

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIA PECUARIAS



**DIGESTIBILIDAD DE LA PASTURA TROPICAL CON PREDOMINANCIA DEL
PASTO ALEMÁN *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, A PARTIR DE LOS
NUTRIENTES FECALES UTILIZANDO DIFERENTES MODELOS DE
ESTIMACIÓN EN TORETES DE CARNE AL PASTOREO.**

Tesis

Para optar el Título de

INGENIERO ZOOTECNISTA

PRESENTADO POR:

DAYANA CAROLINA ARCOS PALOMINO

Tingo María – PERÚ

2022



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, se reunieron a las 05:00 p.m. del 04 de febrero de 2022, para calificar la Tesis titulada "**DIGESTIBILIDAD DE LA PASTURA TROPICAL CON PREDOMINANCIA DEL PASTO ALEMÁN *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, A PARTIR DE LOS NUTRIENTES FECALES UTILIZANDO DIFERENTES MODELOS DE ESTIMACIÓN EN TORETES DE CARNE AL PASTOREO**", presentada por la Bachiller en Ciencias Pecuarias **DAYANA CAROLINA ARCOS PALOMINO**.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara **APROBADA LA TESIS** con el calificativo de "**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, 20 de mayo de 2022.

Ing. **WALTER ALBERTO PAREDES ORELLANA**
Presidente

Ing. M. Sc. **MIGUEL ÁNGEL PÉREZ OLANO**
Miembro

Ing. M. Sc. **RAFAEL RENÉ ROBLES RODRÍGUEZ**
Miembro

Dr. **MEDARDO ANTONIO DÍAZ CÉSPEDES**
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIA PECUARIAS



**DIGESTIBILIDAD DE LA PASTURA TROPICAL CON PREDOMINANCIA DEL
PASTO ALEMÁN *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, A PARTIR DE LOS
NUTRIENTES FECALES UTILIZANDO DIFERENTES MODELOS DE
ESTIMACIÓN EN TORETES DE CARNE AL PASTOREO.**

Autor	: Dayana Carolina Arcos Palomino
Asesor	: Ph. D. Medardo António Díaz Céspedes
Programa de investigación	: Fisiología, biología, química y nutrición.
Líneas de investigación	: Nutrición, fisiología y química.
Ejes temáticos	: Digestibilidad de la pastura tropical a partir de nutrientes fecales utilizando diferentes modelos de ecuación y otros componentes nutricionales.
Lugar de ejecución	: CIPTALD – PS (Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anex os La Divisoria - Puerto Súngaro).
Duración	: Fecha de Inicio : marzo 2017 Fecha de termino : junio 2021
Financiamiento	: S/. 7 500.00

Tingo María – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A **DIOS** y a su hijo **JESÚS**, quienes siempre me guían e iluminan mi camino de vida, bendiciendo cada paso que doy, para seguir adelante y mantenerme fuerte en cada desafío que la vida me presenta.

En memoria a mis dos extrañables abuelitas **LAURA MORALES SILVA** y **ROSA EMERITA GARCIA GARCIA**, que en vida fueron mujeres de fortaleza y lucha para su familia y que con amor dejaron las mejores enseñanzas de vida.

A mi admirable e incondicional madre **YAQUELIN**, que con su amor, apoyo, enseñanzas y coraje me motiva a seguir adelante y luchar por mis objetivos y planes de vida.

A mi queridísimo padre **MIGUEL**, que con su comprensión y ayuda me permitió avanzar con respaldo en cada meta trazada y en los momentos más previstos.

A mis hermanos **DEYBBIE** y **KATHERYN** por el lazo de amor que nos une y el respaldo incondicional que siempre nos tenemos para lograr lo que más anhelamos en nuestras vidas.

A mis tiernos y cariñosos sobrinos **NOEYMI** y **DANIEL**, que permitieron involucrarme en sus vidas como una segunda mamá que desea lo mejor para sus vidas y que siempre contarán con mi amor y apoyo incondicional.

A la **MÚSICA**, que en con el pasar de los años me muestra que es una de mis pasiones que siempre me acompañan, siendo mi mayor confidente, y sobre todo mi mejor soporte para enfrentar cada desafío y lograr alcanzar cada meta y sueño anhelado.

AGRADECIMIENTO

A mi prestigiosa ALMA MATER, Universidad Nacional Agraria de la Selva, institución que me dio la oportunidad de aprender, conocer y valorar la importancia de estudiar y formarme como profesional junto a personas extraordinarias, para el servicio de la sociedad por un mejor mañana en mi país.

A mis respetables docentes que con vocación, dedicación, responsabilidad y empatía me guiaron con sus mejores enseñanzas y consejos como si fuera un familiar cercano a quien aprecian y siempre desean los mejores éxitos en mi carrera profesional.

A mi profesor y asesor Ph.D. Medardo Antonio Díaz Céspedes, quien, con su paciencia, perseverancia, dedicación y su valioso tiempo me brindaron la oportunidad de la realización y culminación de la tesis.

A los miembros del jurado de mi tesis por su comprensión y aporte valioso a la mejora del desarrollo y proceso de la Tesis, con el fin de que la ejecución sea adecuada cumpliendo los requerimientos establecidos.

A mis familiares por su constante apoyo, contribución y confianza en la culminación de mis estudios.

A los colaboradores del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexos La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD - PS), por su apoyo y colaboración responsable en las labores de campo.

A todas las personas que me brindaron su amistad incondicional para la realización del trabajo de investigación.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Digestibilidad.....	3
2.1.1. Métodos utilizados en la digestibilidad.....	3
2.1.2. Coeficiente de digestibilidad.....	3
2.1.3. Factores que afectan la digestibilidad.....	4
2.2. Modelos de ecuación para estimar la digestibilidad.....	5
2.3. Marcadores o indicadores	6
2.3.1. Clasificación de indicadores.....	6
2.4. Pastura tropical.....	7
2.5. Generalidades del pasto alemán.....	8
2.5.1. Taxonomía del pasto alemán.....	8
2.6. Compuestos nutritivos de la pastura que determinan la digestibilidad.....	8
2.7. Sistemas de pastoreo.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1. Lugar y fecha de ejecución del experimento.....	12
3.2. Tipo de investigación.....	12
3.3. Componentes en estudio.....	14
3.3.1. Instalaciones.....	14
3.3.2. Equipos y materiales.....	14
3.3.3. Insumo en estudio.....	14
3.3.4. Alimentación.....	14

3.3.5. Animales.....	14
3.3.6. Sanidad.....	15
3.3.7. Metodología de estudio.....	15
3.3.7.1. Toma de muestras del pasto.....	15
3.3.7.2. Toma de muestras fecales.....	16
3.3.7.3. Análisis de laboratorio.....	17
3.3.7.4. Digestibilidad de materia orgánica de las pasturas.....	17
3.3.7.5. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la pastura.....	18
3.3.7.6. Coeficiente de digestibilidad y nutrientes digestibles.....	19
3.4. Variables independientes.....	20
3.5. Análisis estadísticos.....	20
3.5.1. Variable dependiente.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
4.1. Digestibilidad de la materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán, a partir de la cuantificación de la proteína y utilizando el modelo de ecuación propuesta por LUCAS <i>et al.</i> (2005).....	22
4.2. Digestibilidad de la materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán, a partir de la cuantificación de nitrógeno y utilizando el modelo de ecuación propuesta por KOZLOSKY <i>et al.</i> (2012).....	23
4.3. Digestibilidad de la materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán, a partir de la cuantificación de nitrógeno y fibra detergente acida, utilizando el modelo de ecuación propuesta por COMERON y PEYRAUD (1993).....	25

4.4. Digestibilidad <i>in vitro</i> de materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán en toretes de carne al pastoreo.....	26
4.5. Coeficiente de digestibilidad de los componentes nutritivos del pasto alemán, en toretes de carne al pastoreo.....	31
V. CONCLUSION.....	33
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	34
VII. REFERENCIAS.....	35
ANEXO.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán, a partir de la cuantificación de la proteína cruda utilizando el modelo de ecuación propuesta por LUCAS <i>et al.</i> (2005).....	22
2.	Digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán, a partir de la cuantificación de nitrógeno utilizando el modelo de ecuación propuesta por KOZLOSKY <i>et al.</i> (2012).....	24
3.	Digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán, a partir de la cuantificación de nitrógeno y fibra detergente acida y utilizando el modelo de ecuación propuesta por COMERON Y PEYRAUD (1993).....	25
4.	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia orgánica del pasto alemán, en toretes de carne al pastoreo	27
5.	Coefficiente de digestibilidad de los componentes nutritivos del pasto alemán, en toretes de carne al pastoreo.....	30

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Localización geopolítica del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexos La Divisoria - Puerto Súngaro, Distrito José Crespo y Castillo, Provincia de Leoncio Prado y Región Huánuco.....	13
2.	Representación gráfica de los intervalos de confianza al 95 % de la digestibilidad de materia orgánica del pasto alemán <i>in vitro</i> y a partir de los nutrientes fecales utilizando los diferentes modelos de ecuación en toretes de carne al pastoreo	28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página.
1. Peso vivo de los toretes de carne de raza Brahman de 1 año y 8 meses de edad utilizados en el estudio de investigación en la época de lluvia en la selva alta de la región Huánuco del Perú.....	47
2. Composición química de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitchc, de 45 a 54 días de edad durante la época de lluvias.....	48
3. Composición química del pasto natural torourco (<i>Paspalum conjugatum</i> P. J. Bergius).de 45 a 54 días de edad durante la época de lluvias.....	49
4. Composición química de heces en base seca al 100% 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 lluvia (n = 7, promedios \pm desviación estándar).....	50
5. Producción de heces, digestibilidad y consumo en toretes al pastoreo del pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitchc en época de lluvia.	51
6. Digestibilidad de la materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitchc, utilizando diferentes modelos de ecuación a partir de la concentración de dióxido de titanio y nutrientes fecales en época de lluvia.....	52
7. Digestibilidad aparente <i>in vitro</i> de la materia orgánica en base seca de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán <i>Echinochloa</i>	

	<i>polystachya</i> (Kunth) Hitchc, de los días 1, 2, 3, 7, 8, 9. sometidos a un sistema de pastoreo continuo durante la época de lluvia.....	53
8.	Coeficiente de digestibilidad y nutrientes digestibles de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitchc, utilizando diferentes modelos de estimación en toretes de carne al pastoreo continuo durante la época de lluvias.....	54

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexos La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD - PS) correspondiente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) en el distrito José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco –Perú. El objetivo de la investigación fue estimar la digestibilidad de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, a partir de los nutrientes fecales utilizando diferentes modelos de ecuación en toretes de carne al pastoreo. Se manejo un área de pastura tropical de 1.5 hectáreas con predominancia (97%) del pasto alemán a partir de 45 días de edad, para el pastoreo durante 9 días, de siete toretes raza Brahman con un peso promedio de 263 kg y con edad promedia de un año y ocho meses. La metodología se desarrolló en cuatro etapas, con un tipo de investigación descriptivo. Las muestras de la pastura fueron realizadas durante 9 días consecutivos a través del método destructivo de corte y separación manual por especies y partes, con la técnica se zigzag y puntos de corte. La colecta de heces realizada a cada torete fue durante 9 días, utilizando la técnica de colección parcial de heces, con el uso del marcador externo dióxido de titanio. La digestibilidad se determinó a partir de la cuantificación de los nutrientes (materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente acida y energía bruta) utilizando diferentes modelos de ecuación. Para determinar la digestibilidad *in vitro* de materia orgánica, se utilizó la tecnología Ankom Daisy II. Para el análisis de los valores de digestibilidad, se utilizó una distribución t de student con intervalos de confianza al 95%. Los resultados muestran que los valores de digestibilidad utilizando el modelo propuesto por LUCAS *et al.* (2005) se encuentran más cercanos a los valores de digestibilidad *in vitro* a diferencia de los demás modelos. Concluyéndose que la digestibilidad de la materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán en toretes de carne al pastoreo, puede determinarse a partir de nutrientes utilizando diferentes modelos de ecuación propuesto por LUCAS *et al.* (2005) fue 66.0%, KOZLOSKY *et al.* (2012) fue 69.9% y COMERON y PEYRAUD (1993) fue 71.5%.

