leche (McDONALD y MORGAN, 1995).

La digestión de las proteínas en el organismo de los rumiantes procede en parte de los alimentos y en parte de los microorganismos que se encuentran en su tracto digestivo que finalmente llegan a ser aminoácidos y la digestión de la grasa proporciona a los animales monoglicéridos, ácidos grasos y glicerina, cuyo destino principal será proporcionar energía al animal (BONDI, 1989).

Para cuantificar el nutriente digestible, se calcula como diferencia entre nutriente ingerido por el animal y nutriente excretado en las heces durante un período determinado de alimentación, y se expresa normalmente en porcentaje (coeficiente de digestibilidad), por lo que la valoración nutritiva del



alimento para el ganado más ajustada a la realidad será su contenido en nutrientes digestibles (INIA- CIID, 1996).

#### 2.1.2. Factores que limitan la digestibilidad

**Contenido de fibra**, son componentes dietarios derivados de plantas que no pueden ser digeridos por los sistemas enzimáticos de los mamíferos (MOORE y HATFIELD,1994). En los rumiantes, la porción soluble en el contenido celular (materia orgánica y fibra detergente neutra) son casi completamente digeribles, la degradabilidad de la fibra detergente neutra es muy variable, principalmente debido a diferencias en composición y estructura.

La limitada disponibilidad de la energía en forrajes es resultante de lo mencionado anteriormente (BUXTON y REDFEARN, 1997), en los rumiantes; en muchos casos, más del 50% de la fibra dietaria pasa a través del tracto digestivo sin ser degradada (CHERNEY *et al.*,1991) por el alto contenido de lignina que se encuentra altamente relacionado con la fibra en el pasto lo que hace que la digestibilidad de los alimentos disminuye a medida que aumente el porcentaje de fibra en el pasto (TOBAL, 2012).

**Consumo voluntario en pastoreo**, el potencial de los recursos forrajeros para la producción de leche o de carne depende de su digestibilidad y del consumo voluntario de estos forrajes por los rumiantes (BRUINENBERG *et al.*, 2000). El consumo voluntario de los forrajes depende del tiempo de retención en el rumen, el cual está afectado por factores físicos y metabólicos (ROMNEY y GILL, 2000).

**Preparación del alimento**, el molido, rotura o troceado de los granos aumentan su digestibilidad, el granulado ha demostrado que produce un descenso en la digestibilidad de los forrajes, aunque aumenta significativamente el consumo de estos. El macerado o tratamiento con vapor mejora la utilización de los hidratos de carbono de los granos; esta información acerca de su importancia es muy escasa, aunque los pocos ejemplos mencionados indican que puede ejercer un efecto muy importante sobre la digestibilidad (TOBAL, 2012).

**Adaptación de las modificaciones de la ración**, los rumiantes no se desarrollan bien si se les administra dietas muy variables, ya que producen diversas variaciones en la población microbiana del rumen que requieren un determinado tiempo para ajustarse el nuevo alimento, por lo que la digestibilidad disminuye hasta que ocurra tal adaptación (TOBAL, 2012).

**Preferencia del forraje por el animal**, 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).

Debido a que la proteína tiene una gran influencia sobre la calidad nutricional, digestibilidad y consumo de forraje; los animales tienen preferencia por la hojas y tallos jóvenes, que tienen altos niveles de proteína, en vez de material viejo o muerto (RAMÍREZ, 1997).

Así mismo ASH y SCHLINK (1992), manifiesta que la eficiencia de la digestión forrajera es más alta en bovinos que en ovinos en dietas de baja calidad bajo diferentes sistemas de alimentación (restringido y ad libitum) y es inverso cuando las dietas son de alta calidad, esta relación no es consistente con otros estudios donde indican que el ganado es más eficiente en la digestión de forrajes de toda calidad, esto es explicado por el nivel de alimentación suministrado, ya que los niveles de alimento restringido las ovejas digieren mejor que el ganado con pasturas de alta calidad nutritiva, pero, en modo ad libitum es inverso (PRIGGE *et al.*, 1984).

**Efecto del medio ambiente sobre la calidad del forraje**, la temperatura tiene una gran influencia en la calidad del forraje más que otros factores ambientales encontrados en las plantas. La temperatura de la planta es el resultado de interacciones complejas entre la planta y su medio ambiente y es influenciada por el flujo de la densidad de radiación, calor de conducción, calor de convección, calor latente y también, las características anatómicas y morfológicas para su calidad nutritiva (BERNAL, 1991).

La influencia del clima de origen de la pastura en la digestibilidad aparente es significativa, las pasturas de clima frío son más digestibles porque estos tienen un menor crecimiento y por consiguiente un envejecimiento más

lento, manteniendo su calidad nutritiva por más tiempo, CHACON y VARGAS (2009).

## 2.2. Métodos utilizados en la digestibilidad

Los métodos de evaluación de forrajes tienen como objetivo la determinación del valor nutricional que está determinado por la biodisponibilidad de nutrientes y la dinámica de los procesos en el tracto gastrointestinal (ARCE *et al.*, 2003).

### 2.2.1. Método directo

**Método *in vivo***, este método denominado también como digestibilidad aparente, está determinada por la recolección total de heces, se caracteriza por el uso de animales en sus respectivas jaulas de digestibilidad (SANCHEZ *et al.*, 1998) las mismas que tienen como objetivo disminuir el movimiento del animal o bolsas colectoras que permiten la recolección total de las heces (FORTES *et al.*, 2010).

### 2.2.2. Método indirecto

**Método *in situ***, este método es alternativo, bajo las mismas condiciones *in vivo* a través del uso de la bolsa de nylon, permite el estudio de la evolución de la degradabilidad en función del tiempo de permanencia del alimento en el rumen y medir efectos de diferentes factores ruminales sobre la digestibilidad de los distintos nutrientes (TOBAL, 2012).

**Método *in vitro***, el método *in vitro* se desarrolla a 39° C, simulando las condiciones del tracto digestivo del animal, donde se incuba el material de estudio con fluido ruminal fresco, recolectado del rumen de animales canulados. Este método determina la digestibilidad y degradación del material por parte de los microorganismos presentes en el fluido ruminal (SANCHEZ *et al.*, 1998) permitiendo a la vez integrar modelos matemáticos con un alto grado de precisión a la digestibilidad *in vivo* (FRANCE *et al.*, 2000).

**Método por marcadores**, los marcadores son compuestos de referencia usados para monitorear aspectos físicos y químicos, haciendo estimaciones cuantitativas o cualitativas de la fisiología nutricional (KOTB y LUCKEY, 1972), así mismo; permite calcular la cantidad ingerida y excretada en un animal con pequeñas muestras de heces, midiendo la concentración del marcador en las heces (TOBAL, 2012).

Un marcador para poder ser validado debe ser comparado con un patrón, en el caso de la digestibilidad aparente, este patrón es la recolección total de heces (RODRIGUEZ, 2007), esta sustancia debe considerarse indigestible e inerte, normalmente de fácil determinación, pudiendo ser administrados en el alimento o directamente en algún segmento del aparato digestivo, siendo posteriormente identificado y cuantificado en las heces (FERREIRA *et al.*, 2017).

La metodología con marcadores ha sido ampliamente estudiada para ensayos de digestibilidad, que puede ser determinada con la colecta parcial de heces, tanto para animales en confinamiento como para animales a pastoreo (FAHEY y JUNG, 1983; POND *et al.*, 1989; LASCANO *et al.*, 1990 y VAN

SOEST, 1994), en ciertas ocasiones existe la desventaja de la recuperación incompleta en las heces, variación en la tasa del pasaje por el rumen y la poca cantidad de muestreo (RODRIGUEZ, 2007), pero con la ventaja de ser menos laborioso y no requiere de la medición del consumo del alimento a evaluar y su excreción fecal (VAN KEULEN y YOUNG, 1977; BONDI, 1989; VAN SOEST, 1994).

Los marcadores han sido clasificados bajo diversos criterios (KOTB y LUCKEY, 1972) siendo su naturaleza el más común, regularmente divididos en internos y externos (POND *et al.*, 1989; LASCANO *et al.*, 1990; BASURTO y TEJADA, 1992; MERCHEN, 1993; CHURCH y POND, 1994). Adicionalmente, VAN SOEST (1994) incluye una tercera categoría, los generados matemáticamente (como el nitrógeno fecal).

### **Clasificación de 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).

- **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 (HUHTANEN *et al.*, 1994) y que al igual que los internos no son digeridos ni absorbidos (POND *et al.*, 1989; OWENS y HANSON, 1992; VAN SOEST, 1994).

### **Digestibilidad aparente mediante modelos de estimación**

COMERON y PEYRAUD (1993), demostraron mediante esta ecuación  $0.78 + 0.0334Nf - 0.0038 FDAf$ , con un  $R^2 = 0.89$ , que se puede predecir la digestibilidad de materia orgánica de pastos de clima templado mediante la concentración de nitrógeno fecal y fibra detergente acida en vacunos de leche, sin embargo, las ecuaciones de regresión son tanto lineales como cuadráticas y las pendientes de las ecuaciones son altamente variables; por lo que recomienda utilizar las ecuaciones para cada especie vegetal, sitio geográfico e incluso para cada corte, de esa manera disminuir el error estándar.

