

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
EN CIENCIAS PECUARIAS

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS:

POTENCIAL NUTRICIONAL DE TRES GRAMÍNEAS C4 EN EL VALLE
DE CAJAMARCA

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL

Presentada por:

Mg. GILBERTO FERNÁNDEZ IDROGO

Asesor:

Ph.D. FELIPE ANTONIO SAN MARTÍN HOWARD

Cajamarca - Perú

2020

COPYRIGHT © 2020 by
GILBERTO FERNÁNDEZ IDROGO
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
EN CIENCIAS PECUARIAS**

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS APROBADA:

**POTENCIAL NUTRICIONAL DE TRES GRAMÍNEAS C4 EN EL VALLE
DE CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS
MENCIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL

Presentada por:

Mg. GILBERTO FERNÁNDEZ IDROGO

JURADO EVALUADOR

Ph.D. Felipe Antonio San Martín Howard
Asesor

Ph.D. Luis Asunción Vallejos Fernández
Jurado Evaluador

Dr. Jorge Piedra Flores
Jurado Evaluador

Dr. Manuel Eber Paredes Arana
Jurado Evaluador

Cajamarca – Perú

2020



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD

Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

MENCIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL

Siendo las 16:09 horas del día 03 de diciembre del año dos mil veinte, reunidos a través de meet.google.com/qfm-xupr-ixy, creado por la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Ph.D. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNÁNDEZ** y **Dr. JORGE PIEDRA FLORES**, **Dr. MANUEL EBER PAREDES ARANA**; y en calidad de Asesor el **Ph.D. FELIPE ANTONIO SAN MARTÍN HOWARD**; Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y la Directiva para la Sustentación de Proyectos de Tesis, Seminarios de Tesis, Sustentación de Tesis y Actualización de Marco Teórico de los Programas de Maestría y Doctorado, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **POTENCIAL NUTRICIONAL DE TRES GRAMÍNEAS CA EN EL VALLE DE CAJAMARCA**, presentado por el **Mg. GILBERTO FERNÁNDEZ IDROGO**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó **APROBAR** con la calificación de **18 (DIECIOCHO)**, la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Mg. GILBERTO FERNÁNDEZ IDROGO**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Mención: **PRODUCCIÓN ANIMAL**.

Siendo las 18:06 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Ph.D. Felipe Antonio San Martín Howard
Asesor

.....
Ph.D. Luis Asunción Vallejos Fernández
Presidente-Jurado Evaluador

.....
Dr. Jorge Piedra Flores
Jurado Evaluador

.....
Dr. Manuel Eber Paredes Arana
Jurado Evaluador

AGRADECIMIENTO

- Mi agradecimiento especial al Dr. Felipe San Martín Howard, asesor de la presente tesis, por su denodado esfuerzo que hicieron posible su culminación
- Al Dr. Luis Vallejos Fernández por su efecto motivador en la realización de la tesis.
- A mis padres, esposa, hijos y hermanos, quienes apoyaron todo esfuerzo que significa la superación profesional.
- A la Universidad Nacional de Cajamarca, en el afán de tener docentes investigadores competitivos, apoyó el financiamiento de los estudios de doctorado.
- Mi especial aprecio al equipo de trabajo del laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria de la universidad Nacional de Mayor de San Marcos, por haberme facilitado todos sus equipos, implementos y semovientes que hicieron posibles el análisis correspondiente de las muestras, Para ellos mi eterna gratitud.
- A todos mis colegas y amigos que compartimos momentos gratos durante mis estudios

INDICE GENERAL

Contenido	Página
AGRADECIMIENTO	v
INDICE	vi
LISTA DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
ABASRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Origen de los pastos 2.2. estudiados.....	3
2.2. Rendimiento de materia seca.....	4
2.3. Proteína cruda (PC)	7
2.4. Fibra cruda (FC) y fibra detergente neutro (FDN)	12
2.5. Degradabilidad in situ de la MS (DISMS) y cinética de la digestión ruminal	13
2.6. Tiempo medio de degradación ruminal	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. Localización	19
3.2. Tratamientos estudiados	19
3.3. Estimación de la materia seca.....	20
3.4. Estimación de la proteína cruda.....	20
3.5. Estimación de la fibra detergente neutro	20
3.6. Estimación de la degradabilidad in situ de la materia seca	21
3.7. Estimación de la cinética de la digestión ruminal	21
3.8. Estimación del tiempo óptimo de utilización de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún	22
3.9. Análisis estadístico	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Rendimiento de materia seca (MS) de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún	24
4.2. Composición nutritiva de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún	26
4.3. Parámetros de la cinética ruminal de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún ..	32

4.4. Tiempo medio de degradación(T1/2)	35
4.5. Tiempo óptimo de utilización de los pastos Maralfalfa Elefante y Camerún	36
V. CONCLUSIONES	38
VI. BIBLIOGRAFÍA	39

**LISTA DE TABLAS
EN EL TEXTO**

TABLA N°

1. Rendimiento de materia seca (MS) y cantidad de proteína cruda (PC) del pasto Maralfalfa producido en México y Colombia	5
2. Producción de forraje verde ton/ha/año de tres gramíneas en tres cortes sucesivos	6
3. Composición química nutricional de Maralfalfa en dos periodos de corte	10
4. Rendimiento de MS y valor nutritivo de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún	11
5. Degradabilidad promedio (%) de la Materia seca de las dos edades de corte de Maralfalfa (<i>Pennisetum sp.</i>) a diferentes tiempos de incubación	15
6. Parámetros de Degradabilidad Ruminal de la Materia Seca del pasto Maralfalfa (<i>Pennisetum sp.</i>) dos edades de corte).....	15
7. Degradabilidad ruminal in situ de MS (%) del pasto Maralfalfa, Elefante, y Camerún en tres edades de corte (días).....	16
8. Rendimiento de materia seca (MS, TM/ha/año) por edad de corte (días), de los pastos Maralfalfa (T1), Elefante (T2) y Camerún (T3)	24
9. Valor nutritivo (%) por edad de corte (días), de la MS de los pastos Maralfalfa (T1), Elefante (T2) y Camerún (T3)	29
10. Parámetros de la cinética ruminal de la materia seca por edad de corte, de los pastos Maralfalfa (T1), Elefante (T2) y Camerún (T3)	32
11. Indicadores que determinaron la edad óptima de uso de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún	37

RESUMEN

El objetivo del estudio, fue evaluar las variables productivas, nutricionales y el tiempo óptimo de utilización de los pastos Maralfalfa (*Pennisetum sp*), Elefante (*Pennisetum purpureum*) y Camerún (*Pennisetum sp*), evaluados a los 40, 50 y 60 días de edad de corte. Se prepararon nueve parcelas de 25 m² en las cuales se cultivaron los pastos antes mencionados, estimando su producción de materia seca (MS), Valor nutricional basado en proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) y la cinética digestiva, utilizando tres ovinos con cánula ruminal permanente. Se realizó el análisis de varianza en un diseño de bloques completamente aleatorizados para las fracciones solubles e insoluble, (MS, PC, FDN, y DISMS), utilizando la prueba Diferencia Mínima Significativa (LSD). Los tres pastos mostraron tener bajo contenido de MS a las edades tempranas de corte, sin diferencias entre ellos ($P>0.05$); sin embargo, cuando el corte fue a una edad más prolongada, el contenido de MS mostró incremento ($P<0.05$) progresivo en los tres pastos estudiados. Los rendimientos de MS TM/ha/año, fueron mayores a los 60 días 53.59, 52.01, 52.33, comparados con 34.53, 33.39, 35.82 y 42.31, 41.01, 39.31, obtenido a los 40 y 50 días de edad de corte para los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún, respectivamente. Los tres pastos mostraron tener similar ($P>0.05$) contenido de PC, al ser evaluados entre ellos en un mismo periodo de corte; sin embargo, este nutriente fue disminuyendo en la medida que el periodo de corte fue más prolongado; así el contenido de PC a los 40 días de corte fue 20.51, 21.66 y 19.48 %, disminuyendo ($P<0.01$), a 14.63, 14.03 y 14.54% a los 60 días d edad de corte, respectivamente. El pasto Elefante mostró tener mayor ($P<0.05$) concentración de FDN comparado con los pastos Maralfalfa y Camerún, los cuales mostraron tener similar ($P>0.05$) contenido de este nutriente en los tres periodos de corte. La degradabilidad de la MS fue evaluada a las 48 y 96 horas de incubación ruminal; los tres pastos mostraron una alta tasa de degradabilidad, siendo la máxima a las 96 horas de incubación. Así mismo se observó que los

parámetros de la cinética ruminal: la fracción soluble (a), fue mayor en los pastos Maralfalfa y Camerún respecto al pasto Elefante; la fracción potencialmente degradable (b), fue mayor ($P < 0.05$) en el pasto Maralfalfa comparado con el pasto Elefante y Camerún en los que se observó similar ($P > 0.05$) contenido de esta fracción; así mismo la tasa de degradación (kd), fue similar ($P > 0.05$) para los tres pastos en las tres edades de corte. El tiempo medio de degradación ($T_{1/2}$), fue mayor en los pastos Maralfalfa y Camerún, respecto al pasto elefante. Así mismo se determinó que el momento óptimo de utilización de los pastos estudiados, es a los 60 días de edad, tiempo en el cual concentran mayor cantidad de nutrientes en relación a la MS producida. Se concluye que los tres pastos estudiados muestran un potencial para la producción de biomasa forrajera, con comportamiento nutricional que disminuye con la madurez, siendo el momento óptimo de utilización a los 60 días, que es cuando concentran una alta producción de MS, PC, energía metabolizable (EM) y una alta tasa de degradación.

Palabras clave: Degradabilidad, cinética digestiva, Pennisetum sp, forraje, composición nutricional

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the productive and nutritional variables and the optimal time of use of the pastures Maralfalfa (*Pennisetum* sp), Elephant (*Pennisetum purpureum*) and Cameroon (*Pennisetum* sp), evaluated at 40, 50 and 60 days of age cutting. Nine plots of 25 m² were prepared., in which the aforementioned pastures were cultivated, estimating their production of dry matter (DM), nutritional value based on crude protein (PC), neutral detergent fiber (NDF), in situ digestibility of dry matter (DISMS) and the digestive kinetics, using three sheep with permanent ruminal cannula. The analysis of variance was performed in a completely randomized block design for the soluble and insoluble fractions, (MS, PC, FDN, and DISMS), using the Least Significant Difference (LSD) test. The three grasses showed low DM content at early cutting ages, with no differences between them ($P > 0.05$); However, when the cut was at a longer age, the DM content showed progressive increase ($P < 0.05$) in the three pastures studied. The yields of MS TM / ha / year were higher at 60 days 53.59, 52.01, 52.33, compared with 34.53, 33.39, 35.82 and 42.31, 41.01, 39.31, obtained at 40 and 50 days of cutting age for pastures Maralfalfa, Elephant and Cameroon, respectively. The three grasses showed similar ($P > 0.05$) CP content, when evaluated among them in the same cutting period; however, this nutrient was decreasing as the cutting period was longer; thus, the PC content at 40 days of cutting was 20.51, 21.66 and 19.48%, decreasing ($P < 0.01$), to 14.63, 14.03 and 14.54% at 60 days of cutting age, respectively. Elephant grass showed a higher ($P < 0.05$) concentration of NDF compared to Maralfalfa and Cameroon grasses, which showed a similar ($P > 0.05$) content of this nutrient in the three cutting periods. The degradability of the DM was evaluated at 48 and 96 hours of ruminal incubation; the three grasses showed a high rate of degradability, being the maximum at 96 hours of incubation. Likewise, it was observed that the parameters of the ruminal kinetics: the soluble fraction (a), was higher in the Maralfalfa and Cameroon pastures compared to the Elephant grass; the potentially degradable fraction (b),

was higher ($P < 0.05$) in the Maralfalfa grass compared with the Elephant grass and Cameroon in which similar ($P > 0.05$) content of this fraction was observed; likewise, the degradation rate (k_d) was similar ($P > 0.05$) for the three grasses at the three cutting ages. The mean degradation time ($T_{1/2}$) was higher in the Maralfalfa and Cameroon pastures, compared to the elephant grass. Likewise, it was determined that the optimal moment of use of the pastures studied is at 60 days of age, time in which it concentrates the greatest amount of nutrients in relation to the DM produced. It is concluded that the three pastures studied show a potential for the production of forage biomass, with nutritional behavior that decreases with maturity, being the optimum moment of use at 60 days, which is when they concentrate a high production of DM, CP, energy metabolizable (EM) and a high rate of degradation.