Palabras claves: Digestibilidad, *Echinochloa polystachya*, nutrientes, modelos de estimación.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the facilities of the Tulumayo Annexes La Divisoria - Puerto Súngaro Research and Production Center (CIPTALD - PS) corresponding to the National Agrarian University of La Selva (UNAS) in the José Crespo y Castillo district, province of Leoncio Prado, Huánuco Region –Peru. The objective of the research was to estimate the digestibility of tropical pasture with a predominance of German grass *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, from fecal nutrients using different equation models in grazing beef bulls. A tropical pasture area of 1.5 hectares was managed with predominance (97%) of German grass from 45 days of age, for grazing for 9 days, seven Brahman bulls with an average weight of 263 kg and with average age one year and eight months. The methodology was developed in four stages, with a descriptive type of research. The pasture samples were made for 9 consecutive days through the destructive method of cutting and manual separation by species and parts, with the zigzag technique and cut points. The feces collection was carried out for each bull for 9 days, using the partial feces collection technique, with the use of the external marker titanium dioxide. Digestibility was determined from the quantification of nutrients (organic matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and gross energy) using different equation models. To determine the in vitro digestibility of organic matter, the Ankom Daisy II technology was used. For the analysis of the digestibility values, a student's t distribution with 95% confidence intervals was used. The results show that the digestibility values using the model proposed by LUCAS et al. (2005) are closer to the in vitro digestibility values, unlike the other models. Concluding that the digestibility of the organic matter of the tropical pasture with a predominance of German grass in grazing beef bulls, can be determined from nutrients using different equation models proposed by LUCAS et al. (2005) was 66.0%, KOZLOSKEY et al. (2012) was 69.9% and COMERON and PEYRAUD (1993) was 71.5%.

Keywords: Digestibility, *Echinochloa polystachya*, nutrients, estimation models.

I. INTRODUCCIÓN

La selva alta del Perú cuenta con una biodiversidad de especies forrajeras que tienen gran importancia en la alimentación animal, porque son la fuente de alimento más barato y accesible para los rumiantes al pastoreo. Algunos pastos son de alta producción que resisten a suelos de menor fertilidad, inadecuados drenajes y pendiente mínima, como la pastura alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch, que es una especie forrajera que tiene una facilidad de establecimiento, resistente al pastoreo y una buena adaptabilidad como pasto de corte (DA CRUZ Y SOTO, 1994), el cual permite ser una gran alternativa de aumentar la producción y productividad ganadera en zonas lluviosas.

La productividad se logra por uno de los factores principales en la ganadería, como la digestibilidad, que define la calidad y la capacidad de un alimento de ser expresado por un animal (SAN MIGUEL, 2006). La colección total de heces, es el método más tradicional para medir la digestibilidad, el cual es un proceso con ciertas dificultades en particular en animales de pastoreo, en donde las heces son complicadas de manejar. Bajo esta problemática, se realizaron estudios utilizando marcadores que han permitido la cuantificación de nutrientes para estimar valores de digestibilidad aparente utilizando modelos de ecuación.

Dentro de estos modelos de ecuación tenemos a: COMERON y PEYRAUD (1993) quienes formularon este modelo de determinación fue en base al contenido de fibra detergente ácido (FDA) y nitrógeno en las excretas, LUCAS *et al.* (2005) plantearon para la proteína cruda fecal y KOZLOSKY *et al.* (2012) quienes formulan la estimación en base al nitrógeno fecal de la materia orgánica; estos procesos permiten facilitar el manejo con los animales al pastoreo y por ende disminuye el tiempo de estudio de la investigación.

Así mismo se propone este tipo de investigación, para determinar ¿Cuánto será la digestibilidad de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, a partir de nutrientes fecales, en toretes de carne al pastoreo?

Para esta pregunta se ha propuesto la siguiente hipótesis: Que a partir de los nutrientes fecales se puede determinar la digestibilidad de la pastura tropical con

predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc utilizando diferentes modelos de estimación.

En tal sentido en el presente trabajo se plante los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Estimar la digestibilidad de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, a partir de los nutrientes fecales utilizando diferentes modelos de ecuación en toretes de carne al pastoreo.

Objetivos específicos:

- Determinar la digestibilidad de la materia orgánica pasto alemán en toretes de carne al pastoreo, a partir de la cuantificación de proteína cruda, utilizando el modelo de ecuación propuesta por LUCAS *et al* (2005).

- Determinar la digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán en toretes de carne al pastoreo, a partir de la cuantificación de nitrógeno, utilizando el modelo de ecuación propuesta por KOZLOSKY *et al.* (2012).

- Determinar la digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán, en toretes de carne al pastoreo, a partir de la cuantificación de nitrógeno y fibra detergente acida, utilizando el modelo de ecuación propuesta por COMERON y PEYRAUD (1993).

- Determinar la digestibilidad *in vitro* de materia orgánica del pasto alemán, en toretes de carne al pastoreo.

- Determinar el coeficiente de digestibilidad de los componentes nutritivos del pasto alemán, en toretes de carne al pastoreo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Digestibilidad

Digestibilidad faculta medir la disipación de los nutrientes durante el paso en todo sistema digestivo debido a la absorción. Es decir, cuando determinas la cantidad de nutrientes que han sido consumidos y cuanto de ello se ha desechado en las heces (MAYNARD *et al.*, 1992).

La degradación de los alimentos sucede en gran parte por digestibilidad fermentativa; estos procesos suceden gracias a los diferentes tipos de microorganismos que los rumiantes albergan en sus diferentes compartimentos estomacales. La digestión fermentativa favorece al animal permitiéndole degradar hidratos de carbono estructurales (celulosa, hemicelulosa y pectina) del pasto (CHURCH, 1988).

Los ganados domésticos se alimentan esencialmente de forrajes, que contienen gran cantidad de fibra: desde un 30% en pasturas frescas hasta un 80% para las pajas. La ingestión de alimentos en bovinos dura entre 6 y 9 horas; sin embargo, se alteran por la rumiación y se eleva con la cantidad de fibra en la dieta (I. N. R. A., 1981).

2.1.1. Métodos utilizados en la digestibilidad

LACHMANN *et al.* (2009) mencionan los métodos utilizados en la digestibilidad como el *in vivo*, que se valora bajo cierta cantidad de animales, que suele presentar complicaciones de tipo práctico referente al consumo de forrajes, y el *in vitro* que se asemeja al procedimiento natural de la digestión en laboratorio.

Por tanto, el método *in vitro* ha sido utilizado más ampliamente, que se refiere a que los pastos estén sujetos a la acción de los microorganismos de forma directa a nivel del rumen, permitiendo considerar este procedimiento más exacto para la predicción de la digestibilidad en rumiantes (GIRALDO *et al.*, 2007).

2.1.2. Coeficiente de digestibilidad

INIA- CIID (1996) menciona que el coeficiente de digestibilidad es el nutriente digerible expresado en porcentaje y su cuantificación se determina como la diferencia entre

el nutriente consumido y desechado (heces) por el animal en el tiempo de curso de la alimentación, por lo que la valoración nutricional de dicho alimento en vacunos la más ajustada a la realidad será su contenido en nutrientes digestibles totales (NDT).

LACHMANN *et al.* (2009) manifiestan que el coeficiente solo calcula la digestibilidad del nutriente ingerido; es decir el método que determinan el coeficiente de digestibilidad es el método indirecto que se refiere al método de las proporciones utilizando indicadores y/o marcadores.

2.1.3. Factores que afectan la digestibilidad

El desarrollo natural de los pastos, lugar de crecimiento, el aporte del suelo, el clima del lugar, la preferencia animal, el tipo de especie de pasto, el tipo de especie animal y componentes químicos menciona GUTIÉRREZ, (1991) son unos de los factores que afectan a la digestibilidad.

El medio ambiente y la temperatura, refiere BERNAL (1991) infieren en la calidad del forraje; debido a que sus diversas influyen directamente en las características anatómicas y morfológicas de las plantas y por tanto en su calidad nutritiva. Además, CANUDAS (2009) determina la calidad de los forrajes a través de su madurez, debido a la interrelación de la planta con el medio ambiente.

La variación de la dieta, influyen en la variabilidad de la población microbiana del rumen, el cual se requiere un tiempo determinado para adaptarse a una nueva alimentación, debido a esto disminuye la digestibilidad y posteriormente se da la adaptación (TOBAL, 2012).

La predilección del animal por el forraje, en un sistema de pastoreo, se presenta por la cantidad de forraje disponible y la calidad de diferenciación morfológica de las especies, la densidad de los forrajes que precisa la cantidad de nutrientes por unidad de área y la carga animal, es decir cuando aumenta el pastoreo, disminuye las posibilidades a una mejor selección por el animal y disminución de la disposición de las pasturas como alimento, así que esto, interrumpe una digestibilidad adecuada (GUTIÉRREZ, 1991). Además, en época húmeda, para el mantenimiento y adecuada producción de los animales es suficiente

los nutrimentos de los forrajes; a diferencia de la época seca, el consumo de nutrientes es escaso, por tanto, es necesario la suplementación de proteínas y minerales (CAMPOS, 2003).

2.2. Modelos de ecuación para estimar la digestibilidad

Los modelos de ecuación en rumiantes son herramientas alternativas de predicción, ampliamente utilizadas para estimar la digestibilidad (PILA *et al.*, 1996). Las ventajas de los modelos de ecuación permiten disminuir la mano de obra, el estrés y el inadecuado manejo producido al animal en el estudio de investigación, sin embargo, todo modelo de ecuación tiene un R^2 (coeficiente de determinación) (GUERIN *et al.*, 1989). Dentro de este marco de modelos de ecuación tenemos a:

COMERON y PEYRAUD (1993), mencionan que es posible presagiar en vacunos de producción lechera la digestibilidad de materia orgánica (DMO) de pasturas de clima templado mediante la concentración de nitrógeno fecal (Nf) y fibra detergente acida fecal (FDAf), siendo más viable el uso de los modelos de ecuación en cada especie forrajera y tipo de zona donde se encuentra y para cada corte, asimismo permite reducir el error estándar; por tanto, demostraron la Digestibilidad mediante la ecuación siguiente:

$$\text{DMO} = 0,791 + 0,0334 \text{ Nf} - 0,0038 \text{ FDAf}; \text{ con un } R^2 = 0.89.$$