LUCAS *et al.* (2005), indican que la inclusión de la proteína cruda no dietaria en la excreción total de proteína cruda fecal podría afectar negativamente la precisión de la relación entre la concentración de proteína cruda de la materia orgánica en las heces con la digestibilidad, STROZINSKI y CHANDLER (1972) y GFE (2001) mencionan que la relación entre la concentración de proteína cruda fecal de la materia orgánica y la digestibilidad de la materia orgánica dietaria se basa en la disminución de cantidad de materia orgánica digestible con el aumento de la proteína cruda microbiana y otros factores como proteína cruda no dietaria (tejido epitelial endógeno) que se asume ser constante por unidad de materia seca ingerida.

La variación de proteína cruda microbiana se debe a la cantidad suministrada de energía por unidad de materia orgánica digerida, la eficiencia de síntesis microbiana y el grado de fermentación en el colon, sin embargo, la

proteína cruda endógena en la materia orgánica fecal está relacionada con la digestibilidad de la materia orgánica dietaria por dilución de cantidades crecientes de la materia orgánica fecal (HERRERA *et al.*, (1990) y BLANK *et al.*, (1998)

Para reemplazar la proteína no dietaria LUCAS *et al.* (2005) usó la proteína cruda soluble en detergente ácido como una variable más sensible para la estimación de la digestibilidad de la materia orgánica, realizando dicha investigación en vacunos de leche y con pasturas tropicales.

Sin embargo, al reemplazar la proteína cruda fecal no dietaria con proteína cruda soluble en detergente ácido (PCSDA) que representa a la proteína cruda no dietética, no mejoró la relación entre la concentración de la proteína cruda fecal y la digestibilidad de la materia orgánica, llegando a la conclusión de que es posible utilizar la relación de proteína cruda en la heces en la determinación de la digestibilidad de la dieta como un método indirecto, encontrando el mejor ajuste con la relación curvilínea  $y = a_1 - 107.7e^{(-0.01515 * PCf)}$ , con un  $a_1 = 79.76$  y un  $a_2 = 72.86$ ; con un  $R^2 = 0.82$  y recomendó desarrollar nuevos trabajos de investigación para aumentar la precisión de la ecuación de predicción.

KOZLOSKY *et al.* (2012), mencionan que las ecuaciones lineales son adecuadas para estimar la ingesta de materia orgánica por los animales, alimentados solo con forraje o forraje más suplementos, utilizando el nitrógeno fecal para estimar la digestibilidad de la materia orgánica y basándose en la primera investigación realizada por LANCASTER (1949) quien fue el primero en establecer la relación de la digestibilidad de la materia orgánica y el contenido



de nitrógeno en las heces que fue desarrollada para el uso en animales al pastoreo obteniendo que las relaciones hiperbólicas o exponenciales eran más consistentes que las lineales.

La investigación realizada por KOZLOSKY *et al.* (2012) fue desarrollada en corderos castrados alimentados con pasturas de clima tropical (gramínea sola y gramínea con leguminosa) determinando la cantidad de nitrógeno excretada en las heces, generando la ecuación general  $DMO = 0.83 - 0.38/N_f$  con un  $R^2 = 0.39$ , siendo positiva y significativa para todos los tipos de dietas con excepción de la dieta que incluyó leguminosa tropical donde la relación fue negativa, sin embargo, encontró que el uso de nitrógeno fecal permite estimaciones de digestibilidad de materia orgánica con una precisión similar a varios ensayos.

Estas ecuaciones tienen como ventaja, disminuir el manejo, mano de obra y el estrés causado al animal en el trabajo experimental. Teniendo también una desventaja ya que cada ecuación tiene un margen de error (GUERIN *et al.*, 1989).

### 2.3. Pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch

El pasto alemán, originario del África y Brasil (HARVARD, 1969), es una gramínea perenne decumbente, macolladora con estolones largos y de consistencia suave; hojas largas y angostas. Este pasto puede considerarse de doble propósito, para pastoreo y de corte, permitiendo el ensilaje, de buen

aspecto y palatabilidad para los animales (PITTIER, 1939; RÍOS y MELÉNDEZ, 1973).

MAYNARD (1981) sostiene que la maduración es más rápida en forrajes de climas tropicales, que tienden a ser de más baja calidad a diferencia de climas templados, siendo más alto en el contenido de lignina y sílice en las paredes celulares. COMBELLAS y GONZALES, (1973) menciona que, el pasto alemán con cortes de 41, 48, 55 y 62 días, los valores nutritivos son buenos, con resultados relativamente altos para la digestibilidad de la materia seca.

#### 2.3.1. Valor nutritivo de los pastos

El valor nutritivo de un forraje es resultante de factores como la composición química, digestibilidad, factores ambientales, factores propios del animal, la interacción entre las pasturas, el animal y el ambiente; en condiciones de pastoreo las pasturas deben aportar todos los nutrientes que el animal necesita, ya que constituyen el principal recurso de alimentación (BRUINENBERG *et al.*, 2000).

#### 2.3.2. Componentes nutritivos de los pastos

La composición nutricional de los pastos es comúnmente expresada como porcentaje de materia seca, en lugar de porcentaje de pasto fresco, porque la cantidad de agua es muy variable y el valor nutritivo es fácilmente comparado cuando se expresa en base a materia seca y la concentración de nutriente en el alimento puede ser directamente comparada a la concentración requerida por el animal (INATEC, 2016).

El porcentaje de ceniza al ser restado del total del contenido de materia seca se obtiene el valor de materia orgánica que comprende los nutrientes (proteína cruda, fibra bruta, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno o carbohidratos solubles) que se fraccionan dentro del metabolismo para ser utilizado en el organismo para obtener energía y de esta manera ser aprovechado por el animal (BERNAL, 1991).

### 2.3.3. Composición química nutricional del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch.

El contenido nutricional del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch, al 100% de materia seca, de ceniza, fibra cruda, proteína y la energía digestible para vacunos es 11.50 %, 35.60 %, 8.30 % y 2320.00 kcal/kg respectivamente (McDOWELL *et al*, 1974).

CROWDER (1960) menciona que el contenido de proteína del pasto alemán a los 40 días es alrededor de 10 a 13 % y disminuyendo a medida que avanza en edad, la producción anual varía entre 8 - 12 toneladas de materia seca/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, lo que se respalda con las afirmaciones de CROWDER y GHHEDA (1982). Esto se refleja en aumento de los componentes de la pared celular (fibra detergente neutro y fibra detergente acida) y reducción de los contenidos celulares (proteína cruda y extracto etéreo) (RAMIREZ *et al.*, 2008).

#### 2.4. Trabajos de investigación en pasturas tropicales

MINSON y McLEOD (1978), al estudiar 70 pastos tropicales y 165 de climas templados a las 7 semanas encontró una digestibilidad de la materia seca superior al 60% para pastos tropicales, 75% para pastos de climas templados, esta menor digestibilidad es explicada en parte por su mayor contenido en fibra.

CHACÓN y VARGAS (2009), en un estudio de digestibilidad y calidad de pasto del *Pennisetum purpureum* a tres edades de rebrote en vacunos de la raza Jersey fistulados en el rumen, obtuvieron resultados de digestibilidad de la materia seca *in vitro* de 58.65 %, 55.91 % y 51.99 % y la degradabilidad ruminal de 79.24 %, 67.85 % y 61.11 % en edades de 60, 75 y 90 días respectivamente, llegando a la conclusión que la calidad y degradabilidad ruminal del pasto disminuye a medida que la edad de la pastura aumenta, siendo la edad optima de corte a los 60 – 75 días ya que ésta presenta el mejor perfil nutricional de todas las analizadas.

En un trabajo de rendimiento, caracterización química y digestibilidad del pasto (*Brachiaria decumbens*) en vacunos realizado por VEGA *et al.* (2006) se midieron las edades de rebrote de 30,45,60 y 75 días de edad en época seca y lluviosa. Los resultados mostraron que la proteína y la digestibilidad aparente de la materia seca fueron mayores en la época seca, con respecto a la lluviosa, con 8.37%, 62.60 % (época seca) y de 7.89 %, 57.20 % (época de lluvia), donde al analizar la edad de rebrote, el contenido nutricional

fue disminuyendo con el aumento de la madurez de la planta, a excepción de la fibra, el rendimiento de la planta se vio afectado por la época del año.

VILLACORTA (1981), en un trabajo con ovinos en jaulas metabólicas encontró la digestibilidad aparente del pasto de 48 % y la digestibilidad aparente para la proteína 73.59 %; grasa 58.38 % y fibra 59.01 % en base de cien por ciento de materia seca para el pasto *Colopogonium Mucunoides*. Así mismo, SEIJAS (1981), halló los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes del pasto Camerún (*Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch), los cuales fueron evaluados en ovinos estabulados, obteniéndose los siguientes parámetros de digestibilidad aparente de la proteína cruda 53.57%; grasa total 36.86%; fibra cruda 63.45% y nifex 47.99%, respectivamente, expresados en base de cien por ciento de materia seca.

En una investigación realizada en digestibilidad aparente, energía digestible y metabolizable del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) (Kunth) Hitch), King grass (*Saccharum sinense*) y Maralfalfa (*Penninsetum* sp) en cuyes (*Cavia porcellus*) por PAZ (2012), determinó los nutrientes digestibles hallados para los tres pastos los cuales fueron materia seca digestible (70.92; 69.42 y 68.56 %), proteína cruda digestible (9.13; 7.18 y 3.62 %) y fibra cruda digestible (25.27; 24.88 y 24.24 %).