Keywords: Degradability, digestive kinetics, Pennisetum sp, forage, nutritional composition

I. INTRODUCCIÓN

La región Cajamarca, conformado por trece provincias y tres regiones naturales y varios pisos altitudinales, destacando la yunga marítima de 500 a 2300 m.s.n.m, la quechua entre 2300 y 3500 m.s.n.m y la yunga pluvial entre 1000 y 2300 m.s.n.m, tiene una gran variedad de climas, que va desde del tropical al cálido, templado y frío; en todos estos la explotación ganadera tiene una importancia relevante, principalmente en las zona templada y fría, donde prevalece la explotación de ganado bovino lechero, destacando en estos el sistema de producción de lechería extensiva, dada por las razas Holstein y Brown Swiss y una alta proporción de ganado cruzado y criollo, con una población ganadera de 724428 cabezas de ganado bovino y 275000 ovinos (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017; INEI, 2012)

La producción de leche fresca, para el mes de octubre del 2018, en la región Cajamarca, fue de 30,829 TM, 1.6% más que el año anterior, con un promedio de producción de 2.2 TM/vaca/año y se estima que Cajamarca produce el 8% de la producción nacional de leche fresca (INEI, 2018).

La alimentación del ganado para la producción de leche y carne en esta región, es altamente dependiente de las pasturas, las mismas que a la actualidad están representadas principalmente por el *Rye grass* ecotipo cajamarquino, *Pennisetum clandestinum* (kikuyo), algunas variedades de *Dactylis glomerata* y en su mayoría por pastos naturales, caracterizado por tener bajos rendimientos debido al mal manejo. No existe información de otras alternativas forrajeras en función de los pisos altitudinales en esta región como los forrajes de corte para clima tropical y subtropical, en las cuales destacan las gramíneas C4 como el pasto Maralfalfa, (*Pennisetum sp*), Elefante (*Pennisetum purpureum*), Camerún (*Pennisetum purpureum cv Camerún*), entre otros.

Tanto el pasto elefante como el Camerún, han sido utilizados en diferentes regiones del país. En la región Cajamarca, recientemente se ha introducido con mucha expectativa el pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) para la alimentación de ganado bovino, tanto en Cajamarca, como Chota, San Marcos, Cajabamba, basado en reportes que indican su alto potencial forrajero y nutricional; aunque su uso no está mediado por información científica, si no, más bien, por alguna experiencia de campo que han tenido algunos productores.

Debido a la escasa información del rendimiento de materia seca, el valor nutricional y la tasa de digestión de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún, en la provincia de Cajamarca, se planteó el presente trabajo con el objetivo de rendimiento de materia seca, el valor nutricional y la cinética de la digestión de estos pastos en tres periodos de corte, con la finalidad de tener mayores elementos técnicos que permitan determinar el tiempo óptimo de su utilización en la alimentación animal.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen de los pastos estudiados.

El origen del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) es aún muy incierto. Existen varias hipótesis al respecto, mencionando que es el resultado de la combinación de varios recursos forrajeros entre los cuales están el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), una grama nativa (*Paspalum macrophyllum*), el gramalote (*Paspalum fasciculatum*), la alfalfa peruana (*Medicago sativa*) y el pasto brasilero (*Phalaris arundinacea*). mediante la aplicación del denominado Sistema Químico Biológico (S.Q.B), Tecnología que es propiedad de la Universidad Javeriana. Por otro lado, se indica que el pasto Maralfalfa fue el resultado de la hibridación del *Pennisetum americanum* Leeke con el *P. purpureum Schum* que es un híbrido triploide que puede ser obtenido fácilmente y combina la calidad nutricional del forraje del *Pennisetum americanum* con el alto rendimiento de materia seca del *P. purpureum Schum*. Este híbrido, sin embargo, es estéril por lo que para obtener híbridos fértiles se ha logrado duplicar el número de cromosomas, obteniendo un híbrido hexaploide fértil; indicando que diversos híbridos han sido desarrollados en Estados Unidos con muy buenos resultados tanto en producción como en calidad nutricional (Macon et al., 2002).

Estudios preliminares realizados en el Herbario MEDEL de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, indican que puede tratarse de *Pennisetum violaceum* o de un híbrido (*Pennisetum hybridum*) entre el *Pennisetum americanum* y el *Pennisetum purpureum Schum* comercializado en el Brasil como pasto Elefante Paraíso. Se requiere, sin embargo, estudios más detallados para esclarecer su clasificación taxonómica por lo que se sugiere identificarlo de manera genérica como *Pennisetum sp*. (Correa, 2005)

El pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) es un pasto perenne, con alta productividad que ha sido introducido por los productores en numerosos países de Latinoamérica (Colombia, Brasil y Venezuela, entre otros) debido a su potencial como forraje para rumiantes (Correa, 2006).

El Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*) también llamado King grass gigante, es originario de África tropical y húmeda, particularmente de Uganda y naturalizada en América tropical y subtropical. La mayoría de los tipos son de altos y robustos tallos (superiores a 3 metros), folíolos lanceolados, generalmente pubescentes. Su inflorescencia es una espiga de forma cilíndrica que se forma en el ápice de los tallos, cubierta densamente por espiguillas y en nuestras condiciones no produce semilla viable. Pasto elefante es una planta C4, que presenta alta tasa fotosintética y consecuentemente alta producción de materia seca (Bemhaja, 2000).

El pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*), se desarrolló en Tifton, Georgia, EE.UU., de origen africano por selección de una progenie auto polinizada del pasto Merkeron, el cual es un híbrido alto seleccionado de un cruce de pasto elefante enano x pasto elefante alto. Está Presente en la mayoría de los países tropicales y subtropicales. Su principal característica es que posee originalmente en su configuración genética un gen recesivo que le da una coloración púrpura (Berrios *et al.*, 2016).

2.2. Rendimiento de materia seca (MS)

Ramírez *et al.*, (2012) indican que recientemente se ha iniciado el uso del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) en la alimentación de ganado de leche, aunque su uso no ha estado mediado por información técnica si no, más bien, por la experiencia de campo que han tenido los productores.

Lalama y Ramírez (2009) consideran que al tratarse de un pasto de alto rendimiento, el pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) ha permitido incrementar la producción de leche por hectárea y por lo tanto, la capacidad de carga animal. Esto es bastante importante toda vez que ha sido establecido que la carga animal es quizás uno de los factores más determinantes en la productividad de los sistemas de lechería, de tal manera que, a mayor capacidad de carga, mayor es la rentabilidad del hato (Osorio 2004; Holmann *et al.*, 2003).

Estudios sobre rendimiento forrajero del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*), indican la cantidad de forraje verde es del orden de 24 y 55 TM/ha, cosechado a los 30 y 90 días, con una altura promedio de 0.70 m a los 30 días y 2.50 m a los 90 días. (Citalán *et al.*, 2012)

El resultado de un estudio de adaptación del pasto Maralfalfa a las condiciones agroclimáticas en Zacatecas-México y comparado con los obtenidos en Colombia, fueron publicados en el Anuario Estadístico del estado de Zacatecas (INEGI) (Salcedo, 2005) (tabla 1).

Tabla 1. Rendimiento de materia seca (MS) y cantidad de proteína cruda (PC) del pasto Maralfalfa producido en México y Colombia.

Tipo de pasto	Días de corte	MS (TM/ha/año)	PC %
Maralfalfa producido en Colombia	90	180	16-21
Maralfalfa producido en (México)	120	63	13-16

Adaptado de INEGI, Anuario Estadístico del estado de Zacatecas (Salcedo, 2005).

Estudios realizados por (Carulla *et al.*, 2003), para el pasto Maralfalfa, reportan contenido de MS de 26, 10.7, 9.7 y 9.4% a los 90, 60, 51 y 47 días de corte respectivamente.

Sterling y Guerra, (2010) evaluaron la producción de biomasa, de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún, tomada como forraje verde en cortes sucesivos con intervalos de 120 días, con los cuales se hizo un promedio y los datos se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Producción de forraje verde (TM/ha/año) de tres gramíneas en tres cortes sucesivos.

Corte del forraje	Tratamientos		
	Maralfalfa	Elefante	Camerún
Segundo	144	203	78
Tercero	286	333	220
Cuarto	268	258	250
Promedio	232.7	264.7	182.7

Adaptado de (Sterling y Guerra, 2010).

Chacón y Vargas, (2009) reportan concentraciones de 13.03% y 13.79% de MS para el pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), evaluado a los 60 y 75 días de corte, lo cual indica que se trata de un pasto con alto contenido de humedad.

El estudio realizado por Hinojosa, Yépez y Suárez, (2014) reporta para el pasto Maralfalfa, rendimientos de 7.8, 15.5, 18.1 y 34.8 TM de MS/ha/corte, a los 30, 45, 60 y 75 días de corte, con un porcentaje de MS de 13.5, 14.9, 17.1 y 22.7, para los días antes indicados; los mismos que al comparar con otros autores, se encontraron ciertas diferencias productivas, mencionando que estas diferencias en la producción y contenido de MS varían de acuerdo a las condiciones de clima y característica del suelo de cada región

Cárdenas *et al.*, (2012), obtuvo rendimientos de MS del pasto Maralfalfa en Chiapas (México), durante la época seca de 4.7, 6.4 y 18.2 TM de MS/ha, a los 30, 60 y 90 días de corte; indicando que los valores obtenidos muestran un incremento lineal, lo que significa que conforme se incrementa la edad de la planta, existe un incremento en los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina) afectando a la

producción de la MS. Sin embargo, también pueden influir otras causas como: la disponibilidad de agua, desarrollo del sistema radicular de la planta y época del año; estos pueden producir cambios morfológicos como la disminución de láminas foliares y el aumento de los haces vasculares (Valenciaga *et al.*, 2009).

Lo anterior, indica que los resultados del rendimiento de MS de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún, son variables. Así, Madera *et al.*, (2013) evaluaron el rendimiento de MS del pasto Camerún, obteniendo 115.59 y 167.71 g de MS/planta a las edades de corte de 45 y 60 días en una parcela cuya densidad fue de 20000 plantas por hectárea; esto es equivalente a 2.31 y 3.35 TM de MS/ha, llegando a la conclusión que la producción de forraje se incrementa con la edad de corte; Del mismo modo, Araya y Boschini (2005) reportan rendimiento de MS de 7.2 y 4.9 TM/ha, para el pasto elefante y Camerún a los 70 días de corte, respectivamente; del mismo modo, Cruz (2008), al evaluar el potencial forrajero del pasto Maralfalfa, reporta un rendimiento de 5.7, 8.9 y 18.3 TM de MS/ ha, a los 75, 105 y 135 días de corte. A su vez, Ruiz (2016), obtuvo rendimientos de 3.05, 7.20 y 10.47 TM de MS/ha/corte para el pasto Maralfalfa y 3.00, 6.57 y 9.69 TM de MS/ha/corte para el pasto Camerún a los 30, 45 y 60 días de corte-respectivamente; estudio fue realizado en el distrito de Contamana, provincia de Ucayali.