LUCAS *et al.* (2005), refieren que la exactitud de la relación entre la concentración de proteína cruda de la materia orgánica en las heces con la digestibilidad podría ser afectada por la presencia de proteína cruda no dietaria en la excreción total de proteína cruda fecal, aun cuando, existe relación de la proteína cruda endógena en la materia orgánica fecal con la digestibilidad de la materia orgánica dietaria por dilución de la materia orgánica fecal en cantidades crecientes según **HERRERA *et al.*, (1990)** y **BLANK *et al.*, (1998)**. Además, **LUCAS *et al.* (2005)** mencionan que la proteína no dietaria sea sustituida, por la proteína cruda soluble en detergente ácido que al ser una variable muy sensible permite estimar la digestibilidad de la materia orgánica empleados en vacunos de producción de leche y pasturas del trópico, concluyendo de esta forma que es viable la relación de PCf en la evaluación de la digestibilidad de la dieta como un método indirecto, hallando el mejor ajuste con la relación curvilínea siguiente:

$$\text{DMO} = a_1 - 107.7 \exp^{(-0.01515 * \text{PCf [g/kg MO]}/100)}$$

Donde: $a_1 = 79.76$ y $a_2 = 72.86$; con un $R^2 = 0.82$

KOZLOSKY *et al.* (2012), aseguran que para calcular el consumo de materia orgánica (M.O) por los vacunos alimentados con forraje solo o más suplementos, las ecuaciones lineales son los más ideales, ya que se requiere ello el uso de nitrógeno fecal (Nf) para determinar la digestibilidad de la M.O; debido a ello en este tipo de investigación se estimó en corderos castrados alimentados con pastos del trópico (gramínea sola y gramínea con leguminosa) calculando la cantidad de nitrógeno excretada en las heces, siendo positiva y significativa para las dietas con gramíneas y negativa para la dieta con leguminosa tropical. Por tanto, la ecuación es la siguiente:

$$\text{DMO} = 0.83 - 0.38 / \text{Nf con un } R^2 = 0.39.$$

2.3. Marcadores o indicadores

NORBERTO *et al.* (2007) mencionan que los marcadores administrados en diversas especies animales, actúan como componentes de referencia, que permiten un control de los ámbitos químicos y físicos de la digestión, estimar el flujo de la digestión parcial o total y la producción fecal. Así como LACHMANN *et al.* (2009) que aseguran que estos marcadores logran referencias físicas como la tasa de pasaje y/o químicos como hidrólisis y absorción en el proceso de digestión, de este modo permite que la información nutricional, sea mejor valorada cuantitativa y cualitativamente

BUÑAY (2010) refiere que el uso de marcadores para determinar la digestibilidad de los nutrientes se debe considerar lo siguiente: conocer la cantidad precisa a insertar en el alimento y que cantidad de ello están presentes en las heces luego del proceso de digestión, de igual forma conocer el componente nutricional del alimento y las heces; para así cumplir con la relación de estas concentraciones.

2.3.1. Clasificación de indicadores

LACHMANN *et al.* (2009) mencionaron que al clasificar los indicadores internos se refería a contenido natural del alimento, es decir que el organismo del animal no lo absorbe

ni lo digiere, y si se da es en pocas ocasiones, para ejemplificar tenemos tales como nitrógeno fecal, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido indigestibles, cenizas insolubles en ácidos, etc. Otro tipo de indicador son los externos, que son sustancias químicas (inertes) que se administran en forma directa al animal a través de la dieta alimentaria, es decir en diversas presentaciones que se requiera como cápsulas (oral), soluciones o aplicables directas al rumen, un ejemplo tenemos:

El Dióxido De Titanio (TiO₂) es una de las mejores alternativas en la investigación de valoración de la digestibilidad en animales al pastoreo (GLINDEMANN *et al.*, 2009 y SAMPAIO *et al.*, 2011); así mismo HASHIMOTO *et al.*, (2005) refiere que ofrece ventajas como bajo costo y una elevada estabilidad termodinámica, por lo que es un material resistente a medios corrosivos e inerte ante casi todos los ácidos y bases fuertes (ZHU y ZÄCH, 2009); además puede incluirse como agregado autorizado a los alimentos ya sea como un colorante aditivo en cantidades que no excedan el 1% del producto final (AAFCO, 1996).

2.4. Pastura tropical

La pastura tropical constituye un alimento muy económico en la actividad ganadera, por ello, su calidad está relacionada con su proceso de crecimiento y tipo de pasto, además del factor externo ambiental donde se encuentre (EDUARDO, 2010). Su gran capacidad como atributo nutritivo para elaborar materia seca, por ende, aportar los componentes nutricionales como proteína, energía, minerales, vitaminas y fibra al vacuno; además el desarrollo en diversos lugares que donde lleguen los rayos solares con una temperatura ambiental, posibilitan durante el año un adecuado crecimiento. (SÁNCHEZ, 2007).

La pastura tropical es afectada por factores ambientales como el suelo, el clima (duración e intensidad de la luz del día), la temperatura y la lluvia. Así mismo algunas de ellas como la lluvia y el nitrógeno proporcionado por el suelo, son factores que perjudican en la cantidad del forraje (si los suelos son deficientes); de este modo, para valorar una producción pecuaria potencial, es necesario tomar en cuenta durante el año, la disposición de la pastura, en cantidad y calidad para los vacunos (BOGDAN, 1997).

2.5. Generalidades del pasto alemán

El pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc es una gramínea que proviene de África y Brasil (HARVARD, 1969), conformada de estolones largos, consistencia suave, hojas largas y angostas, y de doble propósito (PITTIER, 1939; RÍOS y MELÉNDEZ, 1973).

Esta gramínea tiene una facilidad de establecimiento, preferencia a climas cálidos y húmedos con temperaturas mayores a 21 °C, además es resistente al pastoreo y a mayores números de animales por Ha., cabe destacar que tiene una buena adaptabilidad en zonas tropicales (DA CRUZ Y SOTO, 1994).

En cuanto a su producción forrajera responde mejor en el segundo y tercer corte, y el componente nutritivo decrece a medida que aumente la época de corte (MOLINARES, *et al.*, 1978); así mismo en una evaluación del pasto alemán con cortes de 41, 48, 55 y 62 días, el valor de los nutrientes resultaron convenientes, con cálculos elevados en la digestibilidad de la materia seca (COMBELLAS y GONZALES, 1973).

2.5.1. Taxonomía del pasto alemán

VERA (2014) reporta la taxonomía del pasto alemán de la siguiente forma:

GRUPO: Monocotiledóneas

FAMILIA: Poaceae

GÉNERO: *Echinochloa*.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc.

NOMBRE COMÚN: pasto alemán o camerún

2.6. Compuestos nutritivos de la pastura que determinan la digestibilidad

Para medir la calidad de los compuestos nutritivos de un forraje, sucede cuando la edad de cosecha varia en forma inversa, es decir cuando los componentes de la pared celular (FDN y FDA) aumentan y los contenidos celulares (proteína cruda y extracto etéreo)

disminuyen (RAMIREZ *et al.*, 2008). Además, la digestibilidad de la materia orgánica, es un factor principal que estima los valores de los nutrientes del pasto (MCDONALD *et al.*, 1993), esto se complementa con los valores de FDN, FDA y proteína bruta, que brindan información para el cálculo de las pasturas administradas en la dieta de los animales (CARDOZO, 2013).

Materia orgánica

La materia orgánica (MO) es parte de la clasificación de la materia seca, gran parte de su contenido orgánico implica actuar como componentes estructurales del organismo gracias a sus elementos minerales (MCDONALD *et al.*, 1993). Para facilitar la evaluación de la dieta en el ganado, su valor se considera en base seca, ya que facilita la evaluación del alimento administra al animal (ÁVILA, 1986).

La proteína cruda

Las gramíneas tropicales contienen proteína cruda que se encuentran de 3 al 20 %. Al aumentar la edad de las pasturas, los valores de proteína disminuyen, mas en tropico a diferencia de pasturas de ambiente templado (BOGDAN, 1997). Para cubrir la función de mantenimiento del peso corporal del animal, el valor mínimo de la proteína es en promedio de 7% (en base seca) (Minson, 1964; citado por ALEGRÍA, 1999).

Determinar la proteína cruda se da en base al contenido de nitrógeno del pasto; este valor es indispensable ya que aporta energía y aminoácidos esenciales a los microorganismos del rumen y al animal; en ese marco, al disminuir los niveles de proteína, reduce la fermentación microbiana, por ende aminora los niveles de alimento probables para una adecuada digestión diariamente (MCDONALD *et al.*, 1993). Los vacunos tienen predilección por las hojas y tallos en pastos jóvenes debido a los altos niveles de proteína, ya que este nutriente influye en la calidad nutricional, en la digestibilidad y consumo del forraje (RAMÍREZ, 1997).

Nitrógeno

El nitrógeno es parte de la proteína en el cual conforma un porcentaje constante y considerable del 16% (MAYNARD *et al.*, 1992). El nitrógeno no proteico (NNP) también es

parte de la proteína cruda, que, en los análisis de productos vegetales, permiten diferenciarse de las proteínas verdaderas determinadas en los análisis químicos de rutina (ÁVILA, 1986).

La metabolización del Nitrógeno no proteico por parte de los microorganismos del rumen es rápida; pero es lenta cuando se trata de un 32% es proteína insoluble que proviene de las hojas, 12% provenientes de otras partes de la planta y cercanos a un 18% no es aprovechable por los microorganismos (CHURCH 1988); además aumenta la fibra pero disminuye el nitrógeno total y el nitrógeno no proteico cuando aumenta la edad del pasto (I. N. R. A., 1981; ANNISON Y LEWIS, 1986).

La fibra detergente neutro y acida

Este tipo de fibra también es llamado contenido de pared celular (CPC) que establece el total de la parte fibra del pasto, que consta de celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina y silica; así mismo, está relacionado con el llenado del animal o la disposición del consumo de materia seca (HARRIS, 1993 Y CHALUPA *et al.* 1996); además un forraje de baja calidad sube a más del 65% de FDN (CARDOZO, 2013).

La celulosa es un componente esencial de la pared celular, siendo además un carbohidrato fundamental en la estructura de la planta, este componente de la fibra es rico en los forrajes maduros y representa el 15 a 20% de la materia seca de la dieta. La hemicelulosa es un componente de la pared estructural que está formada por glucosa, galactosa y/o fructuosa, representar hasta 10 a 15% de la materia seca de la dieta (HUTJENS Y CASAMIGLIA, 2003). La lignina es una molécula indigestible en el rumiante y ejerce un efecto negativo en la digestión, debido a que limita el ingreso de bacterias e áreas degradables de la fibra; a mayor madurez mayor lignina (BACH Y CALSALMIGLIA, 2006)

En el trópico las gramíneas se distinguen por un alto contenido de pared celular, el cual es notable los cambios que sufren cuando continua su madurez (VAN SOEST, 1994). Se estima que para las plantas tropicales jóvenes oscila entre 22 y 25 % FDN, en adultas entre el 30 y 40% FDN, elevándose estos valores de acuerdo avance la edad y las temperaturas se eleven (BOGDAN, 1997), siendo un 70 % FDN como nivel máximo crítico en pastos;

cantidades altas posiblemente afecten la producción y se refleje en la disminución del consumo y en la disminución del peso del animal (ECHEVARRÍA, 1994).

La fibra detergente acida (FDA), es una fracción que se considera contraria a la digestibilidad de los alimentos así mismo en la aportación de energía. Este contenido de fibra en los alimentos ha permitido determinar el contenido de energía de los mismos. Con este tipo de fibra se logra calcular los contenidos de lignina y sílica (GRANT, 1991).