Los coeficientes digestibles de los tres pastos evaluados para materia seca fueron de 75,31; 72,72 y 72,48 %, proteína cruda de 74.01; 71.30 y 72.48 % y de fibra cruda 76.62; 75.96 y 75.20 % respectivamente. La energía digestible aparente hallada para los tres pastos fue de 2897.04; 2689.71 y

2957.30 kcal/kg, la energía metabolizable aparente encontrada de 2851.01; 2663.88 y 2917.04 kcal/kg, respectivamente.

COMBELLAS Y GONZALEZ (1973), reportan valores más altos de digestibilidad aparente de la materia seca del pasto alemán, de 63.0, 62.2, 59.1, 60.5% y para la materia verde de 68.4, 57.3, 63.7, 66.0%, para las frecuencias de corte a los 41, 48, 55 y 62 días, respectivamente.

MONSALVE (1978), encontró la mayor producción de Pasto Alemán en los cortes cada 60 días, pero su calidad nutricional disminuyó con el incremento de la edad de corte del pasto; los resultados permiten deducir que, para cosechar sin perder notoriamente cantidad y calidad del pasto alemán, la frecuencia de corte debe estar comprendida entre los 35 y 49 días.

MANRIQUE (1993) en estudios realizados en la evaluación del pasto alemán cultivado en suelo arcilloso bajo cuatro frecuencias de corte a los 21, 35, 49 y 63 días, presentando diferencias altamente significativas en materia seca (15.9, 23.1, 32.0 y 31.8 %), proteína bruta (13.0, 9.5, 7.1 Y 5.2%), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (61.8, 58.9, 56.6 Y 54.6%) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (64.8, 61.3, 58.5 Y 57.7%).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar y fecha de ejecución del experimento**

El presente trabajo de investigación se realizó en dos etapas, la primera etapa se desarrolló en las instalaciones Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexos La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALDS) perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) ubicada en el distrito José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, zona con características del ecosistema de Selva Alta de la región Huánuco, considerada como bosque muy húmedo-premontano tropical (bmh-PT). Presenta una altitud de 540 msnm. La temperatura promedio anual es de 23.8 °C, siendo la mínima 18.6 °C y 30.9 °C la máxima, respectivamente, mientras que la precipitación pluvial anual varía entre 2193 a 3760 mm (SENAMHI, 2017).

La segunda etapa comprendió el análisis químico nutricional, el cual fue realizado en tres laboratorios. El contenido de materia seca (MS), proteína bruta (PB) y ceniza (Cz), fue realizado en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) situado en la ciudad de Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

El análisis del contenido de Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Acida (FDA), se analizó en el Laboratorio de Fibras; la energía bruta (EB), fue analizado en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA), ambos pertenecientes a la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM – LIMA).

El presente trabajo se desarrolló entre los meses de agosto, setiembre y octubre del 2017.

### 3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo corresponde a una investigación experimental.

### 3.3. Instalaciones y materiales

#### 3.3.1. Instalaciones

Se utilizó un potrero de 1.5 hectáreas de terreno con establecimiento de pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch cuya proporción era de 80.84 % (Anexo 2) del total de la pastura en el potrero, en menor proporción una mezcla de pasturas entre gramíneas y leguminosas, que se encuentra establecida aproximadamente hace 15 años, cercado con postes de madera, alambres de púa y grapas de acero con una pendiente de 3%. Así mismo, 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.



### 3.3.2. Materiales

Se utilizaron narceras, sogas, arete, lanza bolos, marcador, baldes, envases herméticos, guantes de palpación, tijera podadora, plástico, costales, cuaderno de campo, lapiceros y cámara fotográfica.

### 3.4. Insumo en estudio

El pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch con edad de 40 días al inicio y 49 días al final de la investigación, que predominaba en el potrero de investigación del Centro de Investigación y Producción Tulumayo.

### 3.5. Alimentación

Los animales fueron alimentados a través de un sistema de pastoreo extensivo continuo durante 10 días en el potrero donde se llevó a cabo la investigación.

### 3.6. Animales experimentales

Se utilizaron 7 toretes de la raza Brahman, con un peso promedio de  $334 \pm 79$  kg de peso vivo, procedentes del Centro de Investigación y Producción Tulumayo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS); estos recibieron condiciones de manejo homogéneo de adaptación, desparasitación y aplicación de vitaminas antes de las labores experimentales.

### 3.7. Variable independiente

El pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch.

### 3.8. Tratamientos

Fueron 3 tratamientos experimentales, cada uno con 7 repeticiones y un animal por unidad experimental, cada tratamiento corresponde a la estimación de la digestibilidad aparente de la materia orgánica según el modelo de estimación utilizada.

T<sub>1</sub> = Modelo de estimación propuesto por COMERON Y PEYRAUD (1993).

T<sub>2</sub> = Modelo de estimación propuesto por KOZLOSKY *et al.* (2012).

T<sub>3</sub> = Modelo de estimación propuesto por LUCAS *et al.* (2005).

### 3.9. Diseño y análisis estadístico

Los datos analizados no cumplían con los supuestos de los análisis de varianza paramétrico (test de normalidad y homocedasticidad) por lo que se realizó el test de Kruskal – Wallis, cuyo modelo es el que se muestra a continuación.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum \frac{\sum Rc^2}{ni} - 3(n+1)$$

Donde:

H = Valor estadístico de la prueba de Kruskal – Wallis

N = Tamaño total de la muestra

Rc<sup>2</sup> = Sumatoria de los rangos elevados al cuadrado

ni = Tamaño de la muestra de cada tratamiento

Para el cálculo de las diferencias significativas medias entre los tratamientos se utilizó la prueba de Dunn ( $\alpha = 0.05$ ).

### 3.10. Variable dependiente

- Composición química del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch: materia orgánica (M.O.), ceniza (Cz), proteína cruda (P.C.), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA) y energía bruta (EB).
- Contenido de nutrientes fecales: materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), nitrógeno total (NT), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA) y energía bruta (EB) en las heces de los toretes de la raza Brahman.
- Digestibilidad aparente de la materia orgánica del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch.
- Coeficiente de digestibilidad aparente y nutrientes digestibles del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch.

### 3.11. Metodología

La investigación consistió en dos fases.

**Fase pre - experimental:** (1 – 5 días) que comprendió la adaptación de los animales en el corral de manejo, evitando el cambio brusco y estrés.

**Fase experimental:** (5 – 12 días) esta fase comprendió la ingesta de las capsulas de gelatina conteniendo 25 g del marcador de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) y al mismo tiempo se realizó la extracción de 100 g de muestra fecal por la técnica de colecta parcial y fueron colocados en su respectivo envase hermético.

3.11.1. Toma de muestras del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch, por el método de muestreo sistemático destructivo.

Conocido también como método de corte y separación manual por especies y partes (ASMR, 1962) y usando la técnica de zigzag y puntos de corte o núcleos (MELGAREJO, 2017), por lo cual se utilizó un cuadrante metálico de 1 m x 1 m (HARGREAVERS Y KERR, 1992, MENDOZA Y LASCANO, 1986). Las muestras fueron cortadas pre-pastoreo, durante el pastoreo y post-pastoreo a 5 cm de la superficie del suelo, utilizando para ello una tijera podadora de forraje a intervalos de 20 metros sobre los transeptos generados sistemáticamente con la técnica de zigzag, evitando la contaminación de las mismas con partículas de suelo, obteniendo de tal manera 10 muestras por hectárea.

Antes del corte se excluyeron del cuadrante todas las plantas que no quedaron dentro del cuadro y se metieron todas aquellas que su base si quedaron dentro del cuadrante (todo fuera, todo dentro). Posteriormente las 10 muestras por día fueron juntadas y mezcladas en una muestra compuesta, del cual se tomaron 2 submuestras de 1 kg, una de ellas que fue separada se la maleza y la otra submuestra que fue separada en pasto alemán (hoja, tallo y

senescente), pasto natural y leguminosa, para luego ser pesados y colocados en una bolsa de papel, rotulados y secados en una estufa de aire circulante a 60 °C/48 horas.

### 3.11.2. Toma de muestras fecales

La obtención de las muestras fecales se realizó por el método de colección parcial de cada unidad experimental, se recolecto muestras de 100 g aproximadamente, durante los 7 días de la fase experimental, colocándolos en un envase hermético rotulado.

### 3.11.3. Analisis de laboratorio

**Composición química (materia seca, ceniza y proteína cruda) y energía bruta del pasto y las heces**, las muestras de forraje y heces 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 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 min en una autoclave a 110 °C y 0,5 atm, como se describe por SENGER *et al.* (2008).

#### 3.11.4. Digestibilidad

La digestibilidad aparente basada en la concentración de nutrientes fecales fue estimada por medio de la cuantificación de la concentración de nutrientes en el contenido fecal, para ello se utilizaron modelos de estimación.

- Modelo de estimación basada en la concentración de proteína cruda fecal

propuesto por LUCAS *et al.* (2005):

$$DMO = 72.86 - 107.7 \times e^{(-0.01515 \times \frac{Pcf [g/kg MO]}{100})}$$

Donde:

DMO = Digestibilidad de la materia orgánica.

PCf = contenido de proteína cruda en la materia orgánica fecal.

- Modelo de estimación basada en la concentración de nitrógeno fecal, propuesto por KOZLOSKY *et al.*, (2012):

$$DMO = 0.83 - \frac{0.38}{Nf \left(\frac{g}{kg} MO\right)}$$

Donde:

DMO = Digestibilidad de la materia orgánica.

Nf = Contenido de nitrógeno en la materia orgánica fecal.