2.3. Proteína Cruda (PC)

EL Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) es un pasto de gran adaptabilidad, es decir que esta gramínea crece bien desde el nivel del mar hasta los 3000 m.s.n.m.y posee un contenido de proteína de alrededor del 16% según estudios realizados en Colombia, lo que lo convierte en un alimento prometedor para los rumiantes sobre todo en la costa donde la carencia de pastos de alto valor nutritivo ha impedido una excelente producción manteniendo a los ganaderos en una continua búsqueda de nuevas alternativas de alimentación para su ganado. (Sosa *et al.*, 2006).

Estudios del efecto de la edad de corte sobre el valor nutricional del pasto Maralfalfa (*Pennisetum hybridum*), indican que a los 56 y 105 días de rebrote, se produce una reducción de la calidad nutricional a medida que avanza la edad del rebrote, es decir de 21.8% de PC en el día 56, disminuyó a 11.9% de PC en el día 105; llegando a la conclusión que, el pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*), como cualquier otro pasto, reduce su calidad nutricional de la proteína cruda, extracto etéreo y carbohidratos no estructurales, pero no modifica la concentración de lignina, ceniza y de los minerales Ca, P, K y Mg (Correa, 2006). Al tratarse de un pasto de corte de alto potencial para la producción de biomasa forrajera, este pasto extrae grandes cantidades de nutrientes exigiendo, en la misma medida, programas de fertilización que garanticen la permanencia del cultivo en el tiempo sin poner en riesgo la fertilidad del suelo (Correa, 2006).

Correa (2006) señalan, que la concentración de proteína cruda (PC), a diferencia de la MS, se modifica con la edad de corte, mostrando para el pasto Maralfalfa una reducción lineal desde un valor inicial de 27.5% a los 40 días de edad hasta 14.6% a los 90 días de edad de corte . Así mismo (Lalama y Ramirez, 2009) , determinaron que en parcelas fertilizadas se logra incrementar la PC del forraje, obteniendo 21.51% de PC en rebrote fertilizado y 16.64 % de PC en pasto con rebrote no fertilizado.

Investigaciones, dan a conocer la existencia de una relación indirecta entre el contenido de PC y FDN, es decir mientras los valores de PC son menores, la FDN aumenta y viceversa; así, el FDN de 54.7% aumenta a 66.9%; mientras que en PC reporta niveles de 21.8% y 11.9% a los 56 y 105 días de edad de corte (Correa, 2006).

La evaluación del pasto Maralfalfa, a las 42 y 63 días de edad de corte, realizado por (Clavero y Razz, 2009) indica un contenido de nitrógeno total (NT) de 1.73 y 1.26%. equivalente 10.8 y 7.8% de PC, respectivamente; con una digestibilidad in vitro

de la MS (DIVMS) de 55.7 y 52.1%. El estudio concluye que el pasto Maralfalfa posee un valor nutritivo ligeramente superior al observado en la mayoría de los pastos tropicales. Valores de digestibilidad, nitrógeno total, disminuyeron con la edad mientras que valores de pared celular, se incrementaron, lo cual no difiere de otros pastos tropicales.

Estudios realizados, informan del valor nutricional en cuanto a proteína cruda de tres gramíneas C4, reportando que los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún, tienen 11.2, 13.5 y 12.2% de PC, respectivamente. Así mismo se indica, que el contenido nutricional de los forrajes está influenciado por las condiciones climáticas y edáficas de la región donde se producen, lo que fundamenta que los estudios de investigación en pastos y especies forrajeras produzcan datos diferentes en cada región (Sterling y Guerra, 2010). Por otro lado, estudios realizados por Correa (2006) para evaluar la composición nutricional del pasto Maralfalfa, reportan 21.8 y 11.9% de PC para el pasto Maralfalfa a los 56 y 105 días de edad de corte.

Estudios realizados por Citalán *et al.*, (2012) reportan para el pasto Maralfalfa, contenido de PC de 13.4, 11.9 y 9.7% a los 30, 45 y 60 días de edad de corte, llegando a la conclusión que el mejor momento para utilizar el pasto Maralfalfa, es entre los 45 y 60 días del rebrote, que es cuando muestra una buena producción de biomasa y una calidad nutricional aceptable; así mismo indican, que a medida que avanza la edad (días), se va modificando su contenido nutricional, incrementando la lignina y haciendo que el forraje se vuelva menos nutritivo; también se incrementa la MS y FC.

Investigaciones realizadas por Araya y Boschini (2005), muestran que los pastos Elefante y Camerún tienen 12.3 y 13.4% de PC, a los 70 días de edad de corte, respectivamente.

Romero (2015), informa la composición nutricional del pasto Maralfalfa a través de un estudio realizado en Majes-Arequipa (tabla 3)

Tabla 3. Composición química nutricional de Maralfalfa en dos periodos de corte.

Fracción %	Pasto Maralfalfa	
	100 días	120 días
Materia seca	20.05	25.80
Proteína cruda	12.80	5.10
Fibra detergente neutro	70.18	75.08

Adaptado de (Romero, 2015)

Correa (2011), reporta que el contenido de PC como porcentaje de la MS del pasto kikuyo (*Pennisetum Clandestinum*) es de 17.8, 14.0, 14.0 y 12.2% a los 30, 40, 50 y 60 días de edad de corte, respectivamente. Por otro lado, en relación a fertilización de los pastos, se indica que la concentración de nitratos se incrementa rápidamente después de la fertilización nitrogenada, disminuyendo a una tasa que es dependiente del nivel de nitrógeno aplicado. La acumulación excesiva de este compuesto ocurre cuando su absorción excede a la capacidad de utilización por las plantas para la síntesis de aminoácidos y otros compuestos nitrogenados; observándose que cuando el nivel de nitrógeno en el pasto kikuyo supera el 3.5 de la MS (lo que equivale a 22% de PC como porcentaje de la MS), el contenido de nitratos se incrementa drásticamente (Strickland *et al.*, 1996).

Por otro lado Hinojosa, Yépez y Suárez (2014), reportan para el pasto Maralfalfa, tiene un contenido de PC, 8 y 7% a los 45 y 60 días de edad de corte, respectivamente. Por otro lado, Heredia y paladines (2006), indican que el pasto Maralfalfa, tiene en promedio 16.7% de PC.

Autores como Cárdenas *et al.*, (2012) al evaluar el contenido de PC de la hoja del pasto Maralfalfa, reportan un decremento del contenido de PC a medida que se incrementa la edad de corte; así a las edades de corte de 30, 60 y 90 días, obtienen 12.0, 9.5 y 8.2% de PC, respectivamente.

Faría y Gonzales (2008) informa el comportamiento productivo y valor nutricional del pasto Maralfalfa, Elefante y Camerún, el que se indica en la tabla 4.

Tabla 4. Rendimiento de MS y valor nutritivo de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún.

Pastos	MS (TM/ha)	PC %	FDN %	DIVMS %
Maralfalfa	20.5	14.9	59.09	71
Elefante	17.1	13.9	60.9	71.6
Camerún	22.4	16.1	60.48	72.2

Adaptado de Faría y González (2008)

Los resultados del contenido de PC, para el pasto Camerún, reportados por Arias (2012) indica, que este pasto, concentra el 7.5, 6.7 y 6.2% de la MS, cuando fue evaluado a los 40, 50 y 60 días de edad de corte; evidenciando que, al aumentar la edad de corte, disminuye el contenido de PC. Del mismo modo Cruz (2008), evaluó el contenido de PC del pasto Maralfalfa fertilizado con N, P y K; informando que a las edades de corte de 30, 75 y 105 días, la MS de dicho pasto tiene 17.2, 15.3 y 14 % de PC, respectivamente.

Por otro lado, la evaluación realizada por Mérida (2013) respecto al contenido de PC del pasto Maralfalfa a las edades de corte de 60, 75 y 90 días, manifiesta que dicho pasto tiene 11.9, 10.1 y 5.9%, de PC, respectivamente.

Ruiz (2016) evaluó el contenido de PC del pasto Maralfalfa y Camerún en diferentes edades de corte, obteniendo porcentajes de PC para el pasto Maralfalfa de 12.4, 10.6 y 6.6 y para el pasto Camerún 14.0, 11.1 y 8.8 en las frecuencias de corte de 30, 45 y 60 días respectivamente.

2.4. Fibra Cruda (FC) y Fibra Detergente Neutro (FDN)

Cruz (2008), reporta que el contenido de FC para el pasto Maralfalfa es de 31, 34 y 35% en las edades de corte de 30, 75 y 105 días. Por otro lado, los resultados del estudio de Hinojosa, Yépez y Suárez (2014), sostienen que el pasto Maralfalfa, concentra 29.6 y 32.7% de FC; 63.7 y 65.4% de FDN, cuando dicho pasto fue evaluado a los 45 y 60 días de edad de corte, respectivamente; indicando que bajo las condiciones en que se realizó el experimento, se pudo establecer que, a mayor edad de corte, aumenta la FC, y disminuye la concentración de PC. Por otro lado, un estudio sobre respuesta del pasto Maralfalfa a la fertilización nitrogenada, realizado por Heredia y paladines (2006), refieren que dicho pasto, tiene en promedio 59.1% de FDN y una digestibilidad in situ de 76.7% de la MS, a los 72 días de corte, respectivamente.

El estudio realizado por Chacón y Vargas (2009) reporta que el pasto Elefante tiene 73.7, 75.4 y 76.9% de FDN, a las edades de corte de 60, 75 y 90 días, respectivamente. Igualmente, Correa (2006) señala el contenido de FDN del pasto Maralfalfa a los 56 y 105 días de edad de corte, siendo este de 54.7 y 66.9%, respectivamente.

Sosa *et al.*,(2006) en un estudio realizado en cabras, obtuvo para el pasto Maralfalfa, una digestibilidad in situ de la MS (DISMS) de 68.1% y de FDN, 67.7%; el mismo estudio señala que el aporte energético de este pasto en NDT es 57.84%; mientras que la energía digestible y metabolizable es de 2.6 y 2.13 kcal/g de MS, respectivamente

Al igual que las fracciones químicas, el contenido de energía del pasto Maralfalfa, varía con la edad de corte; así el contenido de NDT del pasto Maralfalfa, se redujo al avanzar la edad de corte, pasando de un promedio de 61.1% a los 40 días a un promedio de 51.2% a los 90 días de corte, como consecuencia de esto, el contenido de ENI también se redujo con la edad de corte pasando de 1.24 Mcal/kg de MS a los 40 días

a 0.83 Mcal/kg de MS a los 110 días de corte (Correa, 2006). Esta disminución en el valor energético del Maralfalfa al avanzar la edad de corte, significa una menor capacidad de cubrir los requerimientos de energía de los animales y una mayor capacidad de inhibir el CMS (Mertens y Loften 1980). Lo anterior implica que dicho pasto, como cualquier otro forraje, debe ser manejado estratégicamente para aprovechar la interacción entre su calidad nutricional y la producción de materia seca cosechándolo a edades más tempranas para suministrarlo a animales de mayores requerimientos nutricionales (Correa, 2005).

La evaluación de la FDN en los pastos Maralfalfa y Camerún, realizado por Ruiz (2016) sostiene que estos pastos tienen 69 , 73% y 63, 71%, en las frecuencias de corte de 45 y 60 días, respectivamente.