2.7. Sistemas de pastoreo

Este tipo de sistema permite mantener y aumentar la producción del animal a un gran nivel, sin perjudicar las pasturas, además su producción y condiciones mejora constantemente (GUTIÉRREZ, 1991). Es así que uno de los sistemas de alimentación del tipo pastoreo continuo mantiene pastando a los animales en un potrero, es decir, en este tipo de sistema, los animales consumen mayormente pasturas mas tiernas, en cambio cuando hay menor disposición de forrajes, aumenta la presión de pastoreo, por tanto, el mayor consumo de pastos maduros y estratos de menor calidad de la pastura de menor calidad, haciendo que influya en el comportamiento animal (REYES *et al.* 2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y tiempo del estudio de investigación

Este estudio de investigación se desarrolló en las instalaciones del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexos La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD - PS) correspondientes a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) ubicado en la ciudad de Tingo María, Distrito José Crespo y Castillo, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco; con coordenadas de 08° 51´ latitud sur y 75° 56´ de longitud oeste, en una altitud de 660 m.s.n.m, a una temperatura promedio de 23.6°C, la precipitación pluvial anual varía entre 2193 a 3760 mm; clasificado como Bosque Muy Húmedo Pre Montano tropical (bmh-PT) (SENAMHI, 2017).

La Investigación se llevó a cabo durante 3 meses, iniciándose el mes de marzo y culminándose el mes de mayo del 2017.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de estudio de investigación es descriptivo, el cual consiste en determinar, describir, analizar e interpretar la digestibilidad del pasto alemán, a partir de los nutrientes fecales utilizando diferentes modelos de ecuación en toretes de carne al pastoreo.

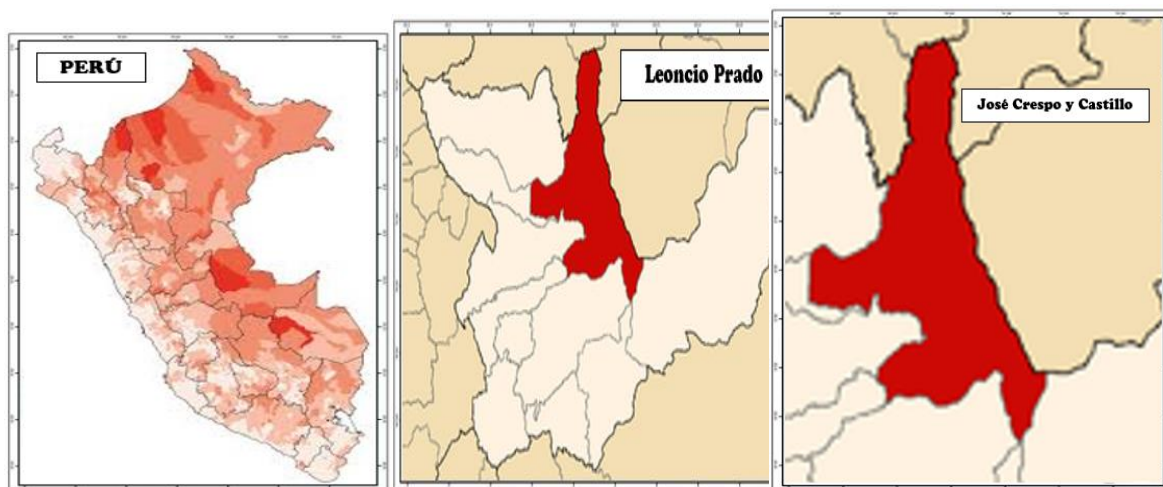


Figura 1. Localización geopolítica del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexos La Divisoria - Puerto Súngaro, Distrito José Crespo y Castillo, Provincia de Leoncio Prado y Región Huánuco.

3.3. Componentes en estudio

3.3.1. Instalaciones

Para el manejo de los animales fue en un potrero de 1.5 hectáreas de terreno con una pendiente de 3%, con sembrío de pasto de predominancia (97%) del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc y (3%) el pasto natural torourco (*Paspalum conjugatum* P. J. Bergius) en área de las instalaciones del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexos La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD - PS) establecido hace 15 años. Asimismo, el potrero fue cercado con postes de madera, que se unió con alambres de púa y asegurándolos con grapas de acero; por otro lado, el corral de manejo este cercado de fierros y columnas de concreto, dentro de ello se dispone de guillotina y manga de madera para el uso factible en las labores de manejo diario.

3.3.2. Equipos y materiales

En el estudio se contó con una balanza digital, nariceras, aretes, sogas, guantes de palpación, lanza bolos, envases herméticos, baldes, marcador, tijera podadora, cuaderno de campo, lapiceros, etc.

3.3.3. Insumo en estudio

Los insumos en estudio fueron los componentes nutritivos siguientes: materia orgánica, proteína cruda, nitrógeno, fibra detergente acida, fibra detergente neutra y energía bruta.

3.3.4. Alimentación

Los animales fueron alimentados con pastura tropical con predominio del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, a través del sistema de pastoreo continuo (9 días de ocupación y 45 días de descanso), además se realizó en cada ciclo de pastoreo fertilización nitrogenada (50 kg nitrógeno/ha) a cada animal.

3.3.5. Animales

El estudio se realizó en siete toretes machos de la raza Brahman, con un peso promedio de 263.00 kg de peso vivo con edad promedio de un año ocho meses, procedentes del Centro de Producción e Investigación Tulumayo Anexo La Divisoria (CIPTALD - UNAS).

3.3.6. Sanidad

Previamente a dos meses anticipados a la etapa experimental se aplicó el principio activo con Albendazol para desparasitar y se aplicó vitamina a cada uno y de acuerdo al peso de cada torete.

3.3.7. Metodología de estudio

Para el cumplimiento del objetivo general, la investigación está basada en el desarrollo de una metodología que propone determinar la digestibilidad de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc a partir de nutrientes fecales utilizando diferentes modelos de estimación. El proceso metodológico consistió en las siguientes etapas:

Primera etapa, comprendió de 1 a 5 días para la adaptabilidad de los toretes en el corral de manejo, reduciendo al máximo los cambios bruscos y posible estrés.

Segunda etapa, comprendió de 5 a 12 días para la ingesta del indicador (capsulas de gelatina de 25 g de dióxido de titanio) y la toma de heces de 100 g mediante la técnica de colecta parcial, colocados en envases herméticamente.

Tercera etapa, comprendió el análisis de las muestras en los laboratorios respectivos para la determinación de los nutrientes fecales.

Cuarta etapa, consto en determinar la digestibilidad de materia orgánica utilizando los diferentes modelos de ecuación.

3.3.7.1. Toma de muestras del pasto.

Las muestras del pasto fueron tomadas a través de la técnica de zig - zag y puntos de corte o núcleos, este tipo de metodología se realiza en forma manual los cortes y separaciones

de cada parte y tipo de especie forrajera, (MELGAREJO, 2017), así mismo se empleó un cuadrante metálico de 1 m x 1 m (HARGREAVERS Y KERR, 1992, MENDOZA Y LASCANO, 1986).

Cada muestra de pasto fue cortada antes, durante y después de pastoreo a una distancia de 5 cm de la superficie del suelo con el uso de las tijeras podadoras de pastos a espacios de 20 metros aplicando la técnica de zig - zag, con la cautela de no contaminar y ser precisos para la obtención de 9 muestras por hectárea.

Al momento del corte se consideró solo a los pastos que se encontraban dentro de cuadrante y se excluyó a los que estuvieron fuera del mismo. Luego se juntaron y mezclaron por nueve días para formar muestras compuestas, respectivamente se los separo de las malezas para luego tomar 2 submuestras de 1 kg estas son: el pasto alemán (hoja, tallo y senescente) y pasto natural, así mismo se los procedió al pesaje y colocación en cada bolsa de papel, identificados y llevados a una estufa de aire circulante a 60 °C/48 horas, para el adecuado secado.

3.3.7.2. Toma de muestras fecales

Estas muestras con ayuda de guantes, fueron tomadas una vez al día cada 24 horas y a la misma hora (14:00 pm), durante 7 días, de la cantidad de 100 g utilizando el método de colecta parcial. Dichas muestras de cada animal fueron colocadas en un envase herméticamente rotulado (fecha y número de muestra), posteriormente se procedió a llevarlo a una estufa con aire circulante por 48 horas a 40 °C para el secado respectivo. Finalmente, para obtener una muestra compuesta, se mezcló dicho material con ayuda de una molienda (tamiz de 1 mm).

Respecto al dióxido de titanio (TiO₂) fue proporcionado oralmente como un marcador (en forma aleatoria a los 7 animales), es decir en la presentación de cápsulas de gelatina TORPAC® #7 (volumen 24 ml, longitud. 77 mm, diámetro externo 23.3 mm) en un tiempo de quince días consecutivos, en dosis de 25 g/animal/día (en donde la adaptación fue durante 7 días y la colección en días en cada periodo de investigación (ZORRILLA, 1980).

El promedio de excreción fecal diaria de Materia Orgánica (MOF, kg-1) fue determinado a partir de la valoración diaria de dióxido de titanio con la dosis respectiva, asimismo de la concentración de las heces (PRIGGE *et al* 1994):

$$\text{MOF, kg}^{-1} = \frac{\text{Dosis del marcador externo, mgd}^{-1}}{\text{Concentración del marcador externo en heces, mgkg}^{-1} \text{ MO}}$$

3.3.7.3. Análisis de laboratorio

La composición química (materia seca y proteína cruda), para el análisis de estos elementos se realizaron 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). De este modo se aplicó el método 930.15 para la materia seca, el método 942.05 para la ceniza y el método de micro-Kjeldahl, método 920.87. para el contenido de nitrógeno.

La energía bruta del pasto y las heces, para el cálculo de ello, se realizó a través de la bomba de calorimetría adiabática (Parr Instrument Company 6300, Illinois, EE. UU.) que se encuentra en el Laboratorio de evaluación nutricional de alimentos (LENA), ubicado en la Facultad de Zootecnia perteneciente a la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM – LIMA).

La Fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA), para el análisis de estas fibras se usó el método de MERTENS (2002) y VANSOEST *et al.* (1991); para ello se requirió la tecnología Ankom, además esta tecnología fue realizada en el Laboratorio de Fibras de la Facultad de Zootecnia – UNALM.

El dióxido de Titanio (TiO₂) para determinar este marcador se realizó a través de espectrofotometría UV (Jenway 6300) y a una longitud de onda de 405 nm, este tipo de análisis. se realizó en el Instituto de Ciencias Agrícolas en los Trópicos (Instituto Hans-Ruthenberg) de la Universidad de Hohenheim – Alemania.

3.3.7.4. Digestibilidad de materia orgánica de las pasturas

Determinar la digestibilidad de materia orgánica en base a nutrientes fecales se logró con la valoración de concentrados de nutrientes en el contenido de heces, para aquello se requirió aplicar las siguientes ecuaciones de estimación.

Ecuación basada en la concentración de proteína cruda fecal propuesto por LUCAS *et al.* (2005):

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

Donde:

DMO = Digestibilidad de la materia orgánica.

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

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

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

Donde:

DMO = Digestibilidad de la materia orgánica.

Nf = Contenido de nitrógeno en la materia orgánica fecal.

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

$$\text{DMO} = 0.780 + 0.0334 \text{ Nf} - 0.0038 \text{ FDAf}$$

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.

3.3.7.5. Digestibilidad *in vitro* de la pastura

Este tipo de digestibilidad de la materia orgánica se determinó con el protocolo para el incubador Daisy II[®] (ANKOM Technology, Farport, NY-USA), empleo N° 57 de bolsas

Filtros con 25 μm de poro y 5×4 cm de dimensión, en cada uno se insertó 0.25 g de muestra por bolsa de 36 cm^2 , para este propósito se tuvo de realizar un sello con calor. De este modo para generar el factor de corrección ante un probable acceso de partículas o disminución de peso de las bolsas, se procedió a incubar en una jarra de digestión con 6 muestras de replicas dobles para cada bosa de 12 unidades/jarra y al azar adicionamos una bolsa vacía sellada (blanco).