- Modelo de estimación basada en la concentración de nitrógeno fecal y fibra detergente acida fecal propuesto por COMERON Y PEYRAUD (1993):

$$DMO = 0.780 + 0.0334 Nf - 0.0038 FDAf$$

Donde:

DMO = Digestibilidad de la materia orgánica.

Nf = Contenido de nitrógeno en la materia orgánica fecal.

FDAf = Contenido de fibra detergente acida en la materia orgánica fecal.

### 3.11.5. Coeficiente de digestibilidad y nutrientes digestibles aparentes del pasto alemán.

Determinación del coeficiente de digestibilidad.

$$\text{CD nutriente} = \frac{\text{N cons.} - \text{N exc.}}{\text{N cons.}}$$

Donde:

N.cons. = Nutriente consumido

N.exc. = Nutriente excretado en las heces

Determinación de los nutrientes digestibles.

$$\text{ND} = \text{N total} \times \text{CDNp}$$

Donde:

ND = Nutriente digestible

Ntotal = Nutriente total

CDNp = Coeficiente de digestibilidad del nutriente en el pasto



## IV. RESULTADOS

### 4.1. Composición química del pasto alemán y pasto total

En el Cuadro 1, se describe cuál es la composición química del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch y del pasto total (pasto alemán + pasto natural + leguminosa) en condiciones de pastoreo extensivo y continuo con toretes de la raza Brahman durante la época seca.

Cuadro 1. Composición química en base seca del pasto *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch y pasto total.

Nutrientes	Composición química	
	P. alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch	P. Total (P. alemán + P. Natural + Leguminosa)
M.O. (%)	87.70 ± 0.36	87.87 ± 0.36
Cz (%)	12.31 ± 0.36	12.13 ± 0.36
P.C. (%)	10.77 ± 0.97	11.00 ± 1.13
F.D.N. (%)	68.00 ± 1.00	69.98 ± 2.15
F.D.A. (%)	36.15 ± 0.76	38.15 ± 1.56
EB (Kcal/kg)	3909.14 ± 27.00	3920.64 ± 25.45

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. Composición química de las heces

En el Cuadro 2, se detalla el contenido de nutrientes fecales de las heces, obtenidas por colecta parcial de los toretes de la raza Brahman sometidos a pastoreo continuo.

Cuadro 2. Composición química de heces en base seca de los toretes de la raza Brahman sometidos a condiciones de pastoreo continuo con pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch durante la época seca (n = 7, promedios  $\pm$  desviación estándar)

Nutrientes	Contenido
Materia seca (%)	95.62 $\pm$ 0.43
Ceniza fecal (%)	24.13 $\pm$ 1.04
Materia orgánica fecal (%)	75.87 $\pm$ 1.04
Nitrógeno total fecal (%)	2.47 $\pm$ 0.11
Proteína cruda fecal (%)	15.46 $\pm$ 0.71
Fibra detergente neutro (%)	55.2 $\pm$ 2.46
Fibra detergente acida (%)	35.87 $\pm$ 2.26
Energía bruta (Kcal/kg)	3622.95 $\pm$ 34.96

M.S.: Materia seca, MOf: Materia orgánica fecal, Czf; ceniza fecal, NTf; nitrógeno total fecal, PCf: Proteína cruda fecal, FDNf.: Fibra detergente neutra fecal, FDAf.: Fibra detergente ácida fecal y EBf: energía bruta fecal. 1. Desviación estándar.

#### 4.3. Digestibilidad aparente del pasto alemán

La digestibilidad aparente de la materia orgánica que se muestra en el Cuadro 3 para el pasto alemán, fue determinada por tres diferentes modelos de estimación a partir de nutrientes fecales.

Cuadro 3. Digestibilidad aparente de la materia orgánica del pasto *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch con tres modelos de estimación en toretes de la raza Brahman (n = 7, promedio  $\pm$  desviación estándar)

Modelo de estimación	Digestibilidad aparente de la materia orgánica (%)
LUCAS <i>et al.</i> (2005)	67.90 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>
COMERON y PEYRAUD (1993)	72.03 $\pm$ 1.38 <sup>b</sup>
KOZLOSKY <i>et al.</i> (2012)	71.32 $\pm$ 0.53 <sup>b</sup>
p-valor	0,0011

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

#### 4.4. Coeficientes digestibles del pasto alemán y pasto total

Los coeficientes de digestibilidad aparente para los nutrientes digestibles utilizando como marcador el dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch y pasto total (pasto alemán + pasto natural + leguminosa), se muestran en los Cuadros 4, que fueron

determinados a partir del modelo de estimación propuesta por LUCAS *et al.* (2005)

Cuadro 4. Coeficiente de digestibilidad aparente y nutrientes digestibles del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch y pasto total (P. alemán + pasto natural + leguminosa).

Coeficientes de digestibilidad aparente	P. alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitch	P. total (P. alemán + P. natural + leguminosa)
M.O. (%)	72.23 ± 0.73	72.28 ± 0.73
P.C. (%)	53.97 ± 1.20	54.91 ± 1.18
F.D.N (%)	73.94 ± 1.45	74.67 ± 1.41
F.D.A. (%)	68.12 ± 2.48	69.80 ± 2.35
Energía bruta (%)	70.29 ± 0.65	70.39 ± 0.65
Nutriente digestible aparente		
Da M.O. (%)	63.34 ± 0.64	63.51 ± 0.64
Da P.C. (%)	5.81 ± 0.13	6.04 ± 0.13
Da F.D.N (%)	50.28 ± 0.98	52.26 ± 0.98
Da F.D.A. (%)	24.63 ± 0.90	26.63 ± 0.90
Da.E (Kcal/kg)	2747.83 ± 0.92	2759.74 ± 25.35

M.O.: Materia orgánica, P.C.: Proteína cruda, F.D.N.: Fibra detergente neutra, F.D.A.: Fibra detergente ácida, E.: energía, Da: Digestibilidad aparente.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Composición química del pasto alemán y del pasto total.

La materia orgánica del pasto total es de  $87.87 \pm 0.36$  % y del pasto alemán de  $87.70 \pm 0.36$  % (Cuadro 1) es similar a lo mencionado por McDOWEL *et al.* (1974) quien refiere un valor de 88.5 % y superior a 82.98 % reportado por VERA *et al.*, (2016), posiblemente al estar bajo un sistema de pastoreo continuo y al momento de muestreo durante los 10 días (antes, durante y al final) del trabajo de investigación, se encontraron pasturas en rebotes nuevos y viejos así como macollos de diferentes edades fenológicas, lo que hizo variar el porcentaje materia orgánica.

El porcentaje de ceniza en el pasto total fue de  $12.13 \pm 0.36$  % y en el paso alemán de  $12.31 \pm 0.36$  %, valor que es superior a lo reportado por SÁNCHEZ (2005) 11.5% de ceniza, ya que la pastura del potrero fue fertilizada previo al inicio de la investigación, cabe mencionar que la fracción de minerales en el pasto que, está representada por el contenido de ceniza depende mucho de la fertilidad del suelo que está influenciado por las labores culturales (MONSALVE 1978; BERNAL, 1991).

El contenido de proteína cruda del pasto total disminuye conforme aumenta la edad (Anexo 3 y 4) presentando un porcentaje promedio de  $11.00 \pm$

1.13 % y el pasto alemán  $10.77 \pm 0.97$  %, datos similares fueron obtenidos por PAZ (2012) y MORALES *et al.*, (2016) que determinaron un 10 y 10.8 % de proteína cruda en base seca, sin embargo CANUDAS (2009) en una investigación que realizó en época seca obtuvo un 13 % de proteína cruda en el pasto alemán y VERA (2016) menciona que la proteína es de 14.4 % en época seca bajo un sistema de riego, siendo inferior el valor obtenido.

La inferioridad del valor obtenido posiblemente se debe a que la pastura en la presente investigación se encontraba bajo un clima seco y en ausencia de riego, las bajas precipitaciones puede ser un factor para hacer variar el porcentaje de proteína (RODRIGUEZ y CARRASQUEL, 1983), además de lo mencionado al encontrarse la pastura en un sistema de pastoreo continuo el contenido de nutrientes se verá afectado en la medida que transcurren los días de pastoreo, debido a la selectividad por parte de los animales existiendo un mayor consumo de hoja en los primeros días.

La edad del pasto es otro factor que influye en el contenido de proteína, descendiendo a medida que aumenta la edad, según lo reportado por MANRIQUE (1993) el pasto alemán a los 21 días contiene 13 % de proteína, a los 35 días 9.5 %, a los 49 días, 7.1 % y a los 63 días 5.2 % y al mismo tiempo se da el aumento del contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA).

El contenido de fibra detergente neutro (FDN) en el pasto total fue de  $69.98 \pm 2.15$  %, para el pasto alemán fue de  $68.00 \pm 1.00$  % en promedio

teniendo una variación ascendente (Anexo 3 y 4) en función del transcurso de los días de pastoreo, promedio que se encuentra dentro del rango mencionado por CHURCH (1970), la fibra detergente neutra es parcialmente digerible por los rumiantes, esta depende de la digestión microbiana para aprovechar mejor los componentes fibrosos (HERNANDEZ, 2010).

La variación ascendente que tuvo la fibra detergente neutra (FDN) del pasto en estudio coincide con VAN SOEST (1982) quien manifiesta que a medida que aumenta la edad en el pasto se incrementa el contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice, componentes de la fibra detergente neutra.