2.5. Degradabilidad in situ de la MS (DISMS) y cinética de la digestión ruminal

Es sabido que la composición del pasto depende de factores como especies, madurez, nivel de fertilización, suelo y tipo de condiciones climáticas, las que en parte pueden influir en las características de su degradabilidad en el rumen (Van Straalen, 1990).

Boschini y Chacon (2017) evaluaron las constantes de degradabilidad ruminal in situ de cuatro variedades de alfalfa, reportando que dichas variedades no mostraron diferencia significativa a las constantes de degradabilidad estudiadas, así para la fracción soluble (a) reportaron 41.7, 39.8, 39.1 y 38.4%; para la fracción potencialmente degradable (b) reportaron 38.6, 38.5, 37.7 y 37.1%, mientras que para la tasa de degradación de la fracción potencialmente degradable (k/d) , o constante de la cinética de la degradación, este autor reporta 0.1137, 0.0986, 0.0976 y 0.0975; en ningún caso se observó diferencia significativa. Así mismo estos autores evaluaron las constantes de degradabilidad según la edad de rebrote en alfalfa (*Medicago sativa*) a las edades de

rebrote de 35, 49 y 63 días, reportando degradabilidad de la fracción soluble (a) 40.6, 37.3 y 35.5; para la fracción potencialmente degradable (b) 38.5, 39.9 y 38.2 y para la tasa de degradación de la fracción potencialmente degradable (kd) 0.1150, 0.1176 y 0.1006, expresando una similitud en sus valores, indicando que la fracción soluble (a) fue disminuyendo conforme aumentó el tiempo entre los cortes sucesivos.

Heredia y Paladines (2006) evaluaron la digestibilidad del pasto Maralfalfa, utilizando dos distanciamientos de siembra y tres niveles de fertilización nitrogenada, dichos investigadores manifiestan haber encontrado los mejores resultados para hojas cuando el distanciamiento fue de 0.50 m entre surcos y 30 kg de N/ha/corte, mostrando una digestibilidad de 76.8 % y para tallos 0.80 m entre surcos y 30 kg de N/ha/corte, obteniendo 83.2 % de digestibilidad; estos datos coinciden en que el pasto fertilizado con un nivel de 30 kg N/ha/corte es más digerible, lo que sería explicable porque el elemento Nitrógeno es el encargado de formar proteínas que constituyen el citoplasma celular que por estar formado por sustancias solubles en agua es mucho más digerible que otras sustancias como por ejemplo la lignina y otras; siendo el valor promedio de digestibilidad de la planta entera de 76.7%. Así mismo se señala que la diferencia de digestibilidad de las hojas con relación a los tallos, se puede explicar a que en del estudio que considera lámina y vaina como una sola estructura, conteniendo esta última un mayor contenido de fibra en relación con los tallos.

Sosa *et al.*, (2006) reporta coeficiente de digestibilidad de la MS del pasto Maralfalfa evaluado en cabras del orden de 68.11%. Por otro lado, Boschini y Amador (2001), evaluaron la cinética de a digestión de la MS del sorgo negro forrajero (*Sorghum almun*), reportando información a los 52 días de corte 30.6%, 56.7%, 0.075 y a los 66 días de corte 18.37%, 59.84% y 0.0302 para las fracciones: soluble (a), potencialmente degradable (b) y la tasa de degradación (Kd), respectivamente.

Estudios de degradabilidad fueron realizados en la Irrigación de Majes y estuvieron compuestas por dos edades de corte del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) a los 100 y 120 días. Los tiempos de incubación fueron de 0, 2, 4, 8, 16, 32, 48 y 72 horas; en dicho estudio se reporta la composición nutricional, la degradabilidad promedio y la tasa de degradación del pasto Maralfalfa (Romero, 2015) (tabla 5 y 6).

Tabla 5. Degradabilidad promedio (%) de la Materia seca del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en dos edades de corte.

Tiempo (horas)	Maralfalfa	
	100 días	120 días
0	14.55b	11.77a
2	17.88c	12.71a
4	17.85c	14.12b
8	23.64d	16.80c
16	33.58e	28.54d
32	55.02f	49.76e
48	67.97g	63.33f
72	73.14h	68.30g

Adaptado de (Romero, 2015).

Tabla 6. Parámetros de degradabilidad ruminal de la materia seca del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en dos edades de corte.

Fracciones	100 días	120 días
a	12.59b	8.44a
b	78.09a	81.49a
t	90.68a	89.94a
kd (%/h)	0.0233a	0.0210a
DE	36.92b	32.17a

a: fracción soluble; *b*: fracción potencialmente degradable; *kd*: constante de la cinética de degradación ruminal; *t*: Tiempo de incubación.

Adaptado de (Romero, 2015).

Estudios realizados por Barrera *et al.*, (2015) indican que los pastos de corte en la costa, constituye una alternativa a la demanda de gramíneas para la alimentación de rumiantes. En dicho estudio, se seleccionaron tres especies de pasto *Pennisetum* (Elefante, Camerún y Maralfalfa) a tres edades de corte (30, 45 y 60 días); se evaluó la

dinámica degradativa in situ en 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas de incubación. Se utilizó la técnica de las bolsas de nylon. Los resultados mostraron que el avance de la edad de los pastos, estuvo asociado con la disminución de la proteína; sus mejores proporciones PC, fueron a los 30 días con 12.9, 11.5 y 9.7% de PC para el Maralfalfa, Camerún y elefante, respectivamente. También reportó que la mayor tasa de degradación in situ de la MS, fue para el pasto Maralfalfa a los 30 días de corte y a las 72 horas de incubación (tabla 7). Así mismo refiere que la degradación de la MS, se vio influenciada con la madurez del forraje, por tanto, su alta degradación garantiza una cantidad de energía fermentable, disponible para el proceso de síntesis microbiana ruminal y es una buena alternativa de uso para los ganaderos. Otros autores indican, que estas variaciones están asociadas a características morfo-fisiológicas de las plantas que pueden variar con la especie, la variedad, el clima, el suelo y otros, pero esencialmente con el estado de madurez (Chacón y Vargas, 2009; Correa, 2011; Pérez, 2010).

Tabla 7. Degradabilidad ruminal in situ de MS (%) del pasto Maralfalfa, Elefante, y Camerún en tres edades de corte (días)

Horas incubación	Maralfalfa			Elefante			Camerún		
	30	45	60	30	45	60	30	45	60
0	31.49 a	22.43 be	19.34 bc	21.42 bc	17.14 c	17.33 c	21.79 bc	20.79 bc	21.15 bc
3	34.98 a	31.88 ab	24.82 cd	25.63 cd	26.48 cd	22.73 d	25.47 cd	25.09 cd	24.55 cd
6	41.44 a	37.37 ab	30.71 bcd	28.65 d	31.16 bcd	28.88 d	32.74 bcd	32.76 bcd	30.25 cd
12	56.03 a	51.03 abc	47.66 bcd	43.78 cd	45.00 cd	40.53 d	43.88 cd	48.27 abcd	45.64 bcd
24	74.14 a	63.33 bc	60.29 bcd	55.70 bcd	55.85 bcd	54.56 cd	59.00 bed	59.28 bcd	56.88 bcd
48	85.81 a	74.05 bc	60.24 cde	69.27 cde	67.53 de	65.39 e	70.00 cde	77.55 b	68.09 de
72	88.85 a	78.09 cd	78.00 cd	73.91 de	73.18 de	70.62 e	77.03 cde	81.14 bc	71.43 de

Adaptado de (Barrera *et al.*, 2015).

La estimación del valor energético de Maralfalfa, es el factor más importante que determina el coste de la ración. Para cubrir las necesidades animales, el valor nutritivo de los forrajes disponibles debe ser conocido con la máxima precisión posible. El valor energético se determina mediante ensayos de digestibilidad con animales (Flores *et al.*, 2003).

Estudios sobre parámetros de la cinética ruminal de la MS expresados en fracción soluble (a), Fracción potencialmente degradable (b) y la constante de la cinética de la degradación ruminal (kd), se reportan datos de 33.3 y 22.8; 56.9 y 52.4; 0.054 y 0.050 para las fracciones a, b y kd a los 56 y 105 días de corte para el pasto Maralfalfa, respectivamente (Correa, 2006).

2.6. Tiempo medio de degradación (T1/2)

Definido como el tiempo necesario para que se degrade la mitad del alimento potencialmente degradable contenido en la bolsa. Este parámetro es derivado del modelo que describe la cinética de la digestión: $T_{1/2} = 0.693/c$, donde c es la tasa de degradación de b (Delgado *et al.*, 2014); estos investigadores evaluaron los parámetros de cinética de la digestión de la MS del cogollo de caña de azúcar, reportando un tiempo medio de degradación de 15.4 horas. Así mismo, Duque *et al.*, (2017) reportan un tiempo medio de retención ruminal de 27.4 h para el pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Por otro lado, Ramírez *et al.*, (2001) y Ku *et al.*, (1999), manifiestan, que el contenido de FDN limita la digestión ruminal de los nutrientes contenidos en los forrajes. Galina *et al.*, (2009) reportan un tiempo medio de degradación ruminal de 27.2 horas para el silaje de maíz. Por otro lado, Pinella *et al.*, (1991) informan un tiempo medio para el sorgo y cogollo de caña de 17.4 y 17.3 horas, respectivamente. Así mismo, la incorporación del aceite de palma africana incorporada a una dieta a base de pasto Elefante, con la finalidad de evaluar el tiempo medio de degradación ruminal en bovinos de ceba, fue realizado por Ojeda y Escobar (1995) quienes concluyeron que la incorporación de lípidos hasta el 5% de la ración, no influye en el consumo voluntario ni en la tasa de fermentación del forraje; así dichos autores reportan 57.8 h como tiempo medio de degradación para una dieta a base de pasto elefante suplementada con afrecho de Maíz y 56.4 h para la misma dieta basal más suplemento, en la cual se incorporó el aceite de palma Africana. Así mismo,

Razz, et al., (2004) en un estudio de cinética de degradación in situ de la *Leucaena leucocephala*, y el *Panicum maximum*, concluyen que los tiempos medios de degradación de la MS fueron influenciados por la especie forrajera; reportando el tiempo medio para *Leucaena leucocephala*, de 12.1 h comparado con el *Panicum maximum* que fue de 17.8 h.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

Los estudios que se informan en este documento, se realizaron al interior del campus universitario de la Universidad Nacional de Cajamarca. Su ubicación geográfica es, 07° 09' 12" Latitud Sur y 78° 30' 57" Longitud Oeste, altura 2,676 msnm, clima templado seco, Temperatura promedio anual 15.4 °C y precipitación pluvial anual de 707.4 mm.¹

Se contó con un área de 300 m² en donde se instalaron nueve parcelas de 25 m², constituyendo tres bloques, que representó tres repeticiones para cada tratamiento.

Los análisis de laboratorio, fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal de la Universidad Nacional de San Marcos-Facultad de Medicina Veterinaria

3.2. Tratamientos

El estudio comprendió tres tratamientos, representado por los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún en tres edades diferente de corte.

Tratamiento 1 (T1). Representado por el pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*), evaluado a los 40, 50 y 60 días de edad de corte.

Tratamiento 2 (T2). Representado por el pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), evaluado a los 40, 50 y 60 días de edad de corte.

Tratamiento 3 (T3). Representado por el pasto Camerún (*Pennisetum sp*), evaluado a los 40, 50 y 60 días de edad de corte.

En todos los tratamientos, el corte para la evaluación, se realizó al cuarto corte post rebrote.