Además, para instaurar condiciones de incubación similares a las de *in vivo*, se recurrió al principio de funcionamiento de Daisy II[®], utilizando soluciones empleadas por VAN SOEST *et al.* (1991).

Las muestras y el líquido ruminal fueron juntados de igual cantidad, asimismo estas soluciones fueron preparadas en condiciones anaeróbicas permanentes, en donde se añadió mezclado y filtrado 400 ml de líquido ruminal, a través de 2 bolsas de nylon con 50 μm del tamaño de los poros; para luego estas mutras sean incubadas por 48 horas en Daisy II[®], en $39.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$ de temperatura, previamente haber realizado el agite circular constante que proporciona el equipo.

Posteriormente para retener la fermentación después de la incubación, se procedió en agua con temperaturas bajas a realizar el lavado de las bolsas, de este modo se detuvo la fermentación, más luego con estufa de aire forzado se realizo el secado a $105^\circ\text{C}/2\text{h}$ y finalmente dentro de un horno mufla se incinero a $600^\circ\text{C}/8\text{h}$. De este modo se logra los resultados en términos de Digestibilidad in vitro de materia orgánica (GIRALDO *et al.* 2007).

3.3.7.6. 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.

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

Donde:

ND = Nutriente digestible

Ntotal = Nutriente total

CDN_p = Coeficiente de digestibilidad del nutriente en el pasto.

3.4. Variables independientes

- Modelo de estimación basada en la concentración de nitrógeno fecal y fibra detergente acida fecal propuesto por COMERON Y PEYRAUD (1993).
- Modelo de estimación basada en la concentración de nitrógeno fecal propuesto por KOZLOSKY *et al.* (2012).
- Modelo de estimación basada en la concentración de proteína cruda fecal propuesto por LUCAS *et al.* (2005).

3.5. Análisis estadísticos

En la investigación los datos utilizaron una distribución t de Student y se determinó los valores de Intervalos de confianza de la media poblacional en un 95% de confiabilidad.

Cálculo de intervalo de confianza (IC):

$$IC = \bar{X} \pm (t_{\alpha/2}; gl * S/\sqrt{n})$$

Donde:

\bar{X} : promedio

α : 5%

gl : n - 1

S : desviación estándar muestral

n : número de muestras.

3.5.1. Variable dependiente

- Digestibilidad de la materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, a partir de los nutrientes fecales utilizando diferentes modelos de ecuación en toretes de carne al pastoreo.
- Coeficiente de digestibilidad de los componentes nutritivos de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, en toretes de carne al pastoreo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Digestibilidad de la materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán, a partir de la cuantificación de la proteína cruda y utilizando el modelo de ecuación propuesta por LUCAS *et al.* (2005).

Cuadro 1. Digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán, a partir de la cuantificación de proteína cruda utilizando de este modelo de ecuación propuesta por LUCAS *et al.* (2005)

ANIMAL (Código)	PROTEINA CRUDA FECAL (g/kg)	MODELO LUCAS <i>et al.</i> (2005) DMO (%)
4	194.7	67.2
6	168.4	64.5
8	185.5	66.4
9	173.9	65.1
10	166.0	64.2
13	196.6	67.4
14	193.4	67.1
PROMEDIO		66.0
INTERVALO DE CONFIANZA 95% (Li ; Ls)		64.6; 67.2

DMO: digestibilidad de materia orgánica. 95%: nivel de confianza. Li: límite inferior. Ls: límite superior. LUCAS *et al.* (2005): $DMO = a - 107.7 \times \exp(-0.01515 \times PCF [g/kg MO]/100)$.

En el **cuadro 1**, se presenta los resultados de la digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán utilizando el modelo de ecuación propuesta por LUCAS *et al.* (2005) en la investigación fue de 66% con un intervalo de confianza de 64.6% a 67.2%, los cuales se ubican en los valores de MINSON Y MCKEID (1978), que reportaron superior al 60% de digestibilidad de materia orgánica de las pasturas con una edad de 7 semanas, a diferencia de COMBELLAS (1998), que reportó datos de digestibilidad aparente del pasto Camerún de

63.0, 62.2, 59.1 y 60.5%, para las frecuencias de corte a los 41,48, 55 y 62 días, respectivamente; estos valores podrían deberse a lo que refieren MOLINARES *et al.* (1978) Y GILLET (1984), a medida que la edad del forraje es mayor, la acción protectora de otros constituyentes celulares dificultan el uso del nitrógeno por los microorganismos; además BERNAL (1991) menciona que lo conforma diversos nutrientes que se fragmentan dentro del metabolismo y ser aprovechado por el animal la y ser empleado por su organismo (BERNAL, 1991).

Además, el modelo de ecuación propuesta por LUCAS *et al.* (2005), que permitió determinar la digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán a partir de la cuantificación de la proteína cruda fecal, utilizaron la estimación en una investigación con bovinos de producción de leche en la etapa de seca y toretes, alimentados en pastoreo con pasturas tropicales, debido a estar en condiciones similares al estudio de investigación los resultados fueron más predictivos.

4.2. Digestibilidad de la materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán, a partir de la cuantificación de nitrógeno y utilizando el modelo de ecuación propuesta por KOZLOSKY *et al.* (2012).

Cuadro 2. Digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán, a partir de la cuantificación de nitrógeno utilizando el modelo de ecuación propuesta por KOZLOSKY *et al.* (2012).

ANIMAL (Código)	NITRÓGENO FECAL (%)	MODELO KOZLOSKY <i>et al.</i> (2012) DMO (%)
4	3.1	70.8
6	2.7	68.9
8	3.0	70.2
9	2.8	69.3
10	2.7	68.7
13	3.1	70.9
14	3.1	70.7
PROMEDIO		69.9
INTERVALO DE CONFIANZA 95% (Li; Ls)		69.1; 70.8

DMO: digestibilidad de materia orgánica. 95%: nivel de confianza. Li: límite inferior. Ls: límite superior. KOZLOSKY *et al.* (2012):
DMO= 0.83 - 0.38/NF.

En el **Cuadro 2**, se muestra la digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán utilizando el modelo de ecuación propuesta por KOZLOSKY *et al.* (2012) en la investigación fue de 69.9% con un intervalo de confianza de 69.1% a 70.8%, los cuales se encontraron dentro de los valores de digestibilidad reportados por COMBELLAS & GONZALEZ (1973) que obtuvieron una digestibilidad aparente del pasto alemán 68.4%, 57.3% y 63.7 %, para las frecuencias de corte a los 41, 48 y 55 días, respectivamente; pero superó los obtenidos por MINSON Y MCLEOD (1990) quienes encontraron los porcentajes de digestibilidad a los 49 días de edad al 62%, esto posiblemente se deba al uso de otras técnicas de medición de la digestibilidad.

Así mismo estas diferencias pueden deberse también a que el modelo de ecuación propuesta por KOZLOSKY *et al.* (2012) que determina la digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán a partir de la cuantificación de nitrógeno en corderos castrados

con raciones de pastos tropicales es decir gramínea sola y gramínea con leguminosa, donde cuantificaron los valores de nitrógeno excretada en las heces, fue positiva y significativa para las dietas con gramíneas y negativa para la dieta con leguminosa tropical, de este modo BONDI (1989), FLORES y RODRÍGUEZ (2018) refieren que los valores pueden haber sido afectados por tipo de especie utilizada al generar el modelo (ovinos), debido a que en ovinos, caprinos y vacunos la digestibilidad de los alimentos de calidad es muy similar, no obstante, la digestión de fibra en pasturas de mala calidad por parte de las ovejas tiene mayor capacidad más que las vacas.

4.3. Digestibilidad de la materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán, a partir de la cuantificación de nitrógeno y fibra detergente acida, utilizando el modelo de ecuación propuesta por COMERON y PEYRAUD (1993).

Cuadro 3. Digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán, a partir de la cuantificación de nitrógeno y fibra detergente acida, utilizando el modelo de ecuación propuesta por COMERON Y PEYRAUD (1993).

ANIMAL (Código)	NITRÓGENO FECAL (%)	FIBRA DETERGENTE ACIDA (%)	MODELO COMERON Y PEYRAUD (1993) DMO (%)
4	3.1	49.9	70.5
6	2.7	43.4	71.6
8	3.0	47.9	70.8
9	2.8	45.5	71.1
10	2.7	46.0	70.5
13	3.1	45.4	72.4
14	3.1	42.3	73.4
PROMEDIO			71.5
INTERVALO DE CONFIANZA 95% (Li ; Ls)			70.5; 72.5

DMO: digestibilidad de materia orgánica. 95%: nivel de confianza. Li: límite inferior. Ls: límite superior. COMERON Y PEYRAUD (1993) DM = 0,791+0,0334 NF – 0,0038 FDA.

En el **Cuadro 3**, se presenta la digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán utilizando el modelo de ecuación propuesta COMERON Y PEYRAUD (1993) que obtuvo un 71.5%, con un intervalo de confianza de 70.5% a 72.5%, encontrándose dentro de los parámetros obtenidos por CANUDAS (2009) quien reportó la digestibilidad del pasto alemán entre 55% a 74%; estos resultados refieren MINSON y MCLEOD (1990) pueden deberse a que la digestión de forrajes del trópico son más eficaces en los vacunos, debido al tiempo de retención del forraje en el rumen, además POPPI *et al.* (1995) menciona que podría ser un factor que contribuye a la mayor eficiencia digestiva del vacuno.

En tal sentido el modelo de ecuación propuesta por COMERON y PEYRAUD (1993) que determina la digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán en función de la cuantificación de nitrógeno y fibra detergente acida, utilizaron la estimación en una investigación realizada en vacunos de leche y forraje de clima templado, en efecto CHACON y VARGAS (2009) mencionan que los valores obtenidos pueden estar influenciados a forrajes de clima frío, debido a que son más digeribles, por su menor crecimiento y por ende es mas lento su envejecimiento, pero mantiene su calidad nutritiva por mayor tiempo.

4.4. Digestibilidad *in vitro* de materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán en toretes de carne al pastoreo.

El **cuadro 4** muestra la digestibilidad *in vitro* de materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán, como parámetro de comparación respecto a esta digestibilidad del mismo pasto determinado con los modelos de ecuación propuesto por COMERON Y PEYRAUD (1993), LUCAS *et al.* (2005) y KOZLOSKY *et al.* (2012); más detalles que determinaron los valores de digestibilidad *in vitro* de materia orgánica muestra el **Anexo 6**.