El contenido de fibra detergente acida (FDA) en el pasto total fue de  $36.15 \pm 0.76$  % y del pasto alemán de  $38.15 \pm 1.56$  % en promedio, teniendo la misma tendencia de la fibra detergente neutra (FDN) de incrementarse (Anexo 3 y 4) con respecto al paso de los días de pastoreo, valor que es superior a lo mencionado por MONSALVE (1978) quien obtuvo 30 – 34 % de fibra detergente neutra en el pasto alemán.

El alto contenido de fibra detergente acida (FDA) en la planta inhibe la acción de los microorganismos ruminales (HARRIS, 1991), los pastos inmaduros son mucho más fáciles de digerir que el forraje maduro debido a su menor contenido de lignina, los tallos maduros de la mayoría de las gramíneas contienen casi siempre alta fibra cruda que hace difícil la digestión (FLORES, 2006)

El contenido de energía en bruta en el pasto total fue de 3909.14 kcal/kg y del pasto alemán 3920.64 kcal/kg en promedio este valor es superior de lo mencionado por PAZ (2012), quién registró 3778.12 kcal/kg. La concentración de fibra detergente neutra (FDN) al ser combustionado libera similar cantidad de concentración energética que los carbohidratos no estructurales (MARTÍN, 1994).

## 5.2. Composición química de las heces

El contenido de materia orgánica ( $75.87 \pm 1.04$  %), nitrógeno total fecal ( $2.47$  %  $\pm 0.11$ ), proteína cruda fecal ( $15.46$  %  $\pm 0.71$ ) y FDA ( $35.87$  %  $\pm 2.26$ ), se muestra en el Cuadro 2; estos valores a través del uso de marcadores permiten obtener la estimación del consumo del forraje, la estimación de masa fecal y la digestibilidad de un determinado alimento por ecuaciones de estimación en animales rumiantes que se encuentran bajo condiciones de pastoreo.

La estimación de la digestibilidad de la dieta se basa en la indigestibilidad aparente como punto de partida, siendo la excreción fecal el parámetro básico de indigestibilidad de un alimento que representa la porción del alimento no digerido (DETMANN *et al.*, 2004); el uso de marcadores no será afectada a medida que pasa el alimento a través del tracto gastrointestinal ni se incrementará en el contenido de digesta al eliminarse otros compuestos en la digestión y absorción (BATISTA *et al.*, 2011).



### 5.3. Digestibilidad aparente del pasto alemán

Los valores de digestibilidad aparente obtenidos (Cuadro 3), son superiores a lo reportado por MANRIQUE (1993) quien obtuvo valores de digestibilidad aparente *in vitro* de la materia orgánica del pasto alemán de 64.8, 61.3, 58.5, 57.7 % para las frecuencias de corte 21, 35, 49 y 63 días respectivamente.

El valor de digestibilidad aparente de la materia orgánica estimado por la ecuación propuesta por LUCAS *et al.* (2005) es el que tiene más aproximación a los valores obtenidos a través de la técnica de digestibilidad *in vitro* (62.82 %) (Anexo 9), por lo que se puede considerar como la ecuación de mejor predicción, dada el alto grado de precisión entre la digestibilidad *in vitro* e *in vivo* (FRANCE *et al.*, 2000).

La ecuación de estimación descrita por LUCAS *et al.* (2005) en la estimación de la digestibilidad aparente de la materia orgánica utiliza la concentración de proteína cruda fecal tal ecuación usada como modelo predictivo fue generada en estudios realizados con vacunos orientados a la producción de leche en la etapa de seca y toretes, alimentados en un sistema de pastoreo con forrajes tropicales, por lo tanto se asume que al estar bajo condiciones similares al presente trabajo los resultados son más predictivos con respecto a las ecuaciones propuestas por COMERON y PEYRAUD (1993) y por KOZLOSKY *et al.* (2012).

Los resultados obtenidos por COMERON Y PEYRAUD (1993) y por KOZLOSKY *et al.* (2012) posiblemente sobreestiman el valor obtenido en la digestibilidad aparente de la materia orgánica del pasto alemán debido a que las

investigaciones que generaron los modelos de estimación fueron bajo condiciones distintas (especie animal, especies forrajeras) al presente trabajo, las ecuaciones de estimación al ser variables, deben ser utilizadas por cada especie animal, especie vegetal, sitio geográfico e inclusive por cada corte, mencionan GREENHALGH y CORBETT (1960) y LANGLANDS (1975).

COMERON Y PEYRAUD (1993) en su investigación trabajó con vacas lecheras y con pasturas de clima templado, mientras que LUCAS *et al.* (2005) trabajó con pastura tropical lo que puede estar influyendo en los valores obtenidos; las pasturas de clima frío son más digestibles porque estos tienen un menor crecimiento y por consiguiente un envejecimiento más lento, manteniendo su calidad nutritiva por más tiempo, CHACON y VARGAS (2009), por lo que al usar el modelo de estimación propuesto por COMERON y PEYRAUD (1993) se estaría sobreestimando los valores de digestibilidad aparente.

El mayor valor obtenido por el modelo de estimación propuesto por KOZLOSKY *et al.* (2012) con respecto a LUCAS *et al.* (2005) puede estar influenciado por la especie animal utilizada al generar el modelo (ovinos), en consecuencia los valores obtenidos por el modelo de estimación de KOZLOSKY *et al.* (2012) en el presente estudio, estarían sobre estimados, ya que la digestibilidad de los alimentos de buena calidad es similar en ovinos caprinos y vacunos, sin embargo, la capacidad de las ovejas para digerir la fibra de forrajes de mala calidad es algo superior a la de las vacas (BONDI, 1989; FLORES y RODRÍGUEZ, 2018).

#### 5.4. Coeficientes digestibles del pasto alemán y del pasto total

El coeficiente de digestibilidad de la proteína del pasto total es similar con respecto al pasto alemán (Cuadro 4) posiblemente a que en el pasto total está incluido otros forrajes como leguminosa y pasto natural que podría estar influenciando en el valor obtenido.

El coeficiente de digestibilidad para la proteína en el presente estudio es similar a lo reportado por SEIJAS (1981) quien trabajando en ovinos y con pasto alemán obtuvo el valor de 53.57 %, sin embargo; es inferior a lo reportado por PAZ (2012) quien obtuvo el valor de 71.30 % en un trabajo realizado en cuyes con pasto alemán y 73.59 % obtenido por VILLACORTA (1981) determinada en ovinos con pasto *Colopogonium mucunoides*.

La inferioridad de los datos obtenidos en el presente trabajo posiblemente sea debido a la especie animal y especie de pastura utilizadas en los estudios mencionados, además del método utilizado para su determinación, lo valores obtenidos en los experimentos citados fueron por cuantificación directa de lo que el animal ingiere y excreta, mientras que en el presente trabajo se utilizó un modelo de estimación predictivo.

El coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda obtenido en este trabajo pudieron estar influenciada por la composición botánica (hoja tallo y senescente) del pasto durante el periodo en el que se realizó el ensayo (Anexo 10), ya que a medida que van transcurriendo los días de pastoreo se observa claramente que el consumo en relación de hoja, tallo y senescente (45.70, 36.65 y 17.65 %) decrece marcadamente al final del estudio realizado obteniendo una

relación de hoja de 17.13 %, tallo 38.12 y senescente de 44.75 %, lo que al incrementarse la proporción de tallo y senescente indicaría que existe mayor contenido de material fibroso y el contenido de proteína presente en la pastura se encontraría indigestible al estar ligada a la fracción de la lignina lo cual lo hace totalmente indigestible (GONZÁLES y TREVIÑO, 1971).

El coeficiente de digestibilidad de la fibra detergente neutra es mayor con respecto a la fibra detergente acida en el pasto total, teniendo el mismo comportamiento para el pasto alemán, la digestibilidad de la fibra detergente neutra es mayor porque en su componente existe una fracción parcialmente digerible (hemicelulosa) además de los componentes estructurales de la célula vegetal, sin embargo en la fibra detergente acida existe solo la presencia de los componentes de la pared celular estructural que son la celulosa y la lignina que están relacionados negativamente a la digestibilidad del forraje (HERNANDEZ, 2010).

Así mismo, el coeficiente de digestibilidad para la energía en el pasto total es de 70.39 % que representa a 2759.74 kcal/kg y del pasto alemán es de 70.29 % siendo 2747.83 kcal/kg, este valor es ligeramente inferior a lo reportado por PAZ (2012) quien obtuvo un valor de 2897.04 kcal/kg para el pasto alemán y 2957.30 kcal/kg para el pasto Maralfalfa, pero superior a la energía digestible de 2689.71 kcal/kg en el pasto King grass determinado en cuyes y a lo mencionado por McDOWELL *et al.* (1974) donde menciona que la energía

digestible del pasto alemán es de 2320 kcal/kg, la variabilidad existente muestra la influencia de la especie forrajera en los valores de coeficientes de digestibilidad de la energía, lo que puede explicarse por las diferencias en cuanto al contenido nutricional de cada una de las especies forrajeras , además de la especie animal utilizada por PAZ (2012).