¹SENAMHI Cajamarca 2018

3.3. Materia seca (MS)

La MS, fue estimado mediante secado en una estufa, con circulación forzada de aire caliente. La temperatura de la estufa estuvo regulada de 60-65 °C, para no modificar los parámetros de calidad.

Se pesó una muestra de pasto verde de 200 g, luego se colocó en una bolsa de papel previamente tarada, se introdujo en la estufa hasta obtener un peso constante (48h), pasado este tiempo, se calculó el porcentaje de materia seca a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{peso de la muestra seca}}{\text{peso de la muestra húmeda}} \times 100$$

$$\% \text{ de MS} = 100 - \% \text{ de humedad (Bruno } et al., 1995)$$

3.4. Proteína cruda (PC)

La PC, se estimó por el método Kjeldahl (Romero 1997).

En general el procedimiento de referencia Kjeldahl, determina la materia nitrogenada total, que incluye tanto las no proteínas como las proteínas verdaderas.

3.5. Fibra detergente neutra (FDN)

La estimación de la FDN, se realizó con el uso del aparato analizador de fibras ANKOM200- FIBER ANALIZER, utilizando bolsitas filtrantes ANKON Technology F57, que se basa en la técnica de las bolsitas filtrantes. La muestra seca y molida es colocada dentro de bolsitas que son termoselladas. El equipo está diseñado para procesar 24 bolsitas simultáneamente, que son digeridas a presión y temperatura con una solución detergente neutro. Durante el proceso se utiliza sulfito de sodio y alfa amilasa termoestable. El residuo obtenido consiste principalmente en hemicelulosa, celulosa y

lignina. Se informa como % FDN en la MS. (Ankon Technology., Macedon, NY).

3.6. Degradabilidad *in situ* de la MS (DISMS)

Se utilizaron tres ovinos machos, de dos años con peso promedio 40 kg. Los animales portaban cánula ruminal permanente en el primer comportamiento del aparato digestivo y se encontraban estabulados en corrales individuales de 3x2 m que disponían de comedero y bebedero.

La degradabilidad de las muestras se determinó por la técnica de la bolsa de dacrón (Orskov 1980) selladas con calor; las bolsas de dacrón monofilamento blanco, con tamaño de poro de 40 micras, medían 5 x 4 cm y contenían 2 g de muestra de 3mm. Las muestras se incubaron en el rumen de los ovinos por el periodo de 0, 6, 12, 24, 48 y 96 h, tiempo al cabo del cual fueron extraídas y lavadas, luego, secadas en estufa a 60 °C durante 24 h.

Se organizaron tres grupos de muestras. El primer grupo para la oveja 1, estuvo constituido por 18 muestras, correspondiendo seis a cada pasto estudiado en los seis tiempos de incubación, a los 40 días de edad de corte; el mismo número de muestras fueron utilizadas para el día 50 y 60 de corte en la misma oveja. Similar procedimiento se repitió en la oveja 2 y oveja 3. Cada grupo de muestras estuvo atado a tiras de nylon de 60 cm, las que fueron amarradas a los mechones de lana del cuerpo de la oveja, facilitando su rápida extracción.

3.7. Cinética de la digestión ruminal.

Los parámetros de la cinética ruminal de la MS, evaluados fueron:

- (a) = Fracción soluble, completamente degradable que sale rápidamente de la bolsa
- (b) = Fracción insoluble potencialmente degradable, por acción fermentativa de los microorganismos del primer compartimento estomacal.

(kd) = Tasa de degradación de la fracción (b), que es la cantidad de sustrato que es degradado por unidad de tiempo.

(T1/2) = Tiempo medio de degradación. Es el tiempo necesario para que se degrade la mitad del alimento potencialmente degradable

Los parámetros de la cinética ruminal fue calculado mediante la ecuación descrita por (Orskov y Mcdonald 1979): $Y(t) = a + b \times (1 - \exp^{-c \times t})$, donde Y(t) = degradabilidad o desaparición del nutriente del alimento (%); a = fracción del alimento soluble en agua en el tiempo cero (%); b = fracción insoluble en agua, pero potencialmente degradable en determinado tiempo (%); c = tasa de degradación; t = tiempo de incubación (horas).

Dichos parámetros no lineales a, b y kd, fueron estimados con el aplicativo Solver de Microsoft Office mediante el procedimiento descrito por (Correa 2004; Pulido 2000; Fernández 2004), que permite estimar los parámetros de funciones no lineales, usadas para describir la cinética de la digestión ruminal

3.8. Tiempo óptimo de utilización de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún.

El tiempo óptimo de utilización para el consumo por los animales, fue estimado, considerando los indicadores técnicos: producción de MS para cada pasto, en cada edad de corte y sus variaciones en cuanto a la producción de PC, DISMS y EM(Mcal).

3.9. Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza en un diseño de bloques completamente aleatorizado con un arreglo factorial 3x3; para la fracción soluble, insoluble, fibra cruda, FDN, PC, FV/HA, MS. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa (LSD).

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \xi_{ijk}$$

Donde :

Y_{ijkl} = Es la variable respuesta correspondiente al i - ésimo nivel del forraje y el j - ésimo nivel del tiempo, en la k - ésimo del bloque

μ = Media general

ρ_k = Efecto medio del k - ésimo bloque

α_i = El efecto medio de la i - ésimo nivel del factor A o forraje

β_j = El efecto medio de la j - ésimo nivel del factor B o tiempo

$(\alpha\beta)_{ij}$ = El efecto de la interacción del i - ésimo nivel del forraje on el j - ésimo nivel del tiempo

ξ_{ij} = Error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento de materia seca (MS)

El rendimiento de MS de los tres tratamientos, evaluados en las tres edades de corte, fue estimada en TM/ha/año (tabla 8), cuyos resultados evidencian, que, en los tres tratamientos, el rendimiento de MS, fue similar ($P>0.05$); en consecuencia, se puede inferir numéricamente que el T3 produjo 2.4 % más de MS respecto al T2 a la edad de 40 días de corte; el T1 produjo 2.5% más de MS, respecto al T3 a los 50 días de edad de corte; pero en ninguno de los casos mostraron diferencia significativa. Así mismo se observó que estos pastos tienen un alto contenido de humedad en sus primeras etapas de crecimiento.

Tabla 8. Rendimiento de materia seca (MS, TM/ha/año) por edad de corte (días), de los pastos Maralfalfa (T1), Elefante (T2) y Camerún (T3).

Edad de corte (d) Tratamientos	40	50	60
T1	34.53c*	42.31b	53.59a
T2	33.59c	41.01b	52.01a
T3	35.82c	39.31b	52.33a
Promedio	34.65	40.88	52.64

* Medias que no comparten una letra, son significativamente diferentes ($P<0.05$)

Los resultados obtenidos, nos indica que los tres pastos tienen una gran capacidad de producir elevadas cantidades de MS en edades tempranas de corte. Así el estudio demostró que entre el día 40 al 60, es decir en los últimos 20 días del estudio, produjeron el 34% de la producción total de MS producida al día 60; es decir 18 TM de MS.

Rendimiento de MS, mayores a los obtenido en el presente estudio son reportados por Hinojosa *et al.*, (2014) los que han sido obtenidos en lugares tropicales, que es el ambiente ideal para el desarrollo de este tipo de pastos; dichos investigadores,

obtuvieron 7.8, 15.6 y 18.0 TM de MS por hectárea por corte para el pasto Maralfalfa, en las edades de corte de 30, 45, y 60 días; por otro lado Citalán et al., (2012) reporta 17.3 TM de materia seca por hectárea a los 90 días de corte; las condiciones agroclimáticas favorables, en la que fue conducida el trabajo de Hinojosa y el periodo más prolongado en que fue evaluado el estudio de Citalán, influyeron a la obtención de mayores rendimientos de MS; del mismo modo Carrión (2019) reporta resultados de 119.82 y 106.78 TM de MS/Ha/año a los 128 días de edad de corte, para el pasto elefante y Camerún, respectivamente. Resultados similares a los obtenidos en el presente estudio, son reportados por Ruiz (2016) quien evaluó el pasto Maralfalfa y Camerún a los 30, 45 y 60 días; Así mismo menores rendimientos de MS a los obtenidos en el presente estudio son reportados por Araya (2005) y Cruz (2008), quienes reportan 7.2 y 4.9 TM de MS/ha, para el pasto Maralfalfa y Camerún evaluados a los 70 días de edad de corte, respectivamente; del mismo modo Valenciaga *et al.*, (2009), señala que en el rendimiento de MS, pueden influir otras causas como: la disponibilidad de agua, desarrollo del sistema radicular de la planta y época del año, los mismos que pueden producir cambios morfológicos como la disminución de láminas foliares y el aumento de los haces vasculares.

Por otro lado, se observó que los tres pastos fueron incrementando su rendimiento de MS a medida que la edad de corte fue mayor; Esto es un comportamiento fisiológico normal en el desarrollo de una pastura; lo cual indica el incremento de los componentes de la pared celular como celulosa, hemicelulosa y lignina (Cárdenas *et al.*, 2012); información que coincide con lo señalado por Correa (2004), quien sostiene que la edad de corte afecta la producción de MS y todas las características productivas y nutricionales.

4.2. Composición nutricional de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún

Proteína cruda (PC)

El valor nutricional de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún, se muestra en la tabla 9. Al comparar el contenido de PC, expresado en porcentaje (%) de la MS, a la edad de corte de 40 días; los tres pastos, mostraron diferente ($P < 0.05$) comportamiento productivo en el porcentaje de este nutriente, obteniendo el nivel más alto de PC el T2, respecto a los tratamientos T1 y T3. Por otro lado, la evaluación realizada a los tres pastos para este nutriente en los días 50 y 60 de edad de corte, estos mostraron tener un rendimiento similar ($P > 0.05$). Evidentemente, los tres pastos mostraron tener un alto contenido de PC a la edad temprana de corte, tratándose de gramíneas forrajeras.

Por otra parte, se observó que el contenido de PC en los tres pastos, muestran una tendencia decreciente a medida que avanza la edad de las plantas. El alto contenido de PC de los tres pastos a la edad temprana de corte y la disminución de la misma a mayor edad de corte, pudo estar afectado por la mayor o menor actividad metabólica de la planta en la síntesis de compuestos nitrogenados, de manera que cuando se cosecha el forraje a mayor edad, la síntesis de compuestos proteicos en la planta es menor (Chacón y Vargas, 2009), así como también a condiciones agroclimáticas y de fertilización (Correa, 2011)

Correa (2006), reportan contenidos de PC 21.8% y 11.9% a los 56 y 105 días de corte para el pasto Maralfalfa; dicho estudio se llevó a cabo bajo condiciones de fertilización química y orgánica y condiciones ambientales favorables, indicando que las variables de PC, MS, FDN, se vieron influenciadas por la fertilización que se aplicó a su experimento; así mismo, (Osorio 2004; González *et al.*, 2011; Correa 2005; Carrión, 2019), reportan contenido de proteína cruda comprendida entre 8 y 13.4%, menor a lo obtenido en el presente estudio; consideran que se trata de un pasto con bajo contenido

de proteína cruda y alto contenido de FDN; sin embargo el reporte de González *et al.*, (2011) es similar a lo obtenido en el presente estudio a los 60 días de corte, lo cual consideramos un nivel aceptable de PC que por tratarse de una gramínea en una edad de corte avanzado.

Existen reportes diversos respecto al contenido de PC de los tres pastos estudiados, Así Sosa *et al.*, (2006) indica que el pasto Maralfalfa, es un pasto de gran adaptabilidad, es decir que esta gramínea crece bien desde el nivel del mar hasta los 3000 m.s.n.m. y posee un contenido de proteína de alrededor del 16%, que lo convierte en un alimento prometedor para los rumiantes.