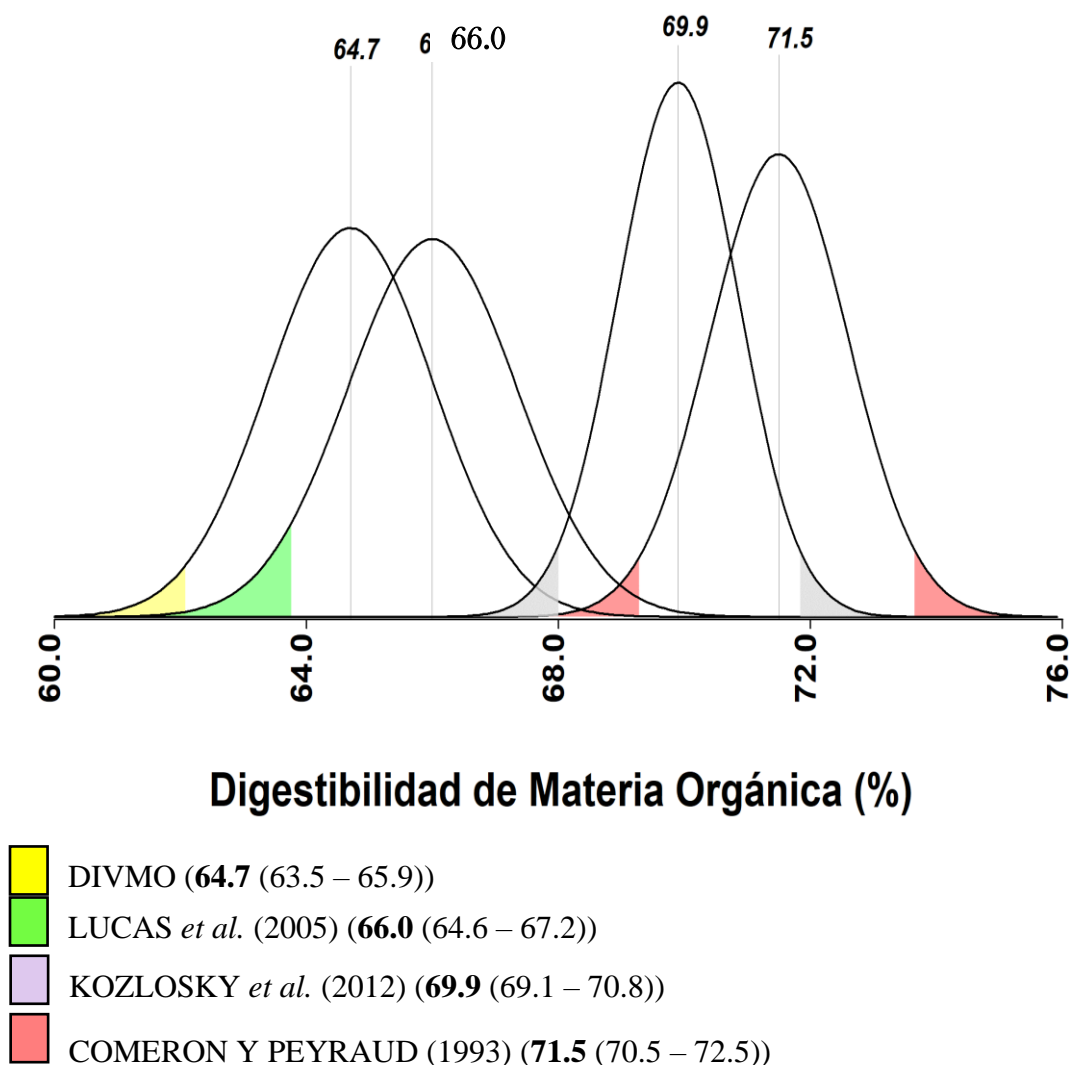
Cuadro 4. Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica del pasto alemán, en toretes de carne al pastoreo.

P. T. P. P. A.	Unid	<i>In vitro</i>	LUCAS <i>et al.</i> (2005)	KOZLOSKY <i>et al.</i> (2012)	COMERON Y PEYRAUD (1993)
D. M. O.	%	64.7	66.0	69.9	71.5
IC _{95%} (Li ; Ls)	%	63.5 ; 65.9	64.6 ; 67.2	69.1 ; 70.8	70.5 ; 72.5

P.T.P.P.A.: pastura tropical con predominancia del pasto alemán. **D.M.O.:** digestibilidad de materia orgánica. **IC_{95%}:** intervalo de confianza al 95%. **Li:** límite inferior. **Ls:** límite superior.

El **Cuadro 4**, se presenta el análisis descriptivo de la digestibilidad de materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán de 45 a 54 días de edad durante la época de lluvias, utilizando los tres modelos diferentes de ecuación a partir de la cuantificación de nutrientes fecales, se puede observar con el parámetro comparativo de la digestibilidad *In vitro*, el comportamiento de su valores dentro de los intervalos de confianza al 95% en donde se aprecia que la digestibilidad de materia orgánica del modelo de ecuación propuesto por LUCAS *et al.* (2005) presenta mejores valores de predicción (Figura 2).

Figura 2: Representación gráfica de los intervalos de confianza al 95 % de la digestibilidad de materia orgánica del pasto alemán *in vitro* y a partir de los nutrientes fecales utilizando los diferentes modelos de ecuación en toretes de carne al pastoreo.



En la **Figura 2**, se muestra la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc en toretes de carne al pastoreo fue de 64.7 %, con un intervalo de confianza de 63.5% a 65.9%, encontrándose dentro de los rangos comunes de digestibilidad *in vitro* de gramíneas reportados por VAN SOEST *et al.* (1991) quienes obtuvieron de 50% a 63%; superior a 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. Estas disimilitudes respecto a la digestibilidad aparente *in vitro*, menciona CANUDAS (2009), podrían haberse dado a factores como ecosistema, labores culturales y edad del pasto.

Así mismo al realizar el análisis y comparación de la digestibilidad *in vitro* de materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc., que fue 64.7%, respecto a la digestibilidad de materia orgánica del mismo pasto por los modelos de ecuación propuesto por COMERON Y PEYRAUD (1993) 71.5%, KOZLOSKY *et al.* (2012) 69.9% y LUCAS *et al.* (2005) 66.0%, se observó que la estimación de este último modelo fue el más cercano a los valores de la digestibilidad *in vitro* a diferencia de los demás modelos que distan mucho de lo determinado; por lo que se puede considerar, que debido a que el estudio de investigación se encontró bajo condiciones similares al modelo, la ecuación resulto ser más predictiva entre la digestibilidad *in vitro* e *in vivo*.

4.5. Coeficiente de digestibilidad de los componentes nutritivos del pasto alemán, en toretes de carne al pastoreo.

Cuadro 5. Coeficiente de digestibilidad de los componentes nutritivos del pasto alemán, en toretes de carne al pastoreo.

C.D.	Unid	LUCAS <i>et al.</i> (2005)		KOZLOSKY <i>et al.</i> (2012)		COMERON Y PEYRAUD (1993)	
		\bar{X}	IC _{95%} (Li ; Ls)	\bar{X}	IC _{95%} (Li ; Ls)	\bar{X}	IC _{95%} (Li ; Ls)
C. D. P. C.	%	42.5	41.1 ; 43.9	49.2	47.6 ; 50.8	51.7	49.4 ; 54.1
C. D. F. D. N.	%	73.3	72.1 ; 74.4	76.4	75.5 ; 77.2	77.6	76.4 ; 78.7
C. D. F. D. A.	%	66.9	65.2 ; 68.7	70.8	69.3 ; 72.2	72.2	70.2 ; 74.3
C. D. E. B.	%	69.1	67.9 ; 70.3	72.7	71.8 ; 73.6	74.1	73.5 ; 74.7
N.D.							
N. D. P. C.	%	3.4	3.3 ; 3.5	3.9	3.8 ; 4.0	4.1	3.9 ; 4.3
N. D. F. D. N.	%	48.1	47.3 ; 48.9	50.1	49.6 ; 50.7	50.9	50.2 ; 51.7
N. D. F. D. A.	%	23.3	22.7 ; 23.6	24.6	24.1 ; 25.1	25.1	24.4 ; 25.8
N. D. E. B.	kcal/kg	2607.7	2562.4 ; 2653.0	2743.5	2709.3 ; 2777.6	2796.7	2773.4 ; 2820.0

C.D.: coeficiente de digestibilidad. N.D.: nutriente digestible. C.D.P.C.: coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda. C.D.F.D.N.: coeficiente de digestibilidad de la fibra detergente neutra. C.D.F.D.A.: coeficiente de digestibilidad de la fibra detergente acida. C.D.E.B.: coeficiente de digestibilidad de la energía bruta. N.D.P.C.: nutriente digestible de la proteína cruda. N.D.F.D.N.: nutriente digestible de la fibra detergente neutra. N.D.F.D.A.: nutriente digestible de la fibra detergente acida. N.D.E.B.: nutriente digestible de la energía bruta. \bar{X} : promedio. IC_{95%}: intervalo de confianza al 95%. Li: límite inferior. Ls: límite superior.

El **Cuadro 5**, se muestra el coeficiente de digestibilidad del pasto alemán utilizando el modelo de estimación propuesto por LUCAS *et al.* (2005) fue de 42.5%, KOZLOSKY *et al.* (2012) fue de 49.2% y COMERON Y PEYRAUD (1993) que fue 51.7%; estos valores fueron cercanos a lo reportado por MENACHO (1990) quien obtuvo una digestibilidad de proteína del pasto Camerún de 77.6%, 77.2%, 69.38% y 68.54% en 21, 28, 35 y 42 días de edad respectivamente; estos valores podrían estar evidenciando a lo referido por MOLINARES *et al.* (1978) y GILLET (1984) que mencionan que la disminución de la digestibilidad de proteína de la pastura, se da a medida que la edad del forraje es mayor, asimismo podría explicarse que sus bajos niveles se debió a que la pastura fue manejada bajo un sistema extensivo con pastoreo continuo y escasos manejos de labores culturales, condiciones que son contrarias a lo recomendada por CANUDAS (2009), quién revela que cuando se maneja bajo un sistema intensivo y pastoreo rotacional los forrajes son mejorados. Además, el brote de nuevos macollos del pasto de la misma edad logra mejores condiciones.

El coeficiente de digestibilidad de la fibra detergente neutro del pasto alemán utilizando el modelo de estimación propuesto por LUCAS *et al.* (2005) fue 73.3%, KOZLOSKY *et al.* (2012) 76.4% y COMERON Y PEYRAUD (1993) 77.6%; fueron cercanos a la digestibilidad de fibra cruda reportado por MENACHO (1990) quien obtuvo 77.6%, este comportamiento puede deberse con lo que indica GILLET (1984) que no se debe madurar demasiado los pastos debido a que se incrementa la lignificación de sus tallos, así mismo HERNANDEZ (2010) refiere que en los componentes de fibra detergente neutra hay fracciones de digestión parcial (hemicelulosa).

El coeficiente de digestibilidad de la fibra detergente acida promedio del pasto alemán utilizando el modelo de estimación propuesto por LUCAS *et al.* (2005) fue de 66.9%, KOZLOSKY *et al.* (2012) fue 70.8% y COMERON Y PEYRAUD (1993) fue 72.2%, cercanos a lo encontrado por SEIJAS (1981) que obtuvo 63.5% de digestibilidad de Fibra Cruda en gramíneas tropicales; estos valores pueden deberse posiblemente a lo que refiere HERNANDEZ (2010) que la digestibilidad de la fibra muestran celulosa y lignina presente como componente estructural de la pared celular, pero estas están relacionadas de forma

negativa en la digestibilidad de la pastura, ya que al aumentar la edad del pasto también aumenta el contenido de Fibra; además HARRIS (1991) menciona que este hecho tiene efectos negativos en la digestibilidad, debido a que inhibe la acción de los microorganismos ruminales.

El coeficiente de digestibilidad de la energía bruta del pasto alemán utilizando el modelo de estimación propuesto por LUCAS *et al.* (2005) fue de 69.1%, KOZLOSKY *et al.* (2012) 72.7% y COMERON Y PEYRAUD (1993) fue 74.1%; cercanos a la digestibilidad obtenidos por VILLACORTA (1981) que obtuvo 58.4%, esta relación de valores podría explicarse con lo que menciona MENACHO (1990) que el incremento del contenido se eleva a mayor edad, ya que esto permite la disponibilidad y mayor uso por los microorganismos en el rumen.