## VI. CONCLUSIONES

- Los valores nutritivos de *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch. en base seca en la provincia de Leoncio Prado fue de 87.70 % en la materia orgánica, 10.77 % de proteína cruda, 68 % de fibra detergente neutra (FDN), 36.15 % de fibra detergente acida (FDA) y 3909.14 kcal/kg de energía bruta.
- La composición química de las heces de toretes de la raza Brahman sometidos al sistema de pastoreo continuo fue de 15.46 % de proteína cruda fecal (PCf), 2.47 % de nitrógeno total fecal (NTf) y 35.87 % de fibra detergente acida fecal (FDAf).
- La DAMO para el modelo de estimación propuesta por LUCAS *et al.*, (2005) fue de 67.90 %, por COMERON Y PEYRAUD (1993) 72.03 % y por KOZLOSKY *et al.* (2012) 71.32 %, siendo el de LUCAS *et al.*, (2005) quien presento mejor estimación de digestibilidad aparente de la materia orgánica del pasto alemán.
- Los coeficientes de digestibilidad de MO, PC, FDN, FDA y energía del pasto alemán fue de 72.23 %, 53.97 %, 73.94%, 68.12 % y 70.29 %, respectivamente.

## VII. RECOMENDACIONES

- Realizar más ensayos con la ecuación propuesta por LUCAS *et al.* (2005) con las mismas condiciones (animal, pastura y clima), para validarla como ecuación predictiva de estimador en la digestibilidad aparente en forrajes tropicales.
- Realizar investigaciones para determinar la digestibilidad de las especies forrajeras de uso común en la zona.

## VIII. ABSTRACT

The objective of the study was to estimate the apparent digestibility of the organic matter from the German grass, *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch, in the Brahman breed of bulls, under continuous grazing conditions, utilizing three estimation models, during the dry season, in the Leoncio Prado province, Peru. To do this, seven bulls, with an average weight of 334 kg and a paddock of 1.5 acres, were used. The estimation models are based on the use of the nutrients from the fecal excrement (fecal acid detergent fiber, raw fecal protein and fecal nitrogen). The sampling of the grass was done during ten days, using the destructive method of manual cutting and separation, with the zigzag and cutting points technique; the samples of feces were collected through the external marking method (titanium dioxide) and the partial fecal collection technique, during nine days, individually for each bull. For the grass and feces, the content of dry matter, ash, raw protein, neutral detergent fiber, acidic detergent fiber and brute energy were determined. The results of the digestibility estimation for the organic matter from the German grass show that a significant difference exists ( $p < 0.05$ ) between the three estimation models proposed by COMERON and PEYRAUD (1993), which was 72.03 %, KOZLOSKY *et al.* (2012) 71.32 % and LUCAS *et al.* (2005) 67.90 %. Concluding that the model proposed by LUCAS *et al.* (2005) presented better estimation of apparent digestibility of the organic matter from German grass.

Keywords: *Echinochloa polystachya*, digestibility, estimation models



## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY OF RANGE MANAGEMENT AND AGRICULTURE BOARD. 1962. Basic Problems and Techniques in Range Research. Report of a Joint Committee of the American Society of Range management and Agriculture Board. 890: 45-81 p.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA. 770-771 p.
- ARCE, P., ARBAIZA, T., CARCELEN, F. y LUCAS, O. 2003. Estudio comparativo de la digestibilidad de forrajes mediante dos métodos de laboratorio. Rev. Invesg. Vet. Perú. Lima. 5 p.
- ASH, A. y SCHLINK, C. 1992. Comparative digestive efficiency of cattle and sheep consuming tropical forages and its significance in predicting digestibility from *in vitro* techniques. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. Vol. 19.
- AYANZ, M. 2006. Fundamentos de Alimentación y Nutrición del ganado. Univ. Politécnica de Madrid. E.T.S. Ingenieros de Montes.
- BASURTO, R. y TEJADA, H. 1992. Digestibilidad aparente de la pulpa deshidratada de limón. Comparación de métodos para estimarla. Téc. Pec. Méx. 30(1):13 – 22 p.

- BATISTA, S., DETMAN, E., PEREIRA, V., MARJORRIE, A., VALADARES, F. Y FONSECA, P. 2011. Evaluation of fecal recovering and long term bias of internal and external markers in a digestion assay with cattle. *Rev. Bras. Zootecn.* Sociedad brasileña de zootecnia. Vol 40. 174 – 182 p.
- BERNAL, J. 1991. *Producción y Manejo de Pasturas y forrajes tropicales*. 2da edición.
- BLANK, R., SÜDEKUM, K., IMMIG, I. y KLEINMANS J. 1998. Synchroner Abbau von Kohlenhydraten und Rohprotein in den Vormägen—Eine neue Variable für die Rationsgestaltung. *Übers. Tierernährg.* 26:157–188 p.
- BONDI, A. 1989. *Nutrición Animal*. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 546 p.
- BRUINENBERG, H., VALK, H., KOREVAAR, H. y STRUIK C. 2000 Factors affecting digestibility of temperate forages from semi natural grasslands: a review. *Grass and Forage Science*, 57: 292–301 p.
- BUXTON, D. y REDFEARN, D. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. Conference: New Developments in Forage Science Contributing to Enhanced Fiber Utilization by Ruminants. *Journal of Nutrition*, 127 p.
- CANUDAS, G. 2009. *Producción de Pasto Taiwán con Pastoreo Rotacional Intensivo y ferti-irrigación en el trópico* Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Merida. 150 p.

- CHACON, H. y VARGAS, R. 2009. Digestibilidad y calidad del (*Pennisetum purpureum* cv) King grass a tres edades de rebrote. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. ISSN: 1021-7444.
- CHERNEY, H., CHERNEY, J., AKIN, E. y AXTELL, D. 1991. Potential of mid-rib, low-lignin mutants for improving forage quality. *Advances in Agronomy*, 46: 157–198 p.
- CHURCH, C. 1970. Fisiología digestiva y nutrición de rumiantes. ACRIBIA vol.1. Zaragoza España; 379 p.
- CHURCH, C. y POND, G. 1994. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. México. 438 p.
- COMBELLAS, J. y GONZALEZ, E. 1973. Rendimiento y valor nutritivo de forrajes tropicales. Pasto Alemán (*Echinochloa polystachya*) (H.B.K.). *Agronomía Tropical* 23(3): 269-275 p.
- COMERÓN, A.; PEYRAUD, L. 1993. Predicción de la digestibilidad del pasto ingerido por vacas lecheras. *Revista Argentina de Producción Animal*. vol.13. 23-30 p.
- CROWDER, V. 1960 Gramíneas y Leguminosas Forrajeras en Colombia. Ministerio de Agricultura. Dirección de Investigación Agropecuaria OIA. Boletín técnico. N. 8 116 p.
- CROWDER, V. y CHHEDA, R. 1982. Curso Internacional Avanzado de Nutrición de Rumiantes. Agrícolas ICT A. de Guatemala.

- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, C. y PAULINO, F. 2004. Avaliação da técnica dos indicadores na estimação do consumo por ruminantes em pastejo. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*, v.46, 40-57 p.
- FAHEY, C. y JUNG, G. 1983. Lignin as marker in digestion studies: A review. *J. Anim. Sci.* 57:220 – 225 p.
- FAO. 1997. Producción de cuyes. (*Cavia porcellus*). Departamento de Agricultura. Versión 138 [EN LINEA]: <http://www.Fao.org/docrep/w6562s/w6562sOO.htm>, 19 de May. del 2018.
- FERREIRA, A., CAMPOS, F., MARCONDES, I., LOPEZ, P. y FONSECA, P. 2017. Evaluación de indicadores en estudios con rumiantes: Digestibilidad. *Rev. Bras. Zootecn.* Vol 38 nº 8. [EN LÍNEA]: <Http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000800022>
- FLORES HIDALGO, C. 2006. Efecto de la fertilización nitrogenada en pasturas de Camerún *Echinochloa polystachya* en degradación utilizadas al pastoreo en Tingo María. Tesis Ingeniero Zootecnista, Tingo María (Perú). Universidad Nacional agraria de la selva. 77 p.
- FLORES, C. G. y GONZALES, A. 2003. Predicción de la Digestibilidad de la Materia Orgánica de ensilajes de Hierba y Maíz. por Métodos de Laboratorio.
- FLORES, M. y RODRÍGUEZ, V. 2018. Nutrición Animal. Nutrición de rumiantes. La degradación ruminal y la digestión de los alimentos. ULPGC. [En línea]: <http://www.webs.ulpgc.es/nutranim/tema22.htm> 20 May. 2018.

- FORTES, M., CARCIOFI, C., SAKOMURA, K. *et al.* 2010. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dogs. *Animal Feed Science and Technology*, v.156, 121-125 p.
- FRANCE, J., DHANOA, S., LOPEZ, S., DIJKSTRA, J., DAVIES, R., SANDERSON, R., WILLIAMS, A. y SILESHI, Z. 2000. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed in vitro: comparison of models. *Br. J. Nutr.* 83, 131-142 p.
- GFE. 2001. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. ed. DLG-Verlag, Frankfurt, Germany.
- GONDA, L. 2002. Curso: Alimentos y Alimentación Bioenergética FCV.
- GONZÁLEZ G. y TREVIÑO J. 1971. Variaciones de la proporción de proteína bruta y de proteína digestible al cultivar Aragón (*Medicago sativa* L.) en sus diferentes ciclos de vegetación. Facultad de Veterinaria de Madrid en Instituto de alimentación y Productividad Animal del C.S.I.C. [En Línea]: <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/download/475/477>. 16 Jun del 2018.
- GREENHALGH, J., y CORBETT, J. 1960. The indirect estimation of the digestibility of pasture herbage nitrogen and chromagen as fecal substance. *Journal of agricultural science, Cmbridge*, 371 - 376 p.
- GUERIN, H., RICHARD, D., LEFEVRE, P., FRIOT, D. y MBAYE, N. 1989. Provision de la valeur nutritive des fourrages ingbr6s sur parcours naturels

par les ruminants domestiques sahéliens et soudaniens. XVI Intern Grassl Congr Nice, France.