Correa (2006) reportan porcentaje de PC mayor a lo obtenido en el presente estudio; hacen referencia al pasto Maralfalfa, indicando que, al tratarse de un pasto de corte de alto potencial para la producción de biomasa forrajera, este pasto extrae grandes cantidades de nutrientes, exigiendo en la misma medida programas de fertilización que garanticen la permanencia del cultivo en el tiempo sin poner en riesgo la fertilidad del suelo.

Diversos autores reportan porcentajes de PC, similares a los encontrados en el presente estudio para los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún (Sterling y Guerra, 2010; Correa, 2011; Correa, 2006; Citalán *et al.*, 2012; Araya, 2005; Faría y Gonzales 2008; Barrón *et al.*, 2009); así mismo, Ariel *et al.*, (2019), obtuvo 11.39% de PC al evaluar el pasto Camerún a los 63 días de edad de corte. Resultados menores en contenido de PC de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún a los obtenidos en el presente estudio, son reportados por diversas investigaciones. Esta diversidad de resultados estuvo influenciada por factores como edad de corte, fertilidad de suelo, condiciones agroclimáticas favorables como humedad del suelo, temperatura, altitud etc., dado que se

trata de pastos tropicales y la mayoría de información obtenida proviene de diferentes regiones (Hinojosa, 2005; Valenciaga *et al.*, 2009; Correa, 2006; Clavero, 2009; Sterling 2010; Correa, 2011; Striclan, 1996; Cárdenas *et al.*, 2012; Barrera *et al.*, 2015; Guillen, 2017).

Fibra cruda (FC)

El resultado de la evaluación del contenido de FC (tabla 9) en los tres pastos estudiados, indica que, al día 40 de edad de corte, el T1 y T2, tuvieron mayor ($P < 0.05$) contenido de este nutriente, respecto al T3; del mismo modo dichos pastos, al día 50 de edad de corte el T1 tuvo mayor (< 0.05) concentración de este nutriente, respecto a los tratamientos 2 y 3, respectivamente. De forma semejante fue la respuesta de los tres tratamientos a día 60 de edad de corte.

Valores de FC, mayores a los obtenidos en el presente estudio son reportados por Sterling y Guerra (2010) quienes a los 120 días de edad de corte obtiene 47.12, 42.04 y 38.01% de FC para los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún, respectivamente, indicando que estos pastos principalmente el Maralfalfa, es una especie que madura más rápidamente y como consecuencia se lignifica a más temprana edad.

Tabla 9. Valor nutritivo (%) por edad de corte (días), de la MS de los pastos Maralfalfa (T1), Elefante (T2) y Camerún (T3)

Edad de corte (d) Tratamientos	40					50					60				
	PC*	FC*	FDN*	DISMS 48h*	DISMS 96h*	PC	FC	FDN	DISMS 48h	DISMS 96h	PC	FC	FDN	DISMS 48h	DISMS 96h
T1	20.56b**	22.61cd**	65.06b**	69.29a**	83.48a**	17.69c	24.74ab	66.91b	67.09a	80.34a	14.63d	25.14ab	69.32b	61.94a	76.75a
T2	21.66a	22.28cd	66.67a	69.23a	81.87a	18.35c	23.48bc	68.33a	65.05a	77.41b	14.03d	26.05a	71.42a	61.93a	75.46a
T3	19.48c	21.20d	64.18b	68.38a	79.82b	17.91c	23.83bc	66.20b	66.37a	77.75b	14.54d	26.05a	68.70b	63.65a	74.57a

**Medias que no comparten una letra, son significativamente diferentes (P<0.05)

*PC: Proteína cruda; FC: Fibra cruda; FDN: Fibra detergente neutro; DISMS: Digestibilidad in situ de la materia seca (48, 96 h)

Fibra detergente neutro (FDN)

El resultado de la evaluación comparativa del FDN de los tres pastos, mostró que el T2 en cada uno de los periodos de edad de corte, tuvo la mayor ($P < 0.05$) concentración de esta fracción nutritiva respecto a los tratamientos T1 y T3, respectivamente; evidenciando que el T2 tuvo un incremento del 1.61 y 2.49%; 1.42 y 2.13%; 2.1 y 2.72% de FDN respecto a los tratamientos T1 y T3 en los periodos de 40, 50 y 60 días de edad de corte.

Los resultados obtenidos de FDN, es similar al obtenido por Cárdenas *et al.*, (2012) pero en periodos diferentes de corte; mientras Cárdenas obtiene 65.66% de FDN para el pasto Maralfalfa a los 120 días de corte, no obstante en el presente estudio, resultado equivalente es obtenido a los 40 días de edad de corte; En efecto esta diferencia puede estar afectada por factores agroclimáticos como lo señala Van Straalen (1990), que la composición del pasto depende de factores como especies, madurez, nivel de fertilización, suelo y tipo de condiciones climática; las mismas que pueden influir en las características de su degradabilidad en el rumen. Así mismo Sánchez y Soto (1998) manifiestan que los pastos tropicales tienen en promedio entre un 65 y 72% de pared celular o FDN. Sosa *et al.*, (2006), reportan 61% de FDN en el pasto Maralfalfa a los 70 días de edad de corte, valor que es menor a lo reportado en el presente estudio; probablemente la edad de corte y las condiciones agroclimáticas entre un lugar y otro, influyen en la variación de los contenidos nutricionales de las plantas forrajeras. Por otro lado se indica que existe una correlación positiva entre la temperatura y el contenido de FDN (Estrada, 2004).

El estudio mostró una relación inversamente proporcional entre el contenido de PC y el contenido de FDN; es decir a medida que aumenta la edad de corte, disminuye

el porcentaje de PC e incrementa el contenido de FDN, (tabla 9); observaciones similares son reportadas por (Correa, 2006; Romero, 2015; Hinojosa, 2014).

Digestibilidad in situ de la MS (DISMS)

El estudio mostró, que la DISMS a las 48 horas de incubación, en cada uno de los periodos de edad de corte, fue similar ($P>0.05$) en los tres tratamientos.

La evaluación de la DISMS a las 96 horas de incubación en el día 40 de edad de corte, evidencia que el T1 y T2, tuvieron el valor más alto ($P<0.05$) de digestibilidad, respecto al T3. De igual modo los resultados obtenidos al día 50 días de edad de corte, indica que el T1 alcanzó el más alto índice de digestibilidad ($P<0.05$), respecto a los tratamientos T2 y T3. Por su parte la evaluación realizada al día 60 de corte, él estudio demostró que no hubo diferencia significativa ($P>0.05$) en los tres tratamientos respecto a la DISMS (tabla 9).

Resultados similares son reportados por diversos investigadores como Faría (2007), quien evaluó la DIVMS (tabla 5) para los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún, respectivamente; Sosa *et al.* (2006), sostiene haber obtenido una de digestibilidad de 68.11% para el pasto Maralfalfa; del mismo modo, Romero (2015) obtuvo 67.97% de digestibilidad para el pasto Maralfalfa a los 100 días de edad de corte y 48 horas de incubación ruminal, resultado que es comparable con la degradabilidad del día 60 del presente estudio. En este mismo punto de análisis Barrera *et al.* (2015), muestra los resultados de DISMS (tabla 7), para los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún, el cual lo tomamos como referencia el día 60 de edad de corte y las 48 horas de incubación, se observa mayor digestibilidad comparado con los tratamientos 2 y 3 del presente estudio, mas no con el T1 que demuestran ser similares. Por otro lado, menor digestibilidad al obtenido en el presente estudio se reporta para el pasto Maralfalfa (Correa, 2006).

4.3. Parámetros de la cinética ruminal de la MS de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún.

La tabla 10, muestra, los valores de los parámetros de la cinética de la digestión ruminal de la MS, generados a partir de los datos de la digestibilidad in situ. De las fracciones degradables estimadas, se encuentra la “fracción a”, que representa la porción soluble de la muestra de los pastos que es altamente digestible (partículas finas y muy finas) y se expresa en %; la “fracción b” identifica la porción insoluble pero potencialmente degradable de la muestra incubada en el rumen y se expresa en %; mientras que el kd proporciona la tasa de digestión que se presenta en el rumen y se expresa en %/h. , en tanto que T1/2, indica el tiempo medio de la degradación de la MS en el rumen.

Tabla 10. Parámetros de la cinética ruminal de la materia seca (%) por edad de corte, de los pastos Maralfalfa (T1), Elefante (T2) y Camerún (T3).

Edad de corte (d) Tratamientos	40				50				60			
	a*	b*	kd*	T1/2*	a	b	kd	T1/2	a	b	kd	T1/2
T1	20.59 a**	75.68 a**	0.0243a**	28.52a**	18.46 ab	77.85 a	0.0227a	30.54b	15.93bc	78.56 a	0.0207a	33.49a
T2	18.70ab	70.90b	0.0297a	23.34b	16.44 bc	73.25 b	0.0253a	27.4a	14.21c	75.22 b	0.0223a	31.08b
T3	20.56 a	68.08b	0.0283 a	24.49b	18.01abc	75.50 b	0.0220a	31.59b	18.99 ab	72.68 b	0.0200 a	34.66a

**Medias que no comparten una letra, son significativamente diferentes (P<0.05)

*a: Fracción soluble (%); b: Fracción potencialmente degradable (%); kd: Tasa de digestión (%/h); T1/2: Tiempo medio de degradación (h).

El estudio estimó que la fracción soluble de la MS (fracción a) fue mayor, (P<0.05) en los tratamientos 1 y 3, respecto al tratamiento 2, cuando estos fueron evaluados a los 40 días de edad de corte; este mismo comportamiento se observó para esta fracción de la MS, cuando la evaluación se realizó en el día 50 de edad de corte; sin embargo, en el día 60 de edad de corte, fue el T3 el mostró diferencia significativa P<0.05) respecto a los tratamientos 1 y 2 (tabla 10).

Así mismo, se determinó que la fracción insoluble pero potencialmente degradable (fracción b), fue mayor en el tratamiento 1 ($P < 0.05$), respecto a los tratamientos 2 y 3; mostrando estos dos últimos tener similares proporciones de esta fracción a los 40 días de edad de corte. De igual manera, los tres tratamientos tuvieron la misma tendencia estadística para esta fracción cuando la evaluación fue realizada a los 50 y 60 días de edad de corte.

Los resultados obtenidos, evidencian la mayor o menor presencia de elementos vegetales altamente degradables, lentamente degradables y fracciones no degradables; lo cual podríamos afirmar en el presente estudio que los tratamientos que tuvieron valores más altos de las fracciones a y b, consecuentemente tuvieron mayor concentración de mesófilo y floema así como tejidos epidermis y envolturas de haces vasculares, que son los tejidos representativos de estas fracciones a y b; así como por el esclerénquima y haces vasculares lignificados que representa la fracción no degradable (Pezo, 1990).

Correa (2006) reporta valores mayores para la fracción a y menores para la fracción b, a los obtenidos en el presente estudio. Reportes con mayor índice de solubilidad de la fracción a, referido al pasto elefante, son mencionados por Chacón y Vargas (2009) quienes reportan degradabilidad de esta fracción de 25.86 y 24.34% a los 60, 75 días de corte, respectivamente; los mismos autores señalan que el mejor momento para la edad de corte corresponde a una edad de 60 a 75 días de crecimiento, ya que esta presenta un mejor perfil nutricional.