V. CONCLUSION

1. La digestibilidad de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, en toretes de carne al pastoreo se determinó a partir de los nutrientes fecales utilizando diferentes modelos de estimación.
2. La digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán en toretes de carne al pastoreo, a partir de la cuantificación de proteína cruda utilizando el modelo de ecuación propuesta por LUCAS *et al.* (2005) fue 66.0%.
3. La digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán en toretes de carne al pastoreo, a partir de la cuantificación de nitrógeno, utilizando el modelo de ecuación propuesta por KOZLOSKY *et al.* (2012) fue 69.9%.
4. La digestibilidad de la materia orgánica del pasto alemán en toretes de carne al pastoreo, a partir de la cuantificación de nitrógeno y fibra detergente acida, utilizando el modelo de ecuación propuesta por COMERON y PEYRAUD (1993) fue 71.5%.
5. La digestibilidad *in vitro* de materia orgánica del pasto alemán en toretes de carne fue 64.7%.
6. Los coeficientes de digestibilidad de los componentes nutritivos del pasto alemán, propuesto por el modelo de ecuación de LUCAS *et al.* (2005), KOZLOSKY *et al.* (2012) y COMERON y PEYRAUD (1993) en P.C. fueron 42.5%, 49.2 y 51.7% respectivamente; en F.D.N. fueron 73.3%, 76.4% y 77.6% respectivamente, en F.D.A. fueron 66.9%, 70.8% y 72.2% respectivamente y en E.B. fueron 69.1%, 72.7% y 74.1% respectivamente.

V. PROPUESTAS A FUTURO

Efectuar estudios de investigación de digestibilidad en otros tipos de pasturas más predominantes en la selva alta del Perú, utilizando los diferentes modelos de ecuación para determinar cuál es el que se ajusta a la realidad tropical, para así reducir los costos de la evaluación y el estrés que se ocasiona a los animales en la etapa de investigación.

Realizar las investigaciones de digestibilidad de pasturas del trópico en mayor número de animales utilizando la ecuación de estimación de mejor predicción para cada tipo de especie animal, forraje, lugar y tipo de sistema de alimentación (pastoreo o corte).

Realizar investigaciones de digestibilidad en otras especies animales de la región de alimentación forrajera tropical y estimar en base a los efectos del tipo de época anual que podría influenciar en los valores de estimación.

VI. REFERENCIAS

- AAFCO. 1996. Association of American Feed Control Officials: Official Publication. The Association, Atlanta, GA. Blaxter (1963).
- ALEGRÍA, C. 1999. Evaluación del Rendimiento y Valor Nutritivo de Gramíneas Tropicales Bajo Condiciones de la Costa Central. Tesis Maestría UNALM. Lima Perú. 121 p.
- ANNISON, E. Y LEWIS, D. 1986. El metabolismo en el rumen. UTEHA, México, D. F. pp. 200.
- AOAC. (1990). Official methods for analysis. 15 ed. (Section 967.22; 984,26:1059-1061).
- ÁVILA TÉLLEZ, S. 1986. Producción intensiva de ganado lechero. CECSA. Pp.160-189.
- BACH, A.; CALSAMIGLIA, S. 2006. La Fibra en los Rumiantes. ¿Química o Física? XII Curso de Especialización FEDNA. (en línea). Universidad Autónoma de Barcelona. Consultado: 28 de febrero del 2010. Disponible en: <http://www.produccionovina.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/100-fibra_en_rumiantes.pdf>.
- BERNAL, J. 1991. Manual de pastos y forrajes. 58 Edición. Editorial fedegan S.A. p 160-161.
- 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. Tierernähr. 26:157–188 p.
- BOGDAN, A. 1997. Pastos Tropicales y Plantas de Forraje. AGT Editor S.A. 1ª Edición. 461 p.
- BUÑAY, A. (2010); Validación del método cenizas ácido insolubles para determinar digestibilidad en el alimento balanceado frente al método de recolección total. Tesis

- (Bioquímico Farmacéutico). Riobamba, Ecuador: Escuela superior politécnica del Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia, 139p.
- CAMPOS, J. 2003. Digestibilidad de Leguminosas y Gramíneas Forrajeras en la alimentación de cuyes [http://www.agr.ums.edu.bo/invest/JA Campos.v.htm](http://www.agr.ums.edu.bo/invest/JA_Campos.v.htm)/en línea.
- CANUDAS, G. 2009. Producción de Pasto Taiwán con Pastoreo Racional Intensivo y Fertilización en el Trópico Seco. XXXV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria del 19 al 22 de Octubre de 1999. Mérida, Yuc.
- CARDOZO, J. 2013. El matarraton (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de rumiantes, Especialista en Nutrición Animal Sostenible. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, Colombia. 65 pp.
- CHALUPA, W.; GALLIGAN, D.; FERGUSON, J. 1996. Animal nutrition in the XXI century. *Animal Feed Sc. and Tech.* 58:1-18
- CHURCH, C. 1988: El Rumiante, Fisiología digestiva y nutrición. Edición en lengua Española 1993. Editorial Acribia, S.A.
- COMBELLAS, J. & GONZALEZ, J. 1973. Rendimiento y valor nutritivo de forrajes tropicales. Pasto Alemán (*Echinochloa polystachya*) (H.B.K.). *Agronomía Tropical* 23(3): 269-275.
- 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.
- DA CRUZ, W. y SOTO, J. 1994. Producción de pasto para la alimentación del ganado en la Selva Peruana. Boletín informativo N° 3. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. 16p.
- ECHEVARRÍA, M. 1994 Alimentación del Ganado con Pastos Tropicales. Departamento de Nutrición. Facultad de Zootecnia. UNALM. Lima - Perú. 82p.

- EDUARDO, M. 2010. Manejo de Pastos Tropicales. II Seminario Internacional de Agrostología en Quito-Ecuador.
- GIRALDO, L.; GUTIÉRREZ Y RÚA, C. 2007. Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Rev Colom Cienc Pecuaria* 20(3):269-79.
- GLINDEMANN, T.; WANG, C. *et al.* 2009. Evaluación de dióxido de titanio como un marcador inerte para la estimación de la excreción fecal en el pastoreo de ovejas. *Alimentación animal Ciencia y Tecnología*, V.152, p.186-197.
- GRANT, R. 1991. Evaluating the feeding value of fibrous feeds for dairy cattle. [En línea]: <http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/EVALUATINGFIBROUS FEED FOR DAIRY CATTLE.html>
- GUERIN, H.; RICHARD, D.; LEFEVRE, P.; FRIOT, D. y MBAYE, N. 1989. Provision de la valeur nutritive des fourrages ingbrés 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. 1993. Value of high-fiber alternative feedstuffs as extenders of roughage sources: In: http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/VALUE_OF_HIGH-FIBER_ALTERNATIVE_FEEDSTUFFS.html.
- HASHIMOTO, K.; IRIE, H. y FUJISHIMA, A. (2005). TiO₂ Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospects. *Japanese Journal of Applied Physics*; 44(12): 8269-85.

- 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.
- HUTJENS Y CASAMIGLIA. 2003. Guia de alimentación. Recuperado el 12 de Noviembre del 2012, de guía de alimentación: http://books.google.com.sv/books?id=ljMc9zztMtUC&printsec=frontcover&source=gs_slider_thumb#v=onepage&q&f=false.
- INIA-CIID. 1996. Investigaciones en cuyes. Informe Técnico No 694. 197 p.
- I. N. R. A. 1981. Alimentation de los rumiantes. Mundi-Prensa, Madrid, España. Pp. 27-140.
- 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 FEBRES, O. 2009. La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. [En línea]: (<http://avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/Digestibilidadderumiantes.pdf>.consulta: 28/4/2009).
- LUCAS, M.; SUDEKUM, K.; RAVE, G.; FRIEDEL, K.; SUSENBETH, A. 2005: Relationship between fecal crude protein concentration and diet organic matter digestibility in cattle. *Journal of Animal Science* 83 p.
- MAYNARD, L.; LOOSLI, J.; HINTZ, H.; WARNER, R. 1992. Nutrición Animal. McGrawHill. 4a Edición. Pp. 32-167
- Mc DONALD, P.; EDWARDS R. AND GREENHALGH, J. 1993. Nutrición Animal (4ª Ed.). Ed. Acribia, Zaragoza.
- 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.
- 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.
- MOLINARES, L; VANEGAS, M Y CRUZ, F (1978). Respuesta del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc y guinea *Panicum maximun* (Urea y sulfato de Amonio), en tres épocas de corte. Resumen Analítico sobre pastos Tropicales. CIAT. Colombia 6 (1): 12 pp.
- NORBERTO, M.; RODRIGUEZ *et al.* 2007. Uso de indicadores para estimar consumo y digestibilidad de past. LIPE, lignina purificada y enriquecida. Revista Colombiana de ciencias Pecuarias.
- PITTIER, H. 1939. Clave analítica de las familias de plantas superiores de la América Tropical. Caracas: Tipografía La Nación.
- 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.
- RAMIREZ, *et al.* 2008. Rendimiento y caracterización química del (*Pennisetum* sp). Cuba CT 169. en un suelo pluvisol. Revista Electrónica de Veterinaria. (ENLINEA): <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050508/050806.pdf>.

- REYES, J.; VIDAL, I.; GONZÁLES, M. & FONTE, D. 2000. Tres intensidades de pastoreo en el comportamiento del pasto estrella. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 32:353.
- 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.
- SAMPAIO, C.; DETMANN, E.; VALENTE, T.; SOUZA, M.; VALADARES FILHO, S.; & PAULINO, M. 2011. Evaluation of fecal recovering and long term bias of internal and external markers in a digestion assay with cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(1), 174-182.
- SAN MIGUEL, A. 2006. Fundamentos de Alimentación y Nutrición del ganado. [En línea]:(<http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoSilvopascicultura/SanMiguel/pdfs/apuntes/Nutrici%C3%B3n%20animal%20texto%202006.pdf>. consulta: 28/4/2009).
- SÁNCHEZ, J. 2007. Caracterización de la Cantidad y Valor Nutritivo del Pasto durante el año en las llanuras costeras del Golfo Sur Veracruzano y el Bajo Papaloapan. Tesis Universidad Veracruzana. 182 p.
- SENAMHI, 2017. Reporte técnico: Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations. Precipitación v1.0. <ftp://ftp.senamhi.gob.pe/>.
- TOBAL, C. 2012. Evaluación de los alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad, 94-111 p.
- VAN SOEST, P.; ROBERTSON, J. AND LEWIS, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*. 74: 3583-3597.
- VAN SOEST, P. 1994. *Nutritional Ecology of the ruminant*. Cornell University Press. II Edición. 108 - 195 Pp.

- VAN SOEST, P.; ROBERTSON, J. y LEWIS, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science* 74: 3583-3597
- VERA, D. 2014. Respuesta del Pasto Alemán (*Echinochloa 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).
- ZHU, J., y ZÄCH, M. 2009. Nanostructured materials for photocatalytic hydrogen production. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*.14 (4):260-9.
- ZORRILLA, J. 1980. Don Juan Tenorio, edición de A. Peña, Madrid, Cátedra.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Peso vivo de los toretes de carne de raza Brahman de 1 año y 8 meses de edad utilizados en el estudio de investigación en la época de lluvia en la selva alta de la región Huánuco del Perú.

ANIMAL	PESO VIVO
(Unid)	(Kg)
1	181
2	191
3	301
4	300
5	374
6	329
7	165
PROMEDIO	263
DESVIACION ESTANDAR	82.7

Unid: unidad de medida y **Kg:** kilogramos.

Anexo 2. Composición química de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, de 45 a 54 días de edad durante la época de lluvias.

MUESTRA	%MO	%PC	%FDN	%FDA	EB (Kcal/kg)
1	89.2	7.7	63.9	33.7	3958.1
2	91.8	8.1	64.9	34.5	3726.7
3	90.2	7.5	65.2	34.5	3617.0
4	91.3	7.5	66.1	35.2	3786.3
5	90.4	8.1	66.3	35.2	3752.2
6	90.8	9.0	66.1	34.4	3796.1
7	89.0	9.0	65.3	34.7	3768.4
8	91.4	8.0	67.0	35.6	3792.3
9	91.2	7.2	66.1	35.4	3769.1
□	90.6	8.0	65.7	34.8	3774.0
S	1.0	0.6	0.9	0.6	88.2
E.E.	0.9	0.5	0.8	0.6	81.6

MO: Materia orgánica; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; EB: Energía bruta. \bar{X} : promedio.

S: desviación estándar. E.E: error estándar.

Anexo 3. Composición química del pasto natural torourco (*Paspalum conjugatum* P. J. Bergius).de 45 a 54 días de edad durante la época de lluvias.

MUESTRA	%MO	%PC	%FDN	%FDA	EB (Kcal/kg)
1	89.4	7.8	63.6	34.9	3950.3
2	91.7	8.3	66.1	36.8	3809.5
3	90.1	7.8	66.0	36.2	3659.6
4	91.1	7.6	68.0	37.9	3829.6
5	90.3	8.1	66.1	35.7	3804.0
6	90.6	8.9	67.1	36.6	3891.9
7	88.9	9.1	66.5	36.5	3801.2
8	91.2	8.1	66.4	36.0	3895.3
9	91.1	7.4	68.2	37.7	3883.2
\bar{X}	90.5	8.1	66.4	36.5	3836.1
S	0.9	0.6	1.3	0.9	83.7
E.E.	0.8	0.5	1.2	0.9	77.4

MO: Materia orgánica; **PC:** Proteína cruda; **FDN:** Fibra detergente neutro; **FDA:** Fibra detergente ácido; **EB:** Energía bruta. \bar{X} : promedio.

S: desviación estándar. **E.E:** error estándar.

Anexo 4. Composición química de heces en base seca al 100% de los toretes de la raza Brahman sometidos a condiciones de pastoreo continuo con pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch, durante la época lluvia (n = 7, promedios \pm desviación estándar)

ANIMAL	M.S. (%)	MOF (%)	Nf (%)	PCf (%)	FDNf (%)	FDAf (%)	EBf (Kcal/kg)
1	98.22	72.46	2.26	14.11	52.00	36.14	3298.72
2	98.07	75.07	2.02	12.64	51.04	32.55	3432.87
3	96.51	73.32	2.18	13.60	53.72	35.08	3478.28
4	96.81	73.64	2.05	12.80	49.91	33.48	3485.99
5	99.21	75.26	2.00	12.49	52.50	34.60	3299.26
6	95.47	73.81	2.32	14.51	51.60	33.49	3453.95
7	96.00	74.64	2.31	14.43	50.32	31.58	3551.77
PROMEDIO	97.19	74.03	2.16	13.51	51.58	33.85	3428.69
D.S.	1.35	1.01	0.14	0.87	1.31	1.55	95.91
C.V	1.39	1.36	6.41	6.41	2.54	4.58	2.80

MS: Materia seca. **MOF:** Materia orgánica fecal; **Nf:** Nitrógeno fecal. **PCf:** Proteína cruda fecal; **FDNf:** Fibra detergente neutra fecal; **FDAf:** Fibra detergente acida fecal; **EBf:** Energía bruta fecal. **D.S:** desviación estándar. **C.V:** Coeficiente de variación.

Anexo 5: Producción de heces, digestibilidad y consumo en toretes al pastoreo del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc en época de lluvia.

	TITANIO		COMERON			LUCAS			KOZLOSKY		
Animal	P.H. como MD (kg/día)	P.H. como MO (kg/día)	DIG	MDI (kg)	MOI (kg)	DIG	MDI (kg)	OMI (kg)	DIG	MDI (kg)	MOI (kg)
ANIMAL 4	2.1886	1.5985	0.7055	7.4313	5.4275	0.6722	6.6762	4.8760	0.7080	7.4950	5.4741
ANIMAL 6	2.0900	1.5778	0.7162	7.3647	5.5597	0.6446	5.8806	4.4394	0.6890	6.7193	5.0725
ANIMAL 8	3.0711	2.2858	0.7083	10.5280	7.8358	0.6638	5.8806	4.4394	0.7020	10.3043	7.6693
ANIMAL 9	3.4032	2.5379	0.7112	11.7828	8.7867	0.6513	9.7595	7.2779	0.6934	11.1000	8.2775
ANIMAL 10	3.3009	2.5131	0.7050	11.1898	8.5191	0.6415	9.1339	6.7981	0.6869	10.5441	8.0274
ANIMAL 13	3.8594	2.8924	0.7237	13.9664	10.4671	0.6738	11.8319	8.8674	0.7092	13.2715	9.9464
ANIMAL 14	2.4326	1.8448	0.7335	9.1290	6.9229	0.6711	9.7595	7.2779	0.7072	8.3073	6.2997
PROMEDIO	2.91	2.18	0.7148	10.20	7.65	0.6597	8.56	6.41	0.6994	9.68	7.25
s.d.	0.68	0.51	0.01	2.40	1.82	0.01	2.04	1.54	0.01	2.29	1.73
% CV	23.27	23.49	1.48	23.56	23.79	2.08	23.85	23.98	1.35	23.67	23.82

P.H.: producción de heces; **MD:** materia digestible; **MO:** materia orgánica. **DIG:** digestibilidad. **MDI:** materia digestibilidad ingerida. **MOI:** materia digestible ingerida.

Anexo 6. Digestibilidad de la materia orgánica de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, utilizando diferentes modelos de ecuación a partir de la concentración de dióxido de titanio y nutrientes fecales en época de lluvia.

ANIMAL	TiO ² (g/ gMO)	%CNF	% FDA	PCF (g/kg)	DMO (%)		
					M1	M2	M3
1	0.015	3.1	49.9	194.7	70.5	67.2	70.8
2	0.015	2.7	43.4	168.4	71.6	64.5	68.9
3	0.010	3.0	47.9	185.5	70.8	66.4	70.2
4	0.009	2.8	45.5	173.9	71.1	65.1	69.3
5	0.009	2.7	46.0	166.0	70.5	64.2	68.7
6	0.008	3.1	45.4	196.6	72.4	67.4	70.9
7	0.013	3.1	42.3	193.4	73.4	67.1	70.7
PROMEDI	0.011	2.9	45.7	182.6	71.5	66.0	69.9
O							
S	0.003	0.2	2.6	13.0	1.1	1.4	0.9
E.E.	0.003	0.2	2.4	12.1	1.0	1.3	0.9

TiO₂: dióxido de titanio. **DMO**: digestibilidad de materia orgánica. **CNF**: contenido nitrógeno fecal en base materia orgánica. **FDA**: fibra detergente acida en base materia orgánica. **PCF**: Proteína Cruda Fecal en base materia orgánica. **M1**: COMERON Y PEYRAUD (1993): $DM = 0,791 + 0,0334 NF - 0,0038 FDA$. **M2**: LUCAS *et al.* (2005): $DMO = a - 107.7 \times \exp(-0.01515 \times PCF [g/kg MO]/100)$ y **M3**: KOZLOSKY *et al.* (2012): $DMO = 0.83 - 0.38/NF$. **S**: desviación de estándar. **E.E.**: error estándar.

Anexo 7. Digestibilidad aparente *in vitro* de la materia orgánica en base seca de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, de los días 1, 2, 3, 7, 8, 9. sometidos a un sistema de pastoreo continuo durante la época de lluvia.

DIA	M.O %	DAIVMS %	DAIVMO %
1	86.4.	57.5	66.6
2	89.6	57.7	64.4
3	87.6	57.28	65.4
7	86.0	58.9	64.9
8	86.7	56.0	64.5
9	87.8	55.0	62.6
PROMEDIO	57.5	57.0	64.7

M.O: Materia orgánica. **DAIVMS:** Digestibilidad aparente *in vitro* de la materia seca. **DAIVMO:** Digestibilidad aparente *in vitro* de la materia.

Cuadro 8. Coeficiente de digestibilidad y nutrientes digestibles de la pastura tropical con predominancia del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc, utilizando diferentes modelos de estimación en toretes de carne al pastoreo continuo durante la época de lluvias.

C.D.	Unid	LUCAS <i>et al.</i> (2005)				KOZLOSKEY <i>et al.</i> (2012)				COMERON Y PEYRAUD (1993)			
		\bar{X}	S	EE	IC _{95%} (Li ; Ls)	\bar{X}	S	EE	IC _{95%} (Li ; Ls)	\bar{X}	S	EE	IC _{95%} (Li ; Ls)
C. D. P. C.	%	42.5	1.5	1.4	41.1 ; 43.9	49.2	1.7	1.6	47.6 ; 50.8	51.7	2.6	2.4	49.4 ; 54.1
C. D. F. D. N.	%	73.3	1.2	1.2	72.1 ; 74.4	76.4	0.9	0.9	75.5 ; 77.2	77.6	1.2	1.1	76.4 ; 78.7
C. D. F. D. A.	%	66.9	1.9	1.8	65.2 ; 68.7	70.8	1.5	1.4	69.3 ; 72.2	72.2	2.2	2.0	70.2 ; 74.3
C. D. E. B.	%	69.1	1.3	1.2	67.9 ; 70.3	72.7	1.0	0.9	71.8 ; 73.6	74.1	0.7	0.6	73.5 ; 74.7
N.D.													
N. D. P. C.	%	3.4	0.1	0.1	3.3 ; 3.5	3.9	0.1	0.1	3.8 ; 4.0	4.1	0.2	0.2	3.9 ; 4.3
N. D. F. D. N.	%	48.1	0.8	0.8	47.3 ; 48.9	50.1	0.6	0.6	49.6 ; 50.7	50.9	0.8	0.7	50.2 ; 51.7
N. D. F. D. A.	%	23.3	0.7	0.6	22.7 ; 23.6	24.6	0.5	0.5	24.1 ; 25.1	25.1	0.8	0.7	24.4 ; 25.8
N. D. E. B.	kcal/kg	2607.7	49.0	45.3	2562.4; 2653.0	2743.5	37.0	34.2	2709.3; 2777.6	2796.7	25.2	23.3	2773.4; 2820.0

C.D.: coeficiente de digestibilidad. **N.D.:** nutriente digestible. **C.D.P.C.:** coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda. **C.D.F.D.N.:** coeficiente de digestibilidad de la fibra detergente neutra. **C.D.F.D.A.:** coeficiente de digestibilidad de la fibra detergente ácida. **C.D.E.B.:** coeficiente de digestibilidad de la energía bruta. **N.D.P.C.:** nutriente digestible de la proteína cruda. **N.D.F.D.N.:** nutriente digestible de la fibra detergente neutra. **N.D.F.D.A.:** nutriente digestible de la fibra detergente ácida. **N.D.E.B.:** nutriente digestible de la energía bruta. **X:** promedio. **S:** desviación estándar. **EE:** error estándar. **IC_{95%}:** intervalo de confianza al 95%. **Li:** límite inferior. **Ls:** límite superior.



MEDARDO ANTÓNIO DÍAZ CÉSPEDES

ASESOR



DAYANA CAROLINA ARCOS PALOMINO

TESISTA