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

HARGREAVES, N y KERR, D. 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.

HARRIS, B. J. 1991. Value of high-fiber alternative feedstuffs as extenders of roughage sources. 138 p.

HARVARD, B. 1969. Las plantas forrajeras tropicales. Madrid: Blume.

HERNANDEZ, G., 2010. Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos. Tesis Médico Veterinario Zootecnista. Bello estado de Chiapas. México. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. 62 p.

HERRERA, R., GOMEZ, A., TORABI, M. y HUBER, T. 1990. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. J. Dairy Sci. 73:142–148 p.

HUHTANEN, P., KAUSTELL, S. y JOAKKOLA. 1994. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. Anim. Feed Sci. Technol. 48:211 – 227 p.

INIA-CIID. 1996. Investigaciones en cuyes. Informe Técnico No 694. 197 p.

- INSTITUTO NACIONAL TECNOLOGICO. 2016. Manual del protagonista, pastos y forrajes. MAG. INTA. IPSA. Nicaragua. Manual técnico. 96 p.
- KOTB, R. y LUCKEY, D. 1972. Markers in nutrition. Nutrition abstracts and reviews. 42: 813 – 845 p.
- KOZLOSKI, V. 2012. Faecal nitrogen excretion as an approach to estimate forage intake of wethers. J. Sci. Food Agric., vol. 76. 373-376 p.
- LACHMANN, M. y ARAUJO, F. 2009. La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. Universidad del Zulia. Facultad de Ciencias Veterinarias. Apartado 15205. Maracaibo – Venezuela. 21 p.
- LANCASTER, J. 1949: Estimation of digestibility of grazed pasture from faeces nitrogen. Nature 163. 330–331 p.
- LASCANO, C., BOREL, R., QUIROZ, R., ZORRILLA, J., CHAVES, C. y WERNLI, C. 1990. Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad *in vivo*. En: M. E. Ruiz y A. Ruiz (Eds.). Nutrición de Rumiantes: Guía metodológica de investigación. IICA-ALPA-RISPAL. San José, Costa Rica. 159 - 168 p.
- LENGLANDS, J. 1975. Techniques for estimating nutrient intake and its utilisation by the grazing ruminant.
- LOPEZ, V. 2010. Efectos de la fertilización y altura de corte sobre el rendimiento del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*). Universidad Nacional Agraria Facultad de Ciencia Animal. Managua – Nicaragua. 53 p.

- LUKAS, A., 2005: Relationship between fecal crude protein concentration and diet organic matter digestibility in cattle. *Journal of Animal Science* 83, 1332–1344 p.
- MANRIQUE, P. 1993. Analisis de la evaluación del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) (H.B.K.) (Hitch) cultivado en suelo arcilloso bajo cuatro frecuencias de corte. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmaria. 237 p.
- MARTÍN, P. 1994. Requerimientos de energía para el crecimiento y engorda de bovinos en el trópico. *Rev, cubana CIENC. Agric.* 152 p.
- MAYNARD, A. 1981. *Nutrición Animal. Fundamentos de Nutrición del Ganado.* Ed. Uthea. 7 ma edición. México. 640 p.
- McDONALD, E. y MORGAN, G. 1995. *Nutrición Animal.* 5ta.Ed. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza. España. 205 p.
- McDOWEL, L., CONRAD, J. y THOMAS, J. 1974. *Latín American Tables of feed composition.* Department of Animal Science- University of Florida -USA
- MELGAREJO, G. 2017. Muestreo de forraje. In *Practicas de producción y aprovechamiento de forrajes.* Primera ed. Ciudad de México, México. ISBN 9786070296987. UNAM. 38-56 p.
- MENDOZA, P. y LASCANO, C. 1986. Mediciones en la pastura en ensayos de pastoreo. Evaluación de pasturas con animales: Alternativas metodológicas: In *Memorias de una reunión de trabajo celebrada en Perú,* 1-5 de octubre, 1984. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT),



- Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), Cali, Colombia. 143 – 165 p.
- MERCHEN, R. 1993. Digestión, absorción y excreción en los rumiantes. En: el rumiante, fisiología digestiva y nutrición. Tomo I. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 191 – 223 p.
- MERTENS, R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds using refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. J. AOAC Int. 85:1217–1240 p.
- MOORE, J. y HATFIELD, D. 1994. Carbohydrates and forage quality. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization (Fahey, G. C., Jr., Collins, M. C., Mertens, D. R. & Moser, L. E., eds.). American Society of Agronomy, Madison, WI. 229–280 p.
- MINSON, J. y MCLEOD, N. 1978. The accuracy of the pepsin-cellulase technique for estimating the dry matter digestibility in vivo of grasses and legumes. Anim. Feed Sci. Technol., 3: 277—287 p.
- MONSALVE, S. 1978. Estudios sobre pasto Alemán (*Echinochloa polystachya*) (H.B.K.) (Hitch) en Colombia.II. Altura y frecuencia de corte. Revista ICA 13(4): 666-669 p.
- MORALES, V., VIVAS, Q. y TERAN, G. 2016. Pecuária ecoeficiente e adaptação às alterações climáticas. Biotecnologia en el sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol 14. N° 1. 10 p.

- OWENS, N. y HANSON, F. 1992. Symposium: External and internal markers. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. J. Dairy Sci.
- PAZ, A. 2012. Digestibilidad aparente, energía digestible y metabolizable del pasto alemán (*Echinochloa polystachya* H.B.K.), King grass (*Saccharum sinense*) y maralfalfa (*Pennisetum sp*) en cuyes (*Cavia porcellus*) en el trópico. Tesis Ingeniero Zootecnista, Tingo Maria (Perú). Universidad Nacional agraria de la selva. 83 p.
- PITTIER, H. 1939. Clave analítica de las familias de plantas superiores de la América Tropical. Caracas: Tipografía La Nación.
- 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. 67:1020 – 1028 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.
- RAMIREZ, et al. 2008. Rendimiento y caracterización química del *Pennisetum sp.* Cuba CT 169. en un suelo pluvisol. Revista Electrónica de Veterinaria. [EN LINEA]: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050508/050806.pdf> 29 May. 2018.
- 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.
- RÍOS, J. y MELÉNDEZ, M. 1973. Pasto Alemán (*Echinochloa polystachya*) Observaciones preliminares sobre su comportamiento en el sistema de riego del río Guárico. Estación Experimental de Calabozo (Venezuela). Boletín Informativo 1(1): 25-29 p.
- ROMNEY, L. y GILL, M. 2000. Intake of forages. In: Givens DI, Owen E, Axford RFE, Omed HM, editors. Forage evaluation in ruminant. Wallingford. UK: CABI Publishing. CAB International. 43-62 p.
- RODRIGUEZ y CARRASQUEL S. 1983. Henificación. Fonaiaop. Caracas.Venezuela. Vol 1. N° 12. 35 – 39 p.
- RODRIGUEZ, M. 2007. Uso de Indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida. Rev. Col. Cienc. Pec.
- SANCHEZ, L., WILLS, A. y FIGUEROA, J. 1998. Efecto de la población microbial sobre las pruebas de digestibilidad *in vitro* e *in situ*. Rev. Medc. Vet. Y Zoot. Universidad Nacional de Colombia. Dg. 41. N° 49. Santa Fe de Bogotá. 49 – 58 p.
- SÁNCHEZ, P. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria [En línea]: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945018010> ISSN 0122-8706, 28 May. 2018.

- SEIJAS, C. 1981. Digestibilidad aparente del pasto alemán (*Echinochloa polystachya* H.B.K) en ovinos. Tesis Ingeniero Zootecnista, Tingo Maria (Perú). Universidad Nacional agraria de la selva.
- SENGER, D., KOZLOSKI, V., SANCHEZ, B., MESQUITA, R., ALVES, P. y CASTAGNINO, S. 2008. Evaluation of autoclave procedures for fiber analysis in forage and concentrate feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*. v.146. 169-174 p.
- STROZINSKI, L., y CHANDLER, T. 1972. Nitrogen metabolism and metabolic fecal nitrogen as related to caloric intake and digestibility. *J. Dairy Sci.* 55:1281–1289 p.
- TOBAL, E. 2012. Evaluación de los alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad, 94-111 p.
- VAN KEULEN, J. y YOUNG, A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.* 44:282 – 287 p.
- VAN SOEST, J. 1982. *Ecología nutricional de los rumiantes*. C.U.P. Ithaca. NY
- 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.
- VAN SOEST, J. 1994. *Nutritional Ecology of the ruminan*. Cornell University Press. II Edición. 108 - 195 p.

- VEGA, M., RAMÍREZ, R., LEONARD, A. e IGARZA, Y. 2006. Rendimiento, caracterización química y digestibilidad del pasto (*Brachiaria decumbens*) en las actuales condiciones edafoclimáticas del Valle del Cauto. Universidad de Granma. Facultad de Med. Vet. Centro de Estudio de Producción Animal. REDVET. Vol. VII. Nº 05. 120 p.
- VERA, A., VIVAS, A. y RIVERA, F. 2016. Effect of three different levels of wáter application on alemán grass (*Echinochloa polystachya*). Universidad Técnica de Manabí, Extensión Chone, y Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Carrera Agropecuaria. Avenida Eloy Alfaro y Malecón.
- VILLACORTA, S. W. 1981. Digestibilidad del pasto *Colopogonium* (*Colopogonium mucunoides*) en ovinos. Tesis Ingeniero Zootecnista, Tingo María (Perú). Universidad Nacional agraria de la selva. 83 p.