Al evaluar la fracción b, potencialmente degradable en el rumen, se determinó que, el pasto Maralfalfa tuvo el mayor ($P < 0.05$) valor de degradación de esta fracción. Así mismo, estudios de cinética digestiva realizados en alfalfa por Boschini y Chacón

(2017) reportan valores de 39.14, 37.70% y 0.0976/h, para las fracciones a, b y kd, respectivamente, resultados que difieren a los obtenidos en el presente estudio. Por otro lado, Boschini y Amador (2001), reportan valores de 30.68, 56.78% y 0.0751 para las fracciones a, b y kd, dicho estudio fue realizado en sorgo forrajero a los 52 días de edad de corte, información que difiere a lo obtenido en el presente estudio.

La tasa de degradación (kd), de la fracción potencialmente degradable estimada, fue similar ($P > 0.05$) para los tres tratamientos en los tres periodos de edad de corte (tabla 10), evidenciando una tasa de degradación promedio para los tres tratamientos de 2.74, 2.33 y 2.10%/h para los periodos de 40, 50 y 60 días de edad de corte, respectivamente.

Cabe resaltar que alimentos con similar potencial de degradación, no necesariamente tendrán las mismas tasas de degradación, ya que la tasa de degradación ruminal, está relacionada con la actividad microbiana presente en el rumen de cada animal (Cárdenas et al., 2012).

Mayores tasas de degradación (kd) a las obtenidas en el presente estudio para el pasto Maralfalfa, es reportado por Correa (2006) a los 56 días de edad de corte; así mismo, Cárdenas *et al.*, (2012) reportan 0.0310 y 0.0372%/h para hojas y tallos del pasto Maralfalfa a los 60 días de edad de corte; Chacón y Vargas (2009), reportan 0.0492%/h a los 60 días de edad de corte para el pasto elefante; de igual modo Boschini y Amador, (2001) reporta valores de tasa de degradabilidad ruminal de la planta de sorgo forrajero de 0.0750 y 0.0378% a los 52 y 66 días de edad de corte; todas ellas mayores a las obtenidas en el presente estudio. Por otra parte, Romero (2015) obtuvo tasas de degradación para el pasto Maralfalfa similares a las obtenidas en el presente estudio (tabla 6) cuando evaluó a los 100 y 120 días de edad de corte; por otro lado, Carrión (2019)

determinó tasas de degradación 0.10 y 0.11% para el pasto Maralfalfa y Camerún, resultados mayores a los obtenidos en el presente estudio.

Al respecto, Noguera y Posada (2007), señalan que, en las primeras horas de fermentación, una parte del sustrato, principalmente los azúcares solubles son fermentados inmediatamente, sin embargo, ellos solo constituyen una pequeña parte del material potencialmente digestible. A medida que el proceso fermentativo continúa, una menor cantidad de material es hidratado y colonizado por los microorganismos ruminales lo que origina diferentes tasas de degradación dependiendo de la concentración de carbohidratos estructurales, contenido de lignina y estado de madurez de la planta.

4.4. Tiempo medio de degradación (T1/2) de los pastos Maralfalfa (*Pennisetum hybridum*), Elefante (*Pennisetum purpureum*) y Camerún (*Pennisetum sp.*)

El estudio mostró, que el tiempo medio (h), de degradación de la MS a los 40 días de edad de corte, el T1 fue diferente ($P < 0.05$), respecto a los tratamientos 2 y 3. Del mismo modo cuando este parámetro se evaluó los a los 50 y 60 días de edad de corte, los tratamientos 1 y 3, utilizaron mayor tiempo (h) ($P < 0.05$) respecto al tratamiento 2, para degradar la mitad de la fracción potencialmente degradable de la MS (tabla 10). El estudio evidenció una relación inversa de la tasa de degradación (Kd) con el tiempo medio (T1/2) en cada uno de los tratamientos y edad de corte respectiva.

Galina *et al.*, (2009) obtuvo un tiempo medio de degradación de 27.2 horas para el ensilado de maíz; Delgado *et al.*, (2014) reportan 15.94 horas, como el tiempo medio de degradación del cogollo de caña de azúcar; del mismo modo Pinela *et al.* (1991) reportan 17.4 horas como tiempo medio de la degradabilidad del sorgo, por otro lado, (Duque *et al.*, (2017), reportan un tiempo medio de retención ruminal de 27.4h para la MS del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Así mismo, Ojeda y Escobar (1995) indican la

incorporación de un suplemento a base de maíz y aceite de palma africana, manifestando que el suplemento no afectó el consumo de MS del pasto elefante ni el tiempo medio de degradación, reportando para el caso un tiempo medio de degradación del pasto elefante de 56.4 horas. Del mismo modo, Razz *et al.*, (2004) reportan un tiempo medio de degradación de 17.84 h para el *Panicum máximum*, indicando que la menor degradación de la MS está asociada a los altos contenidos de paredes celulares, aunado a la lignificación de la pared celular, factores que se convierten en severas limitaciones para el mejoramiento de la digestión ruminal de los nutrientes contenidos en los forrajes y afectan negativamente la degradabilidad de la materia seca; similar conclusión reportan Ku *et al.*, (1999); Ramírez *et al.*, (2001); Ramírez *et al* 2002), quienes manifiestan que el alto contenido de paredes celulares del pasto de baja calidad, aunado a la lignificación de la pared celular, se convierten quizás en severas limitantes para el mejoramiento de la degradación ruminal de la ración basal.

4.5. Tiempo óptimo de utilización de los pastos Maralfalfa (*Pennisetum hybridum*), Elefante (*Pennisetum purpureum*) y Camerún (*Pennisetum sp*).

Bondi (1988) manifiesta, que la nutrición del ganado está relacionada con los contenidos de energía, proteína, vitaminas y minerales, así como con la estructura física de los alimentos. Este trabajo estima los componentes nutricionales de tres gramíneas C4, para hacer más eficiente su utilización en la producción animal. Así mismo, para cubrir las necesidades de los animales, el valor nutritivo de los forrajes disponibles debe ser conocido con la máxima precisión posible. el valor energético se determina con ensayos de digestibilidad con animales (Flores *et al.*, 2003).

Tabla 11. Indicadores que determinaron la edad óptima de uso de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún

Edad de corte (d) Tratamientos	40			50			60		
	MS*	PC*	EM*	MS	PC	EM	MS	PC	EM
T1	34.53	7.11	85.176	42.31	7.28	101.053	53.59	7.84	118.169
T2	33.59	7.28	82.786	41.01	7.48	94.970	52.01	7.30	114.667
T3	35.82	6.98	87.198	39.31	7.04	92.881	52.33	7.61	118.577

*MS: Materia seca (TM/ha/año); PC: Proteína cruda (TM/ha/año); EM: Energía metabolizable (Mcal /ha/año)

La tabla 11, muestra los indicadores técnicos que han sido tomados en consideración para determinar la edad de corte más adecuada de los pastos Maralfalfa, Elefante y Camerún; en dicha tabla se observa que la mayor producción de MS de los pastos estudiados está a los 60 días de edad de corte. A esta edad la producción de PC en toneladas es similar en relación a las otras edades de corte más tempranas; así mismo la DISMS a esta edad es alta y por otro lado se cuenta con mayor cantidad de energía metabolizable (Mcal EM) disponible, por lo que se determinó para condiciones similares en la cual fue realizado el presente estudio, la edad de 60 días es el momento más adecuado para la utilización de estos forrajes en la alimentación del ganado.

V. CONCLUSIONES

El estudio nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

1. Los tres pastos estudiados, mostraron alto rendimiento de MS y PC (TM/Ha/año) a la edad de 60 días; no mostrando variaciones significativas entre ellos a la misma edad de corte.
2. Los pastos Maralfalfa y Elefante mostraron mayor tasa de degradación ruminal
3. Los indicadores técnicos MS, PC, DISMS y EM (Mcal), que fueron analizados para estimar la edad más adecuada de utilización de estos pastos, indican que esta edad corresponde al día 60 de corte.
4. A los 40 días de edad de corte el tiempo medio de degradación fue mayor para el pasto Maralfalfa; a los 50 y 60 días fue mayor para el pasto Camerún.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Araya-Mora, Maritza; Carlos Boschini-Figueroa. 2005. “producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica.” *Agronomía Mesoamericana* 16(1): 37.
- Arias J, 2012. “Comportamiento agronómico y valor nutricional de tres variedades de pastos *pennisetum* para corte en la zona de Pichilingue provincia de los Rios Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador 74p.
- Ariel, Jaime; Rosemberg, Manuel; Echevarría, Mariano. 2019. Effect of Age and Season on the Yield and Nutritive Value of Morado Elephant Grass (*Pennisetum Purpureum* x *Pennisetum Americanum*) in the Central Coast. *Scientia Agropecuaria* 10(1): 137–41.
- Barrera Álvarez, Alexandra Elizabeth et al. 2015. Composición química y degradación de cuatro especies de *Pennisetum sp.* *Ciencia y Tecnología* 8(2): 13–27.
- Barrón, José, Marco Velásquez G., Mariano Echevarria R., y Vanessa Basurco T. 2009. “Efecto de La Edad y Época de Corte Sobre El Rendimiento y Valor Nutritivo Del Pasto Elefante Morado (*Pennisetum Purpureum*, Schum.) En La Costa Central.” *Anales Científicos* 70(1): 51–57.
- Bemhaja, María. 2000. “Pasto Elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) INIA Lambaré.” *Pasto elefante*: 1–19.
- Bernal, Javier. 1991. *Curso de Pastos y Forrajes*. 2nd ed. ed. Banco Ganadero. Bogotá.
- Berrios, Eveling Cristina, Hernaldo Ramón Novoa, and Noel Blanco Roa. 2016. “Eficiencia productiva del maralfalfa (*Pennistun Sp.*), Camerún (*Pennisetum Purpureum*) y Mulato II (Ciat 36087) En La Producción de 33 Vacas Lecheras de La Ganadería Santa Teresa, En El Departamento de Chinandega - Nicaragua.” Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

- Bondi, Aron A. 1988. *Nutrición Animal*. 1ra. ed. Acribia. Zaragoza: John Wiley
- Boschini Figueroa, Carlos; Pablo Chacon-Hernandez. 2017. “degradabilidad ruminal de la alfalfa en la zona oriental del valle central de Costa Rica.” *Agronomía Mesoamericana* 28(3): 657.
- Boschini, Carlos, y Amador L. 2001. Degradabilidad ruminal de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum Almum*) en diferentes etapas de crecimiento. *Agronomía Mesoamericana* 12(2): 169.
- Bruno, O.A et al. 1995. Técnicas de muestreo y parámetros de calidad de los recursos forrajeros. Centro Regional Santa Fe. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela
- Cárdenas L, Ruiz R, Medina F, Guevara f, Gómez H, Hernández A, Carmona J. 2012. Producción y calidad del pasto maralfalfa (*pennisetum sp*) durante la época seca. Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas 1(13): 38–46.
- Carulla, Edgar Cárdenas, Nancy Sánchez, and Constanza Riveros. 2003. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. Grupo de Investigación en Nutrición animal, Departamento de Ciencias para la Producción Animal: 1–16.
- Carrión, Janeth. 2019. Evaluación de La Productividad, Potencial Forrajero y Rentabilidad de Gramíneas Forrajeras de Corte En Asociación Con Centrosema Pubescens Benth En El Pisp Bajp Del Cantón Gonzanamá. Universidad Nacional de Loja- Ecuador.
- Chacón H, Andrés; Fabián. Vargas. 2009. Digestibilidad y calidad del *Pennisetum Purpureum* Cv . King Grass a tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana* 20(2): 399–408.
- Citalán, L et al. 2012. “Evaluación nutricional de Maralfalfa (*Pennisetum sp*) en las diferentes etapas de crecimiento en el rancho San Daniel , Municipio de Chiapa de Corzo , Chiapas.” *Quehacer Científico* 1(13): 19–23.

- Clavero, T., R. Razz. 2009. “Valor nutritivo del pasto Maralfalfa (*Pennisetum Purpureum* × *Pennisetum Glaucum*) en condiciones de defoliación.” *Revista de la Facultad de Agronomía* 26(1): 78–87.
- Correa C, Héctor Jairo. 2006. Calidad nutricional del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) cosechado a dos edades de rebrote. *Livestock Research for Rural Development* 18 (6)
- Correa C, Héctor Jairo. 2011. Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación alimenticia en vacas lactantes de sistemas especializados sobre su metabolismo energético y proteico y el contenido de proteína en la leche: 406.
- Correa C, Héctor Jairo. 2005. Pasto Maralfalfa: Mitos y Realidades. *Colanta*: 1-43.
- Correa. 2004. “RUMENAL: Procedimiento para estimar los parámetros de cinética ruminal mediante la función solver de Microsoft Excel®.” *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 17(3): 250–54.
- Cruz P., Diego a. 2008. Evaluación del potencial forrajero del pasto Maralfalfa (*Pennisetum violaceum*) con diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo, con una base estándar de potasio”: 144
- Delgado, José et al. 2014. Evaluación de dos complejos enzimáticos fibrolíticos comerciales sobre la digestibilidad y la cinética de digestión del cogollo de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*).” 25(2): 182–189
- Duque Quintero, Monica, Ricardo Rosero Noguera; Marta Olivera Ángel. 2017. “Digestión de Materia Seca, Proteína Cruda y Aminoácidos de La Dieta de Vacas Lecheras.” *Agronomía Mesoamericana* 28(2): 341
- Estrada, J. 2004. “Efecto de La Temperatura Sobre La Producción y El Contenido de Proteína Cruda y Fibra Neutro Detergente.” : 21.
- Faría M, González B. 2008. “Desarrollo sostenible de la ganadería de doble propósito in Nuevas especies de gramíneas forrajeras para el desarrollo sostenible de los sistemas ganaderos de Doble Propósito. Extraído de Manual de Ganadería de Doble Propósito. 2005. Impreso en Venezuela. 363-371p

- Fernández H.H. 2004. Un procedimiento simple para estimar parámetros de funciones útiles en producción animal usando solver de excel. Rev. Prod. Anim Vol. 24 N°1-2:75-81
- Flores Calvete, A. González-Arráez, J. Castro González, B. Fernández Lorenzo' J. Valladares Alonso P Castro García, M. Cardelle Campos. 2003. Evaluación de Métodos de Laboratorio Para La Predicción de La Digestibilidad in Vivo de La Materia Orgánica de Ensilajes de Hierba y Planta Entera de Maíz.” Revista PASTOS 33: 5–99.
- Galina, M.A., M.A. Ortiz-Rubio; F. Mondragón; M. Delgado-Pertíñez; A. Elías. 2009. Rendimiento de terneros alimentados con silo de maíz o láctico con un promotor de la fermentación ruminal. Arch. Zootec. 58(223): 383–393.
- González, Ignacio, María Betancourt, Abdénago Fuenmayor; María Lugo. 2011. “Producción y Composición Química de Forrajes de Dos Especies de Pasto Elefante (Pennisetum Sp.) En El Noroccidente de Venezuela.” Zootecnia Tropical 29(1): 103–12.
- Guillén Menéndez Rodolfo. 2017. “Evaluación de La Producción de Leche de Vacas Gir Bajo Un Sistema Semi Intensivo En El Trópico.” Universidad Nacional Agraria la Molina. 37p
- Heredia N; Paladines O. 2006. Respuesta del pasto Maralfalfa (pennisetum violaceum) a la fertilización nitrogenada con dos distancias de siembra. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador.
- Hinojosa Y.L.A., Yépez N.D., Suárez P.M.A. 2014. “Frecuencia de Corte de Maralfalfa (Pennisetum Sp) Durante La Estación Lluviosa, Trinidad, Bolivia.”: 11–18.
- Holmann F, Libardo Rivas, Juan Carulla, Bernardo Rivera, Luis A Giraldo, Silvio Guzmán, Manuel Martínez, Anderson Medina y Andrew Farrow. 2003. Evolución de Los Sistemas de Producción de Leche En El Trópico Latinoamericano y Su Interrelación Con Los Mercados: Un Análisis Del Caso Colombiano. Investigación ganadera para el desarrollo rural 15 (9) 2003.
- INEI, 2012-IV Censo Agropecuario 2012.
- NEI. 2018. Panorama Económico Departamental. Lima., Perú.

- Lalama G. Ramirez A. 2009. tesis “Determinación de La Calidad Nutricional Del Maralfalfa (*Pennisetum sp*) En La Alimentación Del Ganado Bovino En El Valle de Los Chilos.” Universidad de las Américas.Ltd.544p
- Macon, Bisoodat, Lynn E. Sollenberger; John E. Moore. 2002. “Defoliation Effects on Persistence and Productivity of Four *Pennisetum sp.* Genotypes.” *Agronomy Journal* 94(3): 541–48.
- Madera, N. B., B. Ortíz, H. M. Bacab; H. Magaña. 2013. “Influencia de La Edad de Corte Del Pasto Morado.” *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria* 17(2): 41–52.
- Mérida Navichoc, José Carlos Mauricio. 2013. Evaluación de Cuatro Edades de Corte en el Rendimiento de Materia Seca y Contenido de Proteína Cruda del Cultivo de Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en Patulul, Suchitepéquez.” Universidad Rafael Landivar, Guatemala.
- Mertens, D. R., J. R. Loften. 1980. “The Effect of Starch on Forage Fiber Digestion Kinetics In Vitro.” *Journal of Dairy Science* 63(9): 1437–46.
- Noguera, R R; S L Posada Ochoa. 2007. “Modelación de La Cinética de Degradación de Alimentos Para Rumiantes.” *Rev. Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20: 174–82.
- Ojeda, Alvaro y Aquiles Escobar. 1995. “Suplementación Con Aceite Crudo de Palma Africana de Bovinos Para Ceba En Pastoreo. Livestock Research for Rural Development” 7(1): 296–300.
- Orskov, E R, F D DeB. Hovell; F Mould. 1980. “The Use of Nylon Bag Tehnique in the Evaluation of Feedstuffs.” *Tropical Anim. Prod.* 5: 195–213.
- Orskov, E. R., I. Mcdonald. 1979. “The Estimation of Protein Degradability in the Rumen from Incubation Measurements Weighted According to Rate of Passage.” *The Journal of Agricultural Science* 92(2): 499–503.
- Osorio. 2004. “Efecto Del Manejo Alimentario Sobre El Sistema Especializado de Producción Lechera.” In *Memorias Seminario Nacional de Lechería Especializada: Bases Nutricionales y Su Impacto En La Productividad. Eventos y Asesorías Agropecuarias*, Auditorio de La Salud, Medellin.

- Pezo, Danilo 1990. "Medición de Las Tasas de Degradación Ruminal En Alimentos." In *Nutricion de Runiantes: Guia Metodológica de Investigación*, ed. Manuel E. Ruiz; Arnoldo Ruiz. Costa Rica: Rispal-Alpa, 115–26.
- Pérez, Ángel Arturo Santana, Antonio Pérez López; María Eugenia Figueredo Acosta. 2010. "Efectos Del Estado de Madurez En El Valor Nutritivo y Momento Óptimo de Corte Del Forraje Napier (*Pennisetum Purpureum* Schum.) En Época Lluviosa." *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 1(3): 277–86.
- Pinella, N; Florez M; Villena F; San Martín H; Bryant F. 1991. "Degradación Ruminal in Situ de Subproductos Agrícolas de La Costa Norte Del Perú. Investigaciones Sobre Pastos y Forrajes de Texas Tech University En El Perú Por : Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Programa colaborativo de apoyo a la investigación en Rumiantes Menores Lima (Perú)" 6: 13–25.
- Pulido, Rubén, and John David Leaver. 2000. "Degradabilidad Ruminal del Forraje Disponible en la Pradera y del Aparentemente Consumido por Vacas Lecheras." *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 35(5): 1003–9.
- Ku Vera, J C et al. 1999. "Agroforestería Para La Producción Animal En Latinoamérica: Arboles y Arbustos Para La Producción Animal En El Trópico Mexicano." *Universidad autonoma de Yucatán. México* : 161–171.
- Ramírez-Lozano, R G, A Enriquez-Martell, F Lozano-Gonzalez. 2001. "Valor Nutricional y Degradabilidad Ruminal Del Zacate Buffel y Nueve Zacates Nativos Del NE de Mexico." *Ciencia UANL* 4(3): 314–21.
- Ramírez Orduña, Rafael, Roque Ramírez Lozano, Francisco López Gutiérrez. 2002. "Factores Estructurales de La Pared Celular Del Forraje Que Afectan Su Digestibilidad." *Ciencia UANL* 5(2).
- Razz, Rosa, Tyrone Clavero, Juan Vergara. 2004. "Cinética de Degradación in Situ de La *Leucaena Leucocephala* y *Panicum Maximum*." *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia* 14(5): 424–30
- Romero, Leony. 2015. "Determinación de La Degradabilidad in Situ Del Pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) En Dos Edades de Corte En Vacas Lecheras. Majes - 2013." *Universidad Católica Santa María*.

- Romero, Nalda. 1997. Métodos de Análisis para la Determinación de Nitrógeno y Constituyentes Nitrogenados en Alimentos: In Producción y Manejo de Datos de Composición Química de Alimentos En Nutrición, FAO, 165–75.
- Ruiz Cardenas, Roger R. 2016. Tesis “Establecimiento y Respuesta a La Frecuencia de Corte de Maralfalfa (*Pennisetum sp*) Vs Camerún (*Pennisetum Purpureum Schum.Cv.Cameroon*) En El Distrito de Contamana, Provincia de Ucayali, Loreto.” Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Salcedo, León. 2005. “INEGI, Anuario Estadístico Del Estado de Zacatecas.”
- Sánchez, J; H Soto. 1998. “Estimated Nutritive Quality of Forages in the San.” *Nutrición Animal Tropical* 3: 23.
- Sosa, Daniel; César Larco; Rómulo Falconi; Diego Toledo; Gabriel Suarez. 2006. “Digestibilidad de Maralfalfa (*Pennisetum Sp.*) En Cabras. Escuela politécnica del Ejercito. Facultad de Ciencias Agropecuarias (IASA), Ecuador.
- Sterling Rojas, Leonel, Carlos Eduardo Guerra Guzmán. 2010. “Segunda Fase de La Evaluación Comparativa de Los Pastos Maralfalfa, Elefante Verde y Morado En El Municipio de Pitalito, Huila (Colombia).” *Revista de Investigaciones UNAD* 9(2): 533.
- Strickland, Gary, Glenn Selk ; Hailin Zhang ; D.L. Step, DVM. Step. 1996. “Nitrate Toxicity in Livestock.” *Oklahoma Cooperative Extension Service*: 1–8.
- Valenciaga, Daiky; Chongo, Bertha; Herrera, R. S.; Torres, Verena; Oramas, A.; Cairo, J.G.; Herrera, Magali 2009. “Efecto de La Edad de Rebrote En La Composición Química de *Pennisetum Purpureum* vc. CUBA CT-115.” 43: 73–79.
- Van Straalen, W.M. 1990. *Modelling of Nitrogen Flow and Excretion in Dairy Cows*.
- S. Tamminga, W.M. Van Straalen, A.P.J. Subnel, R.G.M. Meijer, A. Steg. C.J.G. Wever, M.C. Blok 1994. “The Dutch Protein Evaluation System: The DVE/OEB-System.” *Livestock Production Science* 40(2): 139–55.