## **X. ANEXO**

Anexo 1. Peso vivo (Kg) de los toretes utilizados en el estudio.

ANIMAL	PESO
4	249
6	262
8	359
9	439
10	382
13	397
14	249
PROMEDIO	334
D.S.	79,12

Anexo 2. Componentes del pasto total expresado en porcentaje durante los 10 días de muestreo.

Muestra / día	Pasto alemán (%)	Pasto natural (%)	Leguminosa (%)
1	83.72	9.20	7.08
2	81.94	13.14	4.93
3	84.29	8.21	7.50
4	85.38	10.63	3.99
5	76.48	13.64	9.89
6	84.90	5.74	9.36
7	70.93	26.57	2.50
8	94.18	5.82	0.00
9	74.43	16.09	9.49
10	72.17	16.70	11.13
Promedio	80.84	12.57	6.59

Anexo 3. Composición química en base seca del pasto total (pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch + pasto natural + leguminosa) muestreados durante el experimento.

MUESTRA	MS (%)	MO (%)	Cz (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	EB (Kcal/kg)
1	94.24	87.45	12.55	13.67	65.29	35.37	3893.44
2	94.71	88.44	11.56	12.13	69.44	37.20	3898.97
3	93.42	88.06	11.94	11.45	70.86	37.89	3918.98
4	94.19	88.21	11.79	11.98	68.96	36.69	3945.73
5	93.48	88.27	11.73	10.43	68.66	37.83	3955.79
6	93.16	87.79	12.21	9.64	70.50	39.73	3892.08
7	93.58	87.76	12.24	11.28	71.83	39.30	3948.44
8	93.12	87.72	12.28	10.44	70.69	37.61	3922.53
9	93.20	87.43	12.57	9.66	70.22	39.51	3938.66
10	93.44	87.54	12.46	9.28	73.37	40.36	3891.76
PROMEDIO	93.66	87.87	12.13	11.00	69.98	38.15	3920.64
D.S.	0.54	0.36	0.36	1.37	2.15	1.56	25.45

M.S.: Materia Seca, 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.



Anexo 4. Composición química a base seca del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch durante el experimento.

MUESTRA	M.S. (%)	MO (%)	Cz (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	EB (Kcal/kg)
1	94.25	87.37	12.63	12.75	65.61	34.58	3872.89
2	94.42	88.32	11.68	11.18	67.17	35.66	3876.53
3	93.35	87.87	12.13	10.14	67.86	35.89	3886.55
4	94.18	88.06	11.94	12.11	67.95	36.21	3941.90
5	93.39	87.98	12.02	10.59	68.61	36.45	3946.39
6	93.00	87.55	12.45	10.43	69.06	35.95	3896.58
7	92.82	87.52	12.48	10.45	67.98	36.19	3922.69
8	93.02	87.69	12.31	10.28	68.37	36.28	3918.03
9	92.91	87.11	12.89	10.14	68.54	36.74	3933.94
10	93.19	87.48	12.52	9.64	68.84	37.54	3895.87
PROMEDIO	93.45	87.70	12.31	10.77	68.00	36.15	3909.14
D.S.	0.60	0.36	0.36	0.97	1.00	0.76	27.00

M.S.: Materia Seca, 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.

Anexo 5. Composición química de heces de los toretes en estudio, expresado en base seca

ANIMAL	M.S. (%)	Czf (%)	MOf (%)	Nf (%)	PCf (%)	FDNf (%)	FDAf (%)	EBf (Kcal/kg)
1	95.30	24.69	75.31	2.33	14.53	55.25	35.83	3596.10
2	95.27	23.65	76.35	2.57	16.07	57.81	36.11	3632.43
3	95.51	23.95	76.05	2.32	14.50	56.56	38.22	3597.16
4	95.76	24.27	75.73	2.43	15.21	55.90	37.03	3652.90
5	95.79	22.81	77.19	2.56	15.98	57.10	38.12	3664.22
6	95.27	23.49	76.51	2.57	16.07	50.98	33.67	3646.75
7	96.47	26.05	73.95	2.54	15.86	52.82	32.14	3571.11
PROMEDIO	95.62	24.13	75.87	2.47	15.46	55.20	35.87	3622.95
D.S.	0.43	1.04	1.04	0.11	0.71	2.46	2.26	34.95

M.S.: Materia seca, Czf; ceniza fecal, MOf: Materia orgánica fecal, Nf; nitrógeno total fecal, PCf: Proteína cruda fecal, FDNf.: Fibra detergente neutra fecal, FDAf.: Fibra detergente ácida fecal y EBf: energía bruta fecal.

Anexo 6. Nutrientes fecales y digestibilidad aparente por estimación fecal de la materia orgánica (DAEFMO) del pasto alemán

*Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch mediante diferentes modelos de estimación.

ANIMAL	Nf M.O. (%)	PC fecal [g/kg M.O.]	FDAf M.O. (%)	COMERON Y PEYRAUD (1993)	KOZLOSKY et al. (2012)	LUCAS et al. (2005)
4	3.09	193.04	47.58	71.34	70.70	67.08
6	3.37	210.38	47.30	72.37	71.71	68.41
8	3.05	190.61	50.25	70.19	70.54	66.86
9	3.21	200.91	48.89	71.26	71.18	67.73
10	3.31	207.03	49.39	71.40	71.53	68.18
13	3.36	209.99	44.00	73.60	71.69	68.39
14	3.43	214.42	43.46	74.04	71.92	68.68
PROMEDIO	3.26	203.77	47.27	72.03	71.32	67.90
D.S.	0.15	9.16	2.62	1.38	0.53	0.70

NfMO; nitrógeno fecal de la materia orgánica, PCf: Proteína cruda fecal y FDAf.: Fibra detergente ácida fecal de la materia orgánica.

Anexo 7. Consumo estimado del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*, Hitch) a partir de la producción de heces en materia seca (MS) y materia orgánica (M.O) de toretes de la raza Brahman, durante la época seca.

ANIMAL	COMERON Y PEYRAUD (1993)		KOZLOSKY et al. (2012)		LUCAS et al. (2005)	
	DAEFMO	IMS (Kg)	DAEFMO	IMS (Kg)	DAEFMO	IMS (Kg)
	4	0.713	9.59	0.71	9.38	0.67
6	0.724	9.49	0.72	9.27	0.68	8.31
8	0.702	9.21	0.71	9.32	0.67	8.28
9	0.713	13.80	0.71	13.77	0.68	12.29
10	0.714	10.84	0.72	10.90	0.68	9.75
13	0.736	14.69	0.72	13.70	0.68	12.27
14	0.740	8.11	0.72	7.49	0.69	6.72
PROMEDIO	0.72	10.82	0.72	10.55	0.68	9.42
D.S.	0.01	2.49	0.01	2.39	0.01	2.14

DAEFMO: Digestibilidad aparente por estimación fecal de la materia orgánica.

Anexo 8. Porcentaje de Nutrientes excretados a partir del consumo estimado del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch.

ANIMAL	Px Heces DM (kg/dia)	Px Heces OM (kg/dia)	Nutrientes excretados				
			Nf (%)	PCf (%)	FDNf (%)	FDAf (%)	EBf (Kcal/kg)
			4	2.75	2.07	0.06	0.40
6	2.62	2.00	0.07	0.42	1.52	0.95	95.29
8	2.75	2.09	0.06	0.40	1.55	1.05	98.75
9	3.97	3.00	0.10	0.60	2.22	1.47	144.93
10	3.10	2.39	0.08	0.50	1.77	1.18	113.67
13	3.88	2.97	0.10	0.62	1.98	1.31	141.46
14	2.10	1.56	0.05	0.33	1.11	0.68	75.14
PROMEDIO	3.02	2.30	0.07	0.47	1.67	1.09	109.73
D.S.	0.68	0.53	0.02	0.11	0.36	0.26	25.51

Px: producción, Nf: nitrógeno fecal, PCf: proteína cruda fecal, FDNf: fibra detergente neutra fecal, FDAf: fibra detergente acida fecal y EBf: energía bruta fecal

Anexo 9. Digestibilidad aparente *in vitro* del pasto total (pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch + pasto natural + leguminosa) durante el experimento.

Día	DIVMS (%)	DIVMO (%)
1	61.06	69.46
2	53.54	59.80
3	55.59	61.93
4	57.80	64.83
5	56.70	63.22
6	55.88	62.64
7	54.10	60.53
8	55.74	62.36
9	55.78	62.75
10	54.37	60.66
Promedio ± D.S.	56.06 ± 2.16	62.82 ± 2.76

DIVMS.: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, DIVMO.: Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, D.S.: Desviación estándar

Anexo 10. Proporción del consumo del pasto en relación con la composición botánica (hoja, tallo y senescencia).

Días	Hoja	Tallo	Senescencia
1	45.70	36.65	17.65
2	38.42	35.59	25.99
3	26.92	34.62	38.46
4	34.04	40.43	25.53
5	32.34	32.34	35.32
6	26.74	35.66	37.60
7	26.49	33.03	40.48
8	25.10	37.84	37.07
9	22.78	33.89	43.33
10	17.13	38.12	44